

# Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica



NACIONES UNIDAS

CEPAL



CAC



# **Impactos Potenciales del Cambio Climático sobre los Granos Básicos en Centroamérica**

**Alicia Bárcena**

Secretaria Ejecutiva

**Antonio Prado**

Secretario Ejecutivo Adjunto

**Hugo E. Beteta**

Director

Sede Subregional de la CEPAL en México

**Julie Lennox**

Punto focal de cambio climático y Jefe de la Unidad de Desarrollo Agrícola

Sede Subregional de la CEPAL en México

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

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

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

---

LC/MEX/L.1123

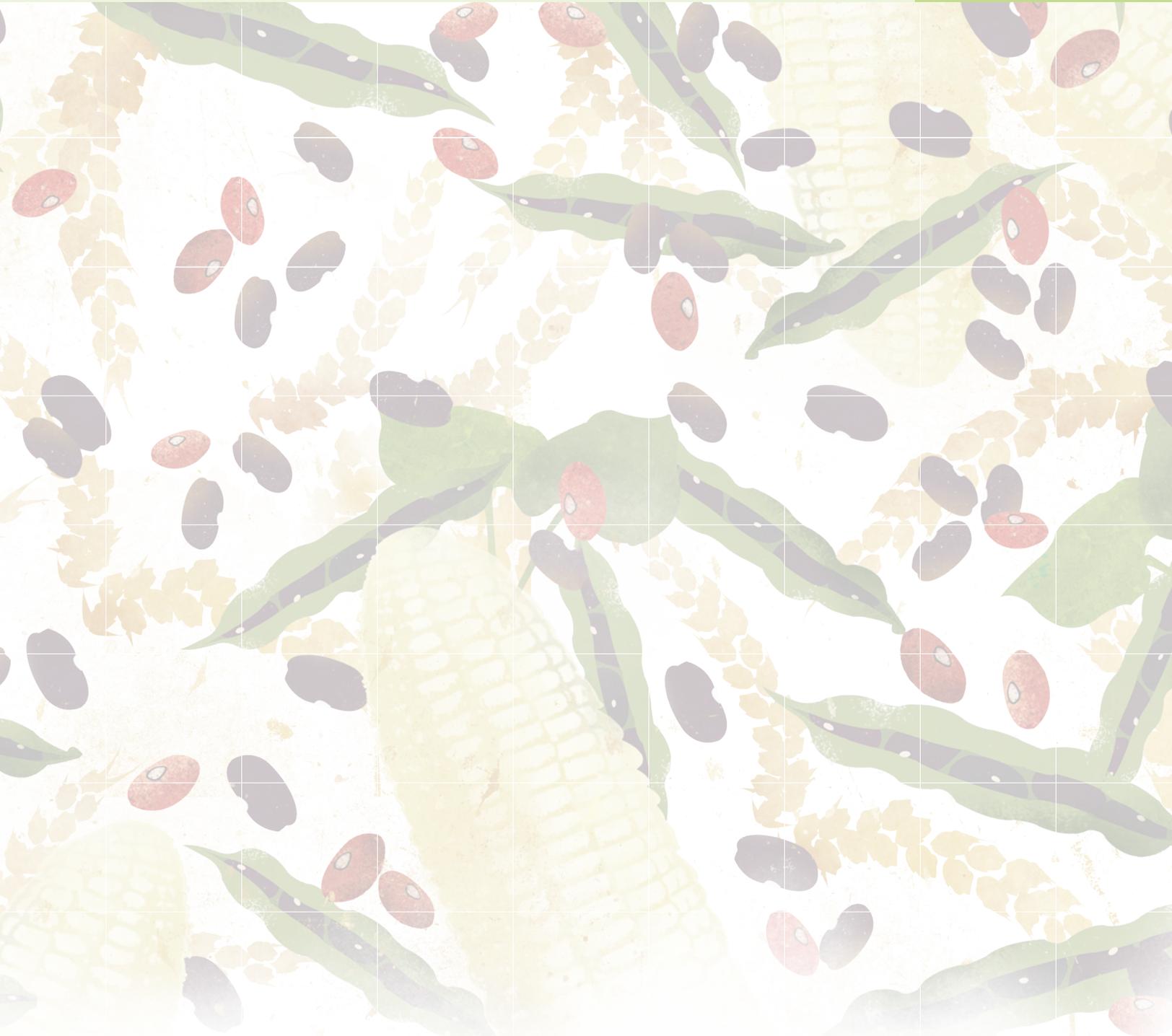
Copyright © Naciones Unidas, noviembre de 2013. Todos los derechos reservados.

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: Andrea Jiménez y José Luis Lugo.

---

# Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica



## AUTORIDADES DEL SECTOR AGROPECUARIO Y MIEMBROS DEL CONSEJO DE MINISTROS DE AGRICULTURA (CAC)

Gaspar Vega, *Deputy Prime Minister and Minister of Natural Resources and Agriculture (MRNA)*, Belice; Gloria Abraham Peralta, Ministra de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG); Pablo Alcides Ochoa, Ministro de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG); Elmer López Rodríguez, Ministro de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA); Jacobo Regalado W., Secretario de Agricultura y Ganadería de Honduras (SAG); Ariel Bucardo Rocha, Ministro Agropecuario y Forestal de Nicaragua (MAGFOR); Oscar Osorio Casal, Ministros de Desarrollo Agropecuario de Panamá (MIDA); y Luis Ramón Rodríguez, Ministro de Agricultura de la República Dominicana.

**Secretaría Ejecutiva del Consejo de Ministros de Agricultura de Centroamérica (SE-CAC):** Julio Calderón, Secretario Ejecutivo del CAC; Manuel Jiménez, Especialista en Políticas, Comercio y Agronegocios; Esquivel García, Especialista; Ligia Córdoba, Asistente Profesional en Políticas Comercio y Agronegocios; Alejandra Vargas, Asistente del Especialista.

## GRUPO TÉCNICO DE CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE CAC

Andrew Harrison, *Agricultural Officer/Climate Change Focal Point* y Clifford Martínez, *District Agriculture Coordinator, Agriculture Department*, MRNA, Belice; Roberto Flores Verdejo, Encargado Sectorial, Cambio Climático y Gestión de Riesgos de Desastres SEPSA-MAG Costa Rica; Julio Olano Noyola, Director, Dirección de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Ríos, MAG El Salvador; Edwin Haroldo Rojas Domingo, Coordinador de la Unidad de Cambio Climático MAGA Guatemala; José Luis Moncada, Asesor y Director de Cooperación Externa, SAG Honduras; José Ramón Rivas Videá, MAGFOR Nicaragua; Alberto Arjona, Secretario General, y Casimiro Véliz, Director de la Unidad Ambiental, MIDA Panamá; Juan Mancebo, Coordinador Nacional Cambio Climático, Ministerio de Agricultura de la República Dominicana.

**Colaboradores y expertos:** Gerardino Batista, Vice Ministro, MIDA Panamá; Róger Madriz, Director de Investigación, CONARROZ; Galileo Rivas, Especialista en Gestión de la Innovación Tecnológica, SICTA/IICA; David Williams, Gerente de RRNN y Cambio Climático, IICA.

## FUNCIONARIOS Y COLABORADORES PARA ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS

Andrew Harrison, *Agricultural Officer/Climate Change Focal Point, Agriculture Department*, MRNA, Belice; Marta Villegas Murillo, Directora ejecutiva, y Yetty Quirós Ballesteros del área de Estudios Económicos de la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA) del MAG de Costa Rica; Edgar Hernández Valverde, Gerente General, y Arlyne Alfaro Ayala, Coordinadora del Sistema de Información e Inteligencia de Mercados, Consejo Nacional de Producción (CNP) de Costa Rica; Claudia Gutiérrez de Mebius, Directora de Desarrollo Rural, Francisco Armando Márquez, Jefe de Unidad de la Dirección General de Economía Agropecuaria, y Elías Preza, Jefe de la División de Estadísticas Agropecuarias, MAG, El Salvador; Iram Arenko Pineda Reyes, Encargado de Información de Mercados, y Shirley Corina Contreras de Dubón, Asistente de Información Agropecuaria y Comercial, Dirección de Planeamiento (DIPLAN), MAGA, Guatemala; Enid Cuellar, Jefa del Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras (SIMPAH), Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), Raúl Arnoldo Pinel, Analista Diseminador de Información, Proyecto Servicio de Información Agroalimentaria (INFOAGRO), y Rafael Humberto Oliva González, Sub-Gerente de Estadísticas Económicas, SAG, Honduras; Eddy Castellón, Director de Estadísticas Agropecuarias, MAGFOR, Nicaragua; Rogelio Alvarado, Director de Análisis Económico y Social y de Políticas Públicas, MEF de Panamá.

## FUNCIONARIOS Y COLABORADORES PARA ESTADÍSTICAS METEOROLÓGICAS

Ann Gordon, *Climate Change Focal Point and contacts in the Climatology Section, National Meteorological Service*, Belice; Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (página web); Luis García Guirola, Gerente de Meteorología del Observatorio Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador; Mario Roberto Bautista Godínez, Subdirector en el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) de Guatemala; Jairo García del Servicio Meteorológico Nacional, Honduras; Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) de Nicaragua (Anuarios y compendios estadísticos); Rogelio Alvarado, Director de Análisis Económica y Social y de Políticas Pública, Ministerio de Economía y Finanzas, Panamá.

**Colaboradores y expertos:** Paulo Ortiz, Investigador, del Instituto de Meteorología (INSMET) de Cuba; Pablo Imbach, Investigador de Cambio Climático, especialista en SIG y modelación ambiental, División de Investigación y Desarrollo de CATIE.

## FUNCIONARIOS DE LA COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL)

Hugo E. Beteta, Director de la Sede Subregional de la CEPAL en México; Julie Lennox, Punto focal de cambio climático y Jefe, Diana Ramírez, Asistente de Investigación y Jaime Olivares, Consultor, ambos investigadores principales de este análisis, y Blanca Urra, Asistente de Programa de la Unidad de Desarrollo Agrícola y Cambio Climático de la misma oficina. Se agradece el apoyo de los equipos de dirección y administración de la oficina.

Colaboraron en la cooperación y análisis técnicos Joséluis Samaniego, Director, Luis Miguel Galindo Paliza, Jefe, y Jimmy Ferrer, Oficial económico de la Unidad de Cambio Climático, de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL.

Apoyaron: Ramón Cota, editor, María Eugenia Urzúa, diagramadora y José Luis Lugo y Andrea Jiménez diseñadores de portadas

# ÍNDICE

	Página
Mensajes claves .....	10
Resumen.....	19
Introducción .....	20
1. Revisión de la literatura .....	22
2. Agricultura y seguridad alimentaria en Centroamérica .....	30
3. Granos básicos	
Maíz.....	42
Frijol .....	51
Arroz.....	60
Políticas nacionales agropecuarias.....	69
Estrategias regionales .....	76
4. Granos básicos y cambio climático .....	79
Impactos potenciales del cambio climático sobre los rendimientos del maíz .....	101
Impactos potenciales del cambio climático sobre los rendimientos del frijol.....	112
Impactos potenciales del cambio climático sobre los rendimientos del arroz.....	122
Bibliografía seleccionada .....	133

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Centroamérica: Prevalencia de la subnutrición, 1990-2012.....	34
2. Centroamérica: Proporción que aportaron los granos básicos al suministro de energía de los alimentos por país, 2009 .....	41
3. Mundo y regiones: Producción y rendimientos del maíz, 1980, 1995, 2010 y 2011 .....	43
4. Centroamérica: Producción de maíz por departamento o región, promedio anual 2001-2009.....	47
5. Centroamérica: Rendimiento de maíz por departamento o región, promedio anual 2001-2009.....	48
6. Mundo y regiones: Producción y rendimientos del frijol, 1980, 1995, 2010 y 2011.....	52
7. Centroamérica: Producción de frijol por departamento o región, promedio anual 2001-2009.....	55
8. Centroamérica: Rendimiento de frijol por departamento o región, promedio anual 2001-2009 .....	57
9. Mundo y regiones: Producción y rendimientos del arroz, 1980, 1995, 2010 y 2011.....	61
10. Centroamérica: Producción de arroz por departamento o región, promedio anual 2001-2009 .....	65
11. Centroamérica: Rendimiento de arroz por departamento o región, promedio anual 2001-2009.....	66
12. Centroamérica: Leyes, políticas, estrategias e instancias nacionales de seguridad alimentaria y nutricional.....	77
13. Información disponible del CRU TS3.1 y estaciones meteorológicas .....	83
14. Centroamérica: Estadísticas descriptivas, 2001-2009.....	91
15. Centroamérica: Estimaciones de funciones de producción históricas.....	93
16. Centroamérica: Estimaciones de efectos marginales sobre los rendimientos.....	94
17. Centroamérica: Evolución de los rendimientos de maíz con escenario B2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	103
18. Centroamérica: Evolución de los rendimientos de frijol con escenario B2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	112
19. Centroamérica: Evolución de los rendimientos de arroz con escenario B2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	122

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

1. Mundo: Sensibilidad de la producción de maíz, trigo y arroz al cambio de la media local de temperatura.....	24
2. Centroamérica: Participación del sector agropecuario en el Producto Interno Bruto, 1980- 2011.....	30
3. Centroamérica: Producción y superficie cosechada de cultivos primarios, 1980- 2011 .....	31
4. Centroamérica: Producción y superficie cosechada de los granos básicos, 1980- 2011.....	32
5. Centroamérica: Población y escenario demográfico, 1980-2030.....	32
6. Centroamérica: Consumo aparente per cápita de los granos básicos, 1980-2011 .....	33
7. Centroamérica: Producción neta y consumo aparente de maíz, 1980 - 2011 .....	36
8. Centroamérica: Producción neta y consumo aparente de frijol, 1980 - 2011 .....	37
9. Centroamérica: Producción neta y consumo aparente de arroz, 1980 - 2011 .....	37

10.	Precios internacionales de los granos básicos, por mes, 2006-2013 .....	38
11.	Centroamérica: Tasa de crecimiento del ingreso nacional disponibles por habitante, 2001-2012.....	39
12.	Centroamérica: Tasa de crecimiento de los precios al consumidor de alimentos y bebidas, 2001-2012 .....	40
13.	Centroamérica: Proporción que aportaron los granos básicos al suministro de energía de los alimentos, 1980-2009 .....	40
14.	Centroamérica: Superficie y producción de maíz, 1980-2011.....	44
15.	Centroamérica: Producción y rendimientos de maíz por país. 1980-2011.....	45
16.	Centroamérica: Producción neta, exportaciones, importaciones y consumo aparente de maíz, 1980 y 2011 .....	50
17.	Centroamérica: Importaciones de maíz por país, 1980-2011 .....	50
18.	Centroamérica: Exportaciones de maíz por país, 1980-2011 .....	51
19.	Centroamérica: Superficie y producción de frijol, 1980-2011 .....	53
20.	Centroamérica: Producción y rendimientos de frijol por país. 1980-2011 .....	54
21.	Centroamérica: Producción neta, exportaciones, importaciones y consumo aparente de frijol, 1980 y 2011 .....	58
22.	Centroamérica: Importaciones de frijol por país, 1980-2011 .....	59
23.	Centroamérica: Exportaciones de frijol por país, 1980-2011.....	59
24.	Centroamérica: Superficie y producción de arroz, 1980-2011 .....	61
25.	Centroamérica: Producción y rendimientos de arroz por país. 1980-2011 .....	63
26.	Centroamérica: Producción neta, exportaciones, importaciones y consumo aparente de arroz, 1980 y 2011 .....	67
27.	Centroamérica: Importaciones de arroz por país, 1980-2010 .....	68
28.	Centroamérica: Exportaciones de arroz por país, 1980-2010.....	69
29.	El Salvador y Panamá: Temperatura media mensual de dos departamentos, comparando estaciones meteorológicas, WorldClim y CRU TS3.1, dos décadas .....	86
30.	Guatemala y Honduras: Precipitación acumulada mensual de dos departamentos, comparando estaciones meteorológicas, WorldClim y CRU TS3.1, dos décadas.....	87
31.	Centroamérica: Rendimientos de maíz por departamento, 2001-2009 .....	95
32.	Centroamérica: Rendimientos de frijol por departamento, 2001-2009.....	95
33.	Centroamérica: Rendimientos de arroz por departamento, 2001-2009.....	96
34.	Centroamérica: Rendimientos de maíz ante variaciones en temperatura y precipitación 2001-2009.....	96
35.	Centroamérica: Rendimientos de frijol ante variaciones en temperatura y precipitación 2001-2009 .....	97
36.	Centroamérica: Rendimientos de arroz ante variaciones en temperatura y precipitación 2001-2009 .....	97
37.	Centroamérica: Temporada de siembra de granos básicos .....	99
38.	Centroamérica: Temperatura media mensual, escenario B2 y A2, promedio 1980-2000 a 2100.....	100
39.	Centroamérica: Precipitación mensual, escenario B2 y A2, promedio 1980-2000, a 2100 .....	101

40.	Centroamérica: Evolución de los rendimientos de maíz con escenario B2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	103
41.	Centroamérica: Evolución de los rendimientos de maíz con escenario A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	104
42.	Centroamérica: Rendimientos del maíz por departamento, escenario B2, cortes a 2100 .....	110
43.	Centroamérica: Rendimientos del maíz por departamento, escenario A2, cortes a 2100.....	111
44.	Centroamérica: Evolución de los rendimientos de frijol con escenario B2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	113
45.	Centroamérica: Evolución de los rendimientos de frijol con escenario A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	114
46.	Centroamérica: Rendimientos de frijol por departamento, escenario B2, cortes a 2100.....	120
47.	Centroamérica: Rendimientos de frijol por departamento, escenario A2, cortes a 2100 .....	121
48.	Centroamérica: Evolución de los rendimientos de arroz con escenario B2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	124
49.	Centroamérica: Evolución de los rendimientos de arroz con escenario A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	125
50.	Centroamérica: Rendimientos de arroz por departamento, escenario B2, cortes a 2100.....	130
51.	Centroamérica: Rendimientos de arroz por departamento, escenario A2, cortes a 2100 .....	131

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

1.	Centroamérica: Marco de políticas y estrategias regionales del sector agropecuario .....	76
2.	Proceso de revisión y ajuste de la base CRU TS3.1.....	85

## ÍNDICE DE MAPAS

1.	Centroamérica: Producción de maíz, promedio 2001-2009 .....	47
2.	Centroamérica: Rendimiento de maíz, promedio 2001-2009 .....	48
3.	Centroamérica: Producción de frijol, promedio 2001-2009 .....	55
4.	Centroamérica: Rendimiento de frijol, promedio 2001-2009.....	56
5.	Centroamérica: Producción de arroz, promedio 2001-2009 .....	65
6.	Centroamérica: Rendimiento de arroz, promedio 2001-2009.....	66
7.	Centroamérica: Capacidad de uso de la tierra .....	82
8.	Centroamérica: Temperatura mensual media anual por departamento de la base del WorldClim, promedio 1950–2000 .....	89
9.	Centroamérica: Temperatura mensual media anual por departamento de la base del CRU TS3.1, promedio 2001–2009 .....	89
10.	Centroamérica: Precipitación mensual media anual por departamento de la base del WorldClim, promedio 1950–2000 .....	90
11.	Centroamérica: Precipitación mensual media anual por departamento de la base del CRU TS3.1, promedio 2001–2009 .....	90
12.	Centroamérica: Rendimientos de maíz por departamento, escenario B2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	108

13.	Centroamérica: Rendimientos de maíz por departamento, escenario A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	109
14.	Centroamérica: Rendimientos de frijol por departamento, escenario B2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	118
15.	Centroamérica: Rendimientos de frijol por departamento, escenario A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	119
16.	Centroamérica: Rendimientos de arroz por departamento, escenario B2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	128
17.	Centroamérica: Rendimientos de arroz por departamento, escenario A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	129

## ÍNDICE DE RECUADROS

1.	Sequía 2009-2010 .....	27
2.	Indicadores de la seguridad alimentaria.....	34

## MENSAJES CLAVES

La producción de granos básicos, maíz, frijol y arroz, en Centroamérica está acoplada con el patrón intraanual de temperatura y lluvias, permitiendo dos y hasta tres siembras en algunas zonas. Estos cultivos son vitales para la seguridad alimentaria y nutricional de la población, pues aportan un porcentaje significativo de su ingesta calórica y proteínica vegetal. La mayor parte de su producción, especialmente la de maíz y frijol, está en manos de pequeños productores, la mayoría de los cuales vive en condiciones de pobreza con acceso limitado a servicios sociales y económicos. No obstante, custodian un importante acervo de agrobiodiversidad y prácticas de producción relativamente sostenibles y adecuadas a las condiciones locales. Estas características los hacen actores clave de la respuesta al cambio climático, pero al mismo tiempo los hacen muy vulnerables a su impacto.

Los eventos climáticos extremos, incluyendo huracanes, tormentas tropicales, sequías y otros estragos del fenómeno El Niño-La Niña, han provocado pérdidas agrícolas cuantiosas en la región. Su impacto depende también de la vulnerabilidad de la producción y de los productores mismos, a lo cual contribuyen su situación socioeconómica, los insumos y las tecnologías utilizadas, la disponibilidad de agua, la fertilidad del suelo y el nivel de organización, entre otros factores. El cambio climático está magnificando su exposición a condiciones adversas y empeorará su vulnerabilidad. El ciclo productivo podría trastornarse directamente por cambios en el patrón de lluvia, intensidad de huracanes, alza de temperatura, mayor evapotranspiración y aridez y cambios en plagas y enfermedades. Los efectos indirectos podrían incluir la pérdida de servicios de los ecosistemas como la regulación del clima y de los ciclos hídricos locales, la polinización y el control de plagas.

Conscientes de la importancia de adoptar medidas de respuesta para el sector agropecuario y la seguridad alimentaria y nutricional, el Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC), instancia de los Ministros de Agricultura de Centroamérica y la República Dominicana en el marco del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) incluyó el cambio climático en su agenda de trabajo desde 2007 y en 2012 creó el Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo. Este Grupo y la Secretaría Ejecutiva del CAC acordaron un programa de trabajo con la Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), del que este análisis de los impactos potenciales del cambio climático en los granos básicos es parte.

Este análisis estimó los niveles de producción y rendimiento de granos básicos en 95 unidades geográficas subnacionales (departamentos, provincias, distritos y comarcas de la región) en la década de 2000, que por facilidad de lectura se denominarían “departamentos” al referirse a la región. Implicó preparar una climatología ajustada de los promedios de temperatura y precipitación mensual para la misma década. Utilizando el método de funciones de producción, estimó el efecto de la temperatura y la precipitación sobre los rendimientos. Sobre la base de esta función, estimó los impactos potenciales del cambio climático, utilizando dos escenarios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), denominados B2 y A2, el primero menos pesimista y el segundo más pesimista.

Los Ministerios de Agricultura de Centroamérica aportaron datos de producción y rendimiento por departamento, entre los cuales se constató que los más completos son los del período 2001-2009.<sup>1</sup> De acuerdo con esta información, Centroamérica produjo 3,6 millones de toneladas (métricas) de maíz, 1,2 millones de toneladas de arroz y 509.000 toneladas de frijol en 2011. La tasa de crecimiento anual de la producción de maíz y frijol fue de 3% y la de arroz fue de 2% en la última década. El mayor productor de maíz es Guatemala con aproximadamente 1,7 millones de toneladas (t) al año, 46% de la producción regional, seguido por El Salvador y Honduras con 755.000 t y 612.000 t, respectivamente. Cabe mencionar que 90% de la producción regional de este grano es de maíz blanco, siendo Panamá donde predomina la producción de maíz amarillo. Los mayores productores de frijol fueron Guatemala, con 216.000 t y Nicaragua con 186.000 t anuales. Ambos produjeron alrededor del 70% del total regional. Los mayores productores de arroz fueron Nicaragua con 416.000 t, Costa Rica con 283.000 t y Panamá con 275.000 t.

La producción regional ha sido insuficiente para cubrir el consumo aparente, sobre todo la de maíz y arroz. En la última década, el consumo aparente de maíz creció a una tasa de 4,5% anual, mayor a la tasa de 3% de producción neta. En el caso del frijol, ambas variables han crecido a una tasa de 3,25% anual en las últimas tres décadas. El consumo aparente de arroz ha crecido 4% anual en las últimas tres décadas, mientras que la producción se ha estancado en una tasa de 1,9 % de aumento anual. Así, la región recurre a mayores importaciones y las tasas de dependencia (importaciones/consumo aparente) de maíz, frijol y arroz han aumentado de 14%, 16% y 13% en 1980 a 47%, 21% y 47% en 2011, respectivamente. Los países con mayores importaciones de maíz son Guatemala, Costa Rica y El Salvador con 710.000 t, 616.000 t y 600.000 t en 2011. No obstante, 88% de las importaciones son de maíz amarillo, utilizado principalmente para consumo pecuario, no de maíz blanco. En el caso del frijol, El Salvador, Costa Rica y Guatemala importaron 44.000 t, 37.500 t y 27.500 t en 2011, los mayores volúmenes de la región. Nicaragua ha exportado frijol, especialmente la variedad roja, desde los años noventa, llegando a un volumen de 55.000 t en 2010. Actualmente, Honduras y Nicaragua son los principales importadores de arroz, con 145.000 t y 133.000 t en 2011, respectivamente. Es importante señalar que el consumo aparente no necesariamente cubre las necesidades nutricionales de toda la población. En Centroamérica, el rango de prevalencia de subnutrición a nivel nacional ha sido estimado por la FAO de ser entre 7% y 30% de la población.<sup>2</sup>

En los análisis presentados en este documento se han utilizado las variables de temperatura media (°C) y precipitación mensual acumulada (mm) del período 2001-2009, según la climatología del CRU TS3.1, la cual fue ajustada con información de estaciones meteorológicas de los países y la metodología indicada de la OMM. Para proyectar los escenarios de temperatura y lluvia al año 2100 se utilizaron los promedios de los modelos de circulación general ECHAM4 y HADCM3 (para el escenario B2) y ECHAM4 y HADGEM (para el escenario A2). Para identificar las tendencias climáticas con mayor claridad se calcularon promedios de diez años alrededor de cinco años corte: 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100. Las variables geográficas de altitud, latitud y longitud provienen de varias fuentes electrónicas. Para los tipos de suelo se utilizaron las siete categorías de uso potencial de la tierra de Hall. Como variables económicas se consideraron los

---

<sup>1</sup> En este documento, la palabra “departamento” designa genéricamente estas divisiones administrativas cuando se habla del conjunto de la región. Las comarcas de Kuna Yala y Ngöbe-Bugle de Panamá cuentan con estimados propios. Debido a la escasa disponibilidad de datos y su ubicación geográfica, se recomienda utilizar los resultados de la provincia de Panamá para las comarcas de Madugandí, y los de Darién para las comarcas Emberá-Wounan y Wargandí.

<sup>2</sup> El indicador expresa la probabilidad de que un individuo de la población elegido aleatoriamente consuma una cantidad de calorías que es insuficiente para cubrir sus requerimientos de energía para llevar una vida sana y realizar una actividad física.

precios pagados al productor en dólares por tonelada reportados por SIAGRO CEPAL y FAOSTAT. La información de alfabetización proviene de los ministerios de estadística y PNUD.

El enfoque de funciones de producción busca establecer una relación entre el nivel de producción o rendimiento y los factores que lo determinan, incluyendo variables endógenas (trabajo, capital, fertilizantes y otros insumos), exógenas (clima, geografía, suelo) y características de los agricultores. Primero, se estima la ecuación de la relación histórica y como segundo paso se introducen los escenarios de temperatura y precipitación B2 y A2, lo que permite estimar los rendimientos agrícolas en esas condiciones. El uso de la metodología de panel de efectos aleatorios permitió que cada departamento tuviera un interceptor diferente. Este tipo de análisis aísla el impacto potencial del cambio climático, manteniendo estables los otros factores, así sirve para alertar sobre la importancia de tomar medidas de adaptación. Es importante aclarar que las estimaciones contienen varias capas de incertidumbre y rangos de probabilidad, por lo que deben ser tomadas como indicativas de tendencias probables, no como cifras exactas.

Con respecto a la temperatura, las series históricas indican que Centroamérica ya ha experimentado una alza promedio de aproximadamente 0,5 °C en los últimos 50 años, la cual podría aumentar durante este siglo 2,5 °C en el escenario menos pesimista (B2) y 4,2 °C en el escenario más pesimista (A2) respecto al promedio del período 1980-2000. La trayectoria futura de la precipitación es más incierta. En B2 hacia finales del siglo, la precipitación disminuiría 3% en Panamá, 7% en Guatemala, entre 10% y 13% en Costa Rica, Belice, El Salvador y Honduras y 17% en Nicaragua, con un promedio regional de 11%. El escenario A2 arroja una disminución de la precipitación de 18% en Panamá, 35% en Nicaragua y entre 27% y 32% en Costa Rica, Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras, con un promedio regional de 28%.

Con respecto a los patrones intraanuales de temperatura y precipitación, las próximas décadas podrían traer mayores niveles de lluvia al principio de la temporada, entre mayo y julio. No obstante, en la segunda mitad del siglo el patrón bimodal (con dos picos) presente en la mayor parte de la región se tornaría unimodal, con menos meses de altos niveles de lluvia. En B2 podría ocurrir un solo pico en mayo y junio, seguido por un descenso; con A2 el pico ocurriría en octubre y noviembre. Estos cambios son particularmente importantes para la producción agrícola, ya que el ciclo de cultivo se ha acoplado cercanamente con el patrón histórico bimodal, permitiendo dos o tres cosechas en ciertas zonas.

El alza de la temperatura provocaría un aumento de la evapotranspiración, lo que disminuiría la disponibilidad de agua y aumentaría el nivel de aridez y la mayor parte de la región y especialmente en la segunda parte del siglo. Utilizando un índice de aridez, se estima que Centroamérica tuvo un nivel de 1,6 en el período 1950-2000, con mayor humedad en el Altiplano Occidental guatemalteco (índice de aridez 1,96) y menos humedad en los departamentos más áridos del corredor seco de Centroamérica (entre 0,91 y 1,25). Con B2 este índice podría bajar a 1,4 y con A2 bajaría hasta 1,2, con una marcada prevalencia de condiciones de aridez similares a las de las zonas más áridas del arco seco en el período histórico.

Las estimaciones de efectos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica fueron iniciadas hace más de una década, y establecieron importantes referencias para este análisis. Un estudio reciente, basado en el modelo DSSAT (*Decision Support for Agro-technology Transfer*), estima probables disminuciones en producción de frijol de 12% hacia 2020 y de 19% hacia 2050 en El Salvador, Nicaragua, Honduras y Guatemala con escenario A2. Respecto de la producción de maíz estima una reducción entre 4% y 21% en 2050, dependiendo de la disponibilidad y retención de agua

en suelos. Para este grano encontró que Guatemala podría resultar menos afectado, con un rango que varía entre un aumento de 0,4% y una reducción de 11%.

El documento analiza el caso de cada grano básico, partiendo de sus tendencias históricas de producción y rendimiento. Así, la tasa de crecimiento de producción del maíz en la región fue de 1,7% entre 1980 y 2011. Los departamentos con mayor producción en el período 2001-2009 fueron El Petén y Alta Verapaz en Guatemala y la región Noreste de Honduras (Olancho). En general, la producción del grano se concentra en la parte norte de la región, donde la mayoría de los departamentos de Guatemala, El Salvador y Honduras y tres de Nicaragua produce más de 70.000 toneladas. Entre 1980 y 2011, los rendimientos aumentaron 0,4 toneladas por hectárea (t/ha) en Centroamérica hasta alcanzar 1,8 t/ha en 2011, comparado con un aumento de dos t/ha a nivel mundial para alcanzar 5,2 t/ha en este último año. A nivel país, los mayores rendimientos se registran en El Salvador y Belice con 2,8 y 2,2 t/ha en el período 2001-2009; los menores son los de Honduras y Panamá con 1,5 y 0,9 t/ha en el mismo período, respectivamente. Rendimientos arriba de 2,5 t/ha se registraron en todos los departamentos de El Salvador, Escuintla y Quetzaltenango en Guatemala, Cayo en Belice, Nueva Segovia en Nicaragua, Heredia y San José en Costa Rica y Los Santos en Panamá. La mayoría de estos departamentos están ubicados en la costa del Pacífico. Las zonas de menor rendimiento, de 0 t/ha a 1 t/ha, se concentran en la zona Atlántico de Costa Rica y Panamá.

Bajo el escenario B2 al corte de 2020, el rendimiento regional promedio de maíz podría disminuir 4% con las siguientes variaciones: 1% en Guatemala, 3,5% en El Salvador, 4,8% en Honduras, 5% en Costa Rica, 6% en Nicaragua y 7% en Panamá y Belice. Hacia 2050, las reducciones podrían tener un rango de 4% en Guatemala hasta 14% en Panamá. Hacia finales del siglo, los países más afectados serían Belice, Nicaragua, Panamá y Honduras, cuyos rendimientos disminuirían más de 24%. La reducción a nivel regional sería de 17%. Los rangos del cambio de los rendimientos por departamento serían los siguientes: Belice entre -24% y -34%, Costa Rica entre 3% y -27%, El Salvador entre -9% y -47%, Guatemala entre 19% y -39%, Honduras entre -13% y -36%, Nicaragua entre -11% y -38% y Panamá entre -17% y -46%. Esto indica que seguiría habiendo diferencias dentro de la región y de los países. Por ejemplo, los departamentos del Altiplano Occidental Guatemalteco y de El Salvador tendrían los mayores rendimientos hacia finales del siglo. En el primer caso, los departamentos Totonicapán, Quetzaltenango, El Quiché, Sololá, Chimaltenango, Huehuetenango, Sacatepéquez y San Marcos podrían experimentar incrementos de rendimientos mayores a 1,7 t/ha. Pero en otros departamentos guatemaltecos, como Izabal, El Petén y Suchitepéquez, disminuirían en más de 25%. El Salvador podría tener rendimientos superiores a 2,2 t/ha en 11 departamentos.

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

aumentos, mientras que Izabal, Suchitepéquez, El Petén, Chiquimula y Escuintla presentarían reducciones mayores a 50%.

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

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

Con el escenario B2 al corte 2020, el rendimiento regional promedio decrecería 3%, con una ganancia de 4% en Guatemala y pérdidas de 3% en Honduras, 4% en Panamá, 5% en El Salvador, 5,5% en Nicaragua, 7% en Belice y 8% en Costa Rica. Hacia 2050, los impactos se traducirían en una ganancia de 1,5% en Guatemala y reducciones en el resto de los países: entre 7% en Honduras hasta un máximo de 16% en Panamá. Hacia el final del siglo, los países más afectados serían Panamá con una reducción de 50%, Belice con 33% y Costa Rica y Nicaragua con reducciones superiores al 25%. El rango de cambio a nivel departamental por país sería: entre -26% y -43% en Belice, entre -2% y -58% en Costa Rica, entre -1% y -98% en El Salvador, entre un aumento de 90% y una reducción de -44% en Guatemala, entre -3% y -47% en Honduras, entre 13% y -48% en Nicaragua y entre -23% y -79% en Panamá. Los rendimientos disminuirían en casi todos los departamentos, salvo en 12 departamentos del Altiplano Occidental Guatemalteco, Jinotega en Nicaragua y la provincia de San José en Costa Rica que podrían tener incrementos.

Con el escenario A2, las pérdidas regionales serían más del doble que en B2 en cada corte, con excepción de 2030. Al corte 2020, el rendimiento regional disminuiría 11%; El Salvador, Costa Rica y Nicaragua serían los más afectados con reducciones entre 14% y 16%. Para 2050, el rendimiento regional bajaría 17%, con un rango entre un aumento de 0,5% en Panamá y una reducción de 24% en El Salvador. Hacia finales del siglo, el rendimiento regional podría disminuir 43%; a nivel país variaría entre 17% en Guatemala y 71% en Panamá. Cinco países experimentarían pérdidas mayores a 45%. El rango de cambios en los rendimientos de los departamentos agrupados por país serían: Belice entre -43% y -73%, Costa Rica entre -11% y -83%, El Salvador entre -28% y -100%, Guatemala entre un aumento de 100% y una reducción de 82%, Honduras entre -28% y -77%, Nicaragua entre 0% y -81% y Panamá entre -29 y -100%. Los rendimientos más bajos seguirían siendo los de Panamá, sobre todo en la segunda mitad del siglo. El caso más contrastante es el de Guatemala, donde siete departamentos del Altiplano, Chimaltenango, El Quiché, Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Sololá y Totonicapán podrían experimentar incrementos en rendimientos superiores a 40%, mientras que El Petén, Escuintla, Izabal y Suchitepéquez perderían más de 50%.

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

La producción de arroz en Centroamérica creció a una tasa menor que la mundial en el período 1980-1995, 0,6% promedio anual, pero entre 1995 y 2011 la tasa fue de 3,5% anual, superior a la mundial. La superficie de arroz creció 0,55% anual entre 1980 y 2011, llegando a cubrir 1,5% de la superficie cultivada total en 2011, pasando de 256.000 ha en 1980 a 304.000 ha en 2011. En el mismo período, el rendimiento aumentó de 2,8 t/ha a 4,1 t/ha, más que el de los otros granos, mientras que el promedio mundial creció de 2,7 t/ha a 4,4 t/ha.

La zona sur del litoral del Pacífico de la región tuvo la mayor producción de arroz entre 2001 y 2009, abarcando departamentos de Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Destaca Chiriquí en Panamá con el promedio anual más alto, 142.000 toneladas, seguido por Guanacaste y Puntarenas en Costa Rica con 93.000 y 72.000 toneladas, respectivamente. En cuanto a los rendimientos, La Libertad y Chalatenango en El Salvador superaron las 7 t/ha entre 2001 y 2009, pero sus niveles de producción no están entre los mayores de la región. Todo El Salvador, el Centro Occidental y Norte de Honduras, El Petén, San Marcos y Quetzaltenango, Chiquimula y Escuintla en Guatemala y los distritos de Belice y *Orange Walk* en Belice tienen rendimientos mayores a 3 t/ha, pero su volumen de producción es limitada, a veces por el tamaño del territorio. Las provincias con altos rendimientos y alta producción son Guanacaste, Puntarenas y Alajuela en Costa Rica con 3,3 t/ha. Panamá, uno de los mayores productores, tiene el rango de rendimiento más bajo.

En el escenario B2 al corte 2020, los rendimientos decrecerían 8% como promedio regional, con los siguientes promedios nacionales: 5% en Guatemala, 7% en Costa Rica y El Salvador, 8% en Honduras, 9% en Panamá y 11% en Belice y Nicaragua. En 2050 las reducciones irían desde 10% en Guatemala hasta 23% en Nicaragua, con un promedio regional de 15%. Hacia finales del siglo, Guatemala experimentaría una reducción de 20%, mientras que las de Honduras, Panamá, Belice y Nicaragua serían mayores a 30%, lo cual sería el promedio regional. Los decrementos departamentales agrupados por país serían: Belice entre -34% y -48%, Costa Rica entre -18% y -34%, El Salvador entre -18% y -63%, Guatemala entre un aumento de 9% y una reducción de 43%, Honduras entre -24% y -54%, Nicaragua entre -27% y -82% y Panamá entre -19% y -100%. Sólo los rendimientos de El Quiché, Quetzaltenango y Totonicapán en Guatemala aumentarían. Los rendimientos más altos, superiores a las 3 t/ha (cerca al promedio histórico de 2.9 t/ha), se presentarían en 12 departamentos de El Salvador, Quetzaltenango y San Marcos de Guatemala y la provincia de Guanacaste de Costa Rica. Dieciséis departamentos presentarían decrementos superiores a 50%, concentrados en Nicaragua y Panamá.

Con A2 se prevé que la disminución de los rendimientos de arroz sea mayor que en B2, especialmente a partir del corte 2030. En el corte 2020, el promedio de disminución regional sería de 11%; el país más afectado sería Nicaragua, cuyos rendimientos disminuirían 16%. En 2050, la región sufriría un decremento promedio de 23%, en un rango de 12% en Panamá a 34% en Nicaragua. Para final del siglo se prevé una reducción promedio regional de 50%; Nicaragua y Belice serían los más

afectados con reducciones superiores al promedio, 69% y 57%, respectivamente y el menos afectado sería Guatemala con 42%. Los rangos de las disminuciones departamentales por país serían: entre 48% y 68% en Belice, entre 17% y 47% en Costa Rica, entre 39% y 97% en El Salvador, entre un aumento de 10% y una reducción de 79% en Guatemala, entre 35% y 74% en Honduras, entre 41% y 100% en Nicaragua y entre 28% y 100% en Panamá. Los mayores rendimientos para el corte 2100, superiores a 2 t/ha, se experimentarían en un departamento de Belice, 12 de El Salvador, cuatro de Guatemala y dos provincias de Costa Rica y una de Panamá. Los menores, inferiores a 1 t/ha, ocurrirían en 33 departamentos y provincias de Nicaragua y Panamá.

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

En conclusión, se estima que los impactos del cambio climático en la producción de granos básicos en Centroamérica serían marcadamente mayores en el escenario A2 (emisiones crecientes e inacción global) que en el escenario B2 (trayectoria de alza de emisiones menor). Con A2 al final del siglo, las reducciones regionales estimadas serían: 35%, 43% y 50% para el maíz, frijol y arroz, respectivamente, en comparación con 17%, 19% y 30% con B2; por lo cual es importante seguir insistiendo en un esfuerzo global de reducción las emisiones. No obstante, los escenarios sugieren que la diversidad de rendimientos del período histórico podría combinarse con variaciones en impactos de cambio climático que mantendrían y ampliarían la heterogeneidad de los rendimientos departamentales y nacionales, aun sin acciones de adaptación y de mejora de la sostenibilidad de la producción. Así los resultados sugieren que habrá diferentes condiciones y medidas apropiadas de adaptación dependiendo del departamento e inclusive dentro de cada uno, requiriendo acciones enfocadas a nivel local. El impacto menor o aumento potenciales en rendimientos estimados para el Altiplano Occidental Guatemalteco y otras tierras altas de la región no significan que aumentar la superficie de producción sea necesariamente una opción recomendable. Es necesario considerar aspectos como el uso apropiado de suelo para bosques y otros ecosistemas, la topografía accidentada, los riesgos de erosión y el cuidado de las cuencas hidrológicas. Igualmente, las estimaciones no toman en cuenta el efecto acumulativo de algunas prácticas agrícolas actuales sobre el ambiente y su propia sostenibilidad, como la degradación del suelo y su erosión, que podrían contribuir a reducir los rendimientos futuros.

En este complejo contexto es recomendable impulsar estrategias adaptativas incluyentes y sustentables para el sector de granos básicos que combinen las acciones de reducción de la pobreza y de la vulnerabilidad con las de adaptación al cambio climático y la transición a economías más sostenibles y bajas en carbono. El sector agropecuario es altamente vulnerable al cambio climático, pero también es el segundo emisor de gases de efecto invernadero y podría llegar a ser el primero en las próximas décadas. Como hemos visto, el sector también alberga una buena parte de la población que vive en pobreza y que produce los alimentos básicos de la dieta regional. Así que se requiere una visión estratégica para maximizar los cobeneficios y minimizar los costos a nivel de finca y en las cadenas de valor. En este sentido, los esfuerzos de adaptación, de integración de medidas de adaptación en los planes agrícolas de mitigación, y de programas de mitigación basada en adaptación que la región está implementando son muy importantes.

La respuesta agrícola al cambio climático requerirá una estrecha coordinación de políticas con otros sectores para reducir la deforestación y proteger la biodiversidad y el recurso agua. Habrá que reconocer y considerar el potencial de expansión de experiencias que han fortalecido el bienestar de poblaciones rurales e indígenas con procesos productivos más sostenibles, como la agroforestería y la combinación de actividades agrícolas con las de protección de ecosistemas naturales y pago por servicios ambientales. Considerando que el sector es el mayor consumidor de agua, cuya disponibilidad puede reducirse en la mayor parte de la región con el cambio climático y el incremento de la población, todo esfuerzo para aumentar la eficiencia del uso del recurso es clave. Programas para aumentar el acceso de poblaciones rurales dispersas a fuentes de energía renovable como la solar y la generación hidroeléctrica de menor escala, como las propuestas de La Estrategia Energética Sustentable Centroamericana 2020, también son claves. En general, el ámbito rural, con sus recursos naturales y productivos, será fundamental para el éxito de una respuesta al cambio climático.

Blindar la seguridad alimentaria y nutricional ante el cambio climático, particularmente los granos básicos y transitar hacia una agricultura más sostenible e incluyente son retos enormes e impostergables para proteger a la población pobre del campo y la ciudad. Con honrosas excepciones, la mayoría de los países han experimentado descapitalización del medio rural y reducido programas de titulación de tierras, extensión, reducción de pérdidas post cosecha, acceso a mercados y fortalecimiento de capacidades. El consumo de granos básicos de los países de la región depende cada vez más de los mercados internacionales en un contexto en que la creciente demanda de alimentos, combinados con los estragos del cambio climático, podría aumentar los riesgos de escasez y altos precios o grandes fluctuaciones en los mismos. Adicional a los esfuerzos nacionales, la región tiene oportunidades importantes para enfrentar colectivamente estos riesgos, incluyendo sus diversas capacidades internas de producción actuales y futuras, el comercio intrarregional de alimentos y la creación de reservas estratégicas. Diversos instrumentos regionales ya proporcionan un marco para estos esfuerzos, entre ellos La Estrategia Regional Agroambiental y de Salud, la Política Agrícola Centroamericana 2008-2017, la Estrategia Centroamericana de Desarrollo Rural Territorial, la Estrategia Regional de Cambio Climático y la Política Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Centroamérica y la República Dominicana.

El cambio climático podría considerarse un fenómeno que solamente nos afectaría en un futuro lejano, no atendible dadas las restricciones presupuestarias profundizadas por la actual recesión global y las urgencias sociales y económicas existentes. Pero los crecientes impactos de eventos extremos y los cambios en la incidencia de plagas indican la necesidad de tomar medidas urgentes para reducir los impactos de próximos eventos y emprender el camino de la adaptación. En este panorama es estratégico reforzar el sector agropecuario, con especial atención a los productores de granos básicos. Algunas líneas de acción que podrán conformar la respuesta a la amenaza del cambio climático sobre los granos básicos pueden ser las siguientes:

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

- Ampliar créditos e incentivos que apoyen la producción sostenible y adaptativa frente al cambio climático, incluyendo medidas para mejorar la eficiencia del uso de agua y reducir el uso de insumos emisores de GEI y de otros efectos contaminantes.
- Desarrollar seguros agrícolas e instrumentos de cobertura de riesgos del sector y ampliar los fondos de contingencia y de reducción de riesgos.
- Considerar opciones de ampliación de la cobertura de áreas de riego en función de los escenarios climáticos y utilizando tecnologías eficientes.
- Reducir la producción en zonas no aptas por su tipo de suelo, orografía y cambios de clima, y aumentarla en zonas más aptas con debida atención a los derechos de los productores y la conservación de ecosistemas.
- Recuperar y rehabilitar tierras degradadas, promoviendo su manejo sostenible con tecnologías apropiadas, especialmente en las áreas secas.
- Ampliar la formalización de la tenencia de la tierra, incluyendo tenencia colectiva, comunitaria y de pueblos indígenas.
- Aumentar el acceso a servicios de educación, salud y fuentes de energía renovables como la solar, la aeólica, la hidroeléctrica de menor escala y de “deshechos” orgánicos producidos en la misma finca para crear circuitos sostenibles de energía y producción.
- Impulsar prácticas sostenibles de producción diversificada, incluyendo la agroforestería y los sistemas agrosilvopecuarios.
- Diversificar y fortalecer las fuentes de ingreso de las familias productoras con una perspectiva de sostenibilidad, incluyendo pago por servicios ambientales de un manejo sostenible de cuencas y bosques, cosecha de productos no maderables, bonos de reducciones de emisiones GEI, cultivo y procesamiento de productos orgánicos para mercados “verdes” o solidarios internos e internacionales, como el café orgánico de sombra.
- Ampliar la colección de datos climáticos y el análisis de sus impactos físicos y económicos actuales y potenciales en los sistemas productivos de granos básicos y sus cadenas de valor.
- Fortalecer la formulación de pronósticos y alertas climáticas con sistemas de divulgación que permitan el acceso amplio de los productores a recomendaciones relativas a los ciclos productivos.
- Incorporar el cambio climático en las políticas y los presupuestos nacionales para el sector y coordinar esfuerzos con los actores responsables para reducir la deforestación, proteger la biodiversidad y gestionar los recursos hídricos.
- Analizar los proyectos de inversión en infraestructura rural para incorporar criterios de blindaje frente al cambio climático y de beneficio efectivo a los pequeños productores, ampliando los mecanismos de gestión participativa.
- Incorporar incentivos en las políticas fiscales y de competencia para estimular la productividad, la sostenibilidad y la adaptación de las cadenas de valor de granos básicos.
- Vincular explícitamente las decisiones de desarrollo agropecuario con las medidas y metas de freno a la deforestación y la conservación de servicios ambientales, incluyendo su función en la gestión integral del agua y como sumideros de carbono.
- Avanzar en la seguridad alimentaria nacional y regional mediante el fomento de la complementariedad productiva de diferentes áreas geográficas, protección de los productores y facilitación del comercio intrarregional, incluyendo los mecanismos regionales de sanidad agropecuaria, inocuidad de alimentos, innovación tecnológica y eficiencia energética.

## RESUMEN

La producción de maíz, frijol y arroz es vital para la seguridad alimentaria y nutricional de la población centroamericana. La mayor parte de su producción, especialmente la de maíz y frijol, está en manos de pequeños productores, la mayoría de los cuales viven en condiciones de pobreza con acceso limitado a servicios sociales y económicos. No obstante, salvaguardan un importante acervo de agrobiodiversidad y conservan prácticas de producción relativamente sostenible y adecuada a las condiciones locales. Estas características los hacen actores claves en la respuesta al cambio climático, pero al mismo tiempo son muy vulnerables a su impacto.

Este documento se realizó conjuntamente con el Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo y la Secretaría Ejecutiva del Consejo Agropecuario Centroamericano, instancia de los Ministros de Agricultura de Centroamérica y la República Dominicana en el marco del Sistema de Integración Centroamericana (SICA). Utilizando el método de funciones de producción, se estima el efecto de la temperatura y la precipitación sobre los rendimientos de granos básicos en 95 unidades geográficas subnacionales en la década de 2000. Con esta misma función, se estiman los impactos potenciales del cambio climático durante el presente siglo, utilizando dos escenarios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), denominados B2 (trayectoria de alza de emisiones menor) y A2 (emisiones crecientes e inacción global).

Con el escenario A2 para fines del siglo, las reducciones regionales de rendimientos estimadas serían: 35%, 43% y 50% para el maíz, frijol y arroz, respectivamente, en comparación con 17%, 19% y 30% con el escenario B2; por lo cual es importante seguir insistiendo en un esfuerzo global para reducir las emisiones. Al mismo tiempo, los resultados sugieren que habrá condiciones diferentes y medidas apropiadas de adaptación dependiendo del departamento e inclusive dentro de cada uno, requiriendo acciones enfocadas a nivel local. Por lo tanto, es urgente impulsar estrategias adaptativas incluyentes y sustentables para el sector de granos básicos que combinen la reducción de la pobreza y de la vulnerabilidad con las de adaptación al cambio climático y la transición a economías más sostenibles y bajas en carbono. En este sentido, los esfuerzos de adaptación, de integración de las medidas de adaptación en los planes agrícolas de mitigación, y de programas de mitigación basados en adaptación que la región está implementando son muy importantes.

## INTRODUCCIÓN

El clima y sus variaciones son determinantes de la producción agrícola; influyen directamente en el crecimiento y desarrollo de plantas y cultivos, en el balance hidrológico, en la frecuencia, tipo e intensidad de los cultivos y en la erosión de la tierra. Los efectos del clima han provocado pérdidas cuantiosas en el sector agrícola de Centroamérica, por ejemplo, el fenómeno El Niño ha provocado la disminución de la precipitación en la vertiente del Pacífico, ha retrasado la época de lluvias, aumentado la temperatura media, reducido la nubosidad, prolongado el veranillo y traído mayor insolación. Estas condiciones han favorecido una mayor frecuencia de incendios forestales, pérdidas considerables de producción de granos y desfases de ejecución de prácticas agrícolas, como la siembra, el control de plagas y la cosecha.

Ahora bien, los impactos de estos fenómenos climáticos dependen de la vulnerabilidad de la producción y los productores agrícolas a la cual contribuyen un conjunto amplio de factores, como la combinación de la situación socioeconómica de los productores, los insumos y la tecnología, disponibilidad de agua y sistemas de irrigación, administración de riesgos, manejo de plagas y características del suelo. La agricultura de temporal está particularmente expuesta a las alteraciones climáticas por su requerimiento de agua durante el crecimiento de los cultivos (Ramírez y otros, 20010).

El cambio climático está magnificando estas vulnerabilidades y se espera que incida cada vez más en la evolución económica de la región, pues sus factores son decisivos para la producción agrícola. Los trastornos potenciales del ciclo hidrológico afectarían la evapotranspiración y precipitación, modificando la frecuencia y duración de las sequías, con efectos directos en la demanda de riego. Otros efectos directos podrían ser el cambio en la distribución de plagas y enfermedades y la aparición de especies invasoras a causa de las sequías prolongadas e incrementos constantes de temperatura. El sector podrá sentir efectos indirectos como la presión del cambio climático sobre los ecosistemas, los cuales contribuyen a la producción agropecuaria con múltiples servicios, incluyendo la regulación de climas locales, la polinización y el control de plagas. La producción agropecuaria misma alberga un gran acervo de agrobiodiversidad, incluyendo del maíz y del frijol, y conocimientos de prácticas sostenibles en las condiciones locales. La población relativamente joven y su gran diversidad cultural, étnica y de estilos de vida, especialmente en la zona rural es un tesoro que merece mayor reconocimiento e inversión.

Conscientes de esta situación, los Presidentes del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) acordaron en mayo de 2008 un conjunto de mandatos para las instituciones nacionales y regionales en respuesta al cambio climático. A partir de entonces, el tema se ha mantenido en la agenda regional, y los Presidentes han ratificado y ampliado sus directrices en las cumbres subsiguientes de junio 2010, noviembre 2011 y junio 2012. En este marco, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), el Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y la 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), cuyo objetivo es desarrollar análisis para evidenciar la vulnerabilidad de la región y los potenciales impactos del cambio climático, alertar a los tomadores de decisiones y apoyar en la generación de medidas de adaptación incluyente y sostenible, incluyendo una transición a economías bajas en carbono.

Conscientes de la importancia de contar con mayor análisis y desarrollar medidas de respuesta para el sector agropecuario y para la seguridad alimentaria, el Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC), instancia de los Ministros de Agricultura de Centroamérica y la República Dominicana en el marco del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) ya había incluido al cambio climático en su agenda de trabajo desde 2007 y en 2012 estableció su Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral del Riesgo. En respuesta a este mandato, el Grupo Técnico, con el apoyo de la Secretaría Ejecutiva del CAC, acordó un programa de trabajo con la Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), incluyendo la preparación de este análisis de los potenciales impactos del cambio climático en los granos básicos a escala departamental.

Así, el análisis presentado en este documento hace una exploración a nivel de 95 unidades geográficas subnacionales, entre departamentos, provincias, distritos y comarcas de la región, primero estimando sus niveles de producción y rendimiento de granos básicos en la década de 2000. Segundo, preparando una climatología ajustada de los promedios de temperatura y precipitación de estas unidades durante la misma década. Utilizando el método de funciones de producción, estima el efecto de la temperatura y la precipitación sobre el rendimiento de granos básicos. Habiendo establecido esta función, estima los impactos potenciales del cambio climático, utilizando dos de los escenarios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, denominados B2 y A2.

En el primer capítulo se presenta una revisión de la literatura científica sobre impactos potenciales del cambio climático en la producción de granos básicos en Centroamérica y otras regiones del mundo. En el segundo capítulo se caracteriza la actividad agropecuaria y la situación de seguridad alimentaria de Centroamérica en las últimas tres décadas. El siguiente capítulo reporta sobre la situación de los granos básicos, incluyendo su fenología, producción y rendimientos a nivel nacional y departamental, el comercio y las políticas nacionales y las estrategias regionales. El cuarto capítulo explica la metodología y la estimación de los impactos potenciales del cambio climático en los rendimientos de granos básicos a 2100 con cinco cortes de tiempo.

## I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Durante las últimas dos décadas, diversos equipos de investigadores han explorado métodos y desarrollado análisis sobre los efectos potenciales del cambio climático en la agricultura. Algunos de los primeros estudios se basaron en encuestas de opinión entre expertos y productores, así como experimentos de laboratorio sobre efectos de cambios de temperatura en la producción de determinados cultivos. Los resultados fueron usados para predecir el comportamiento de esos cultivos bajo diferentes escenarios climáticos (Maddison y otros, 2007). Posteriormente, las investigaciones se enfocaron en los efectos del cambio climático sobre determinados cultivos básicos, principalmente trigo y maíz. Investigaciones más recientes han ampliado el análisis a un mayor número de productos, al efecto interactivo entre productos y su distribución geográfica y en el comercio agropecuario entre regiones, considerando una mayor diversidad de productos (Ramírez y otros, 2010).

En las primeras investigaciones destacan los modelos de regresión de Warrick (1984) que simulan incrementos de temperatura similares a los ocurridos en la década de 1930, y que concluyen que la producción agrícola podría declinar. Easterling y otros (1993) también emplean datos de 1930 para simular los posibles niveles de temperatura de algunas regiones de los Estados Unidos como consecuencia del cambio climático. Encuentran que, en ausencia de innovaciones tecnológicas y sin considerar un posible efecto de “fertilización” del CO<sub>2</sub>, el cambio climático provocará reducciones importantes de producción y pérdidas económicas. Terjung y otros (1984) estimaron que habrá una creciente demanda por agua para irrigación debido a la elevación de la temperatura, si no hubiera cambios tecnológicos. Adams y otros (1988) estiman los efectos económicos de mayores niveles de CO<sub>2</sub> sobre el oeste de los Estados Unidos, y encuentran que la estructura de la agricultura se podría modificar y provocaría pérdidas económicas entre dos y diez veces mayores que las provocadas por cualquier otro problema ambiental.

Otros métodos estiman los efectos del cambio climático en la agricultura mediante modificaciones potenciales del valor de la tierra, del ingreso agropecuario y la distribución espacial, utilizando métodos estadísticos y de programación (Molua y Lambi, 2007). Los análisis de este enfoque se basan en modelos Ricardianos, de Equilibrio General Computable (CGE, por sus siglas en inglés) y de Sistemas de Información Geográfica, entre otros. Los análisis Ricardianos asumen que los ajustes biológicos, físicos y económicos impuestos por el cambio climático a plantas, cultivos y agricultores se realizarán de manera automática, y se reflejará en la modificación del valor de la tierra que es su variable principal (Ramírez y otros, 2010). Mendelsohn y otros (1994) utilizaron este enfoque para estimar el efecto del cambio climático en el valor neto de la tierra agrícola de los Estados Unidos con información a nivel de condados. Encontraron que mayores temperaturas a lo largo del año (excepto en otoño), tendrán un efecto negativo en el valor promedio de la tierra. Schlenker y otros (2006) llegaron a la misma conclusión utilizando indicadores climáticos, características del suelo y condiciones socioeconómicas a nivel de condado.

El enfoque Ricardiano también se ha sido utilizado para comparar los efectos potenciales del cambio climático en economías desarrolladas y en economías en vías de desarrollo. Mendelsohn y otros (2001) compararon la sensibilidad al cambio climático de los Estados Unidos y la India. Los

resultados sugieren que la India es mucho más sensible por su nivel de desarrollo más bajo. Con el mismo enfoque, Mendelsohn y otros (2007) compararon Brasil y los Estados Unidos y concluyeron que Brasil experimentaría efectos más severos por aumento de temperatura (Ramírez y otros, 2010).

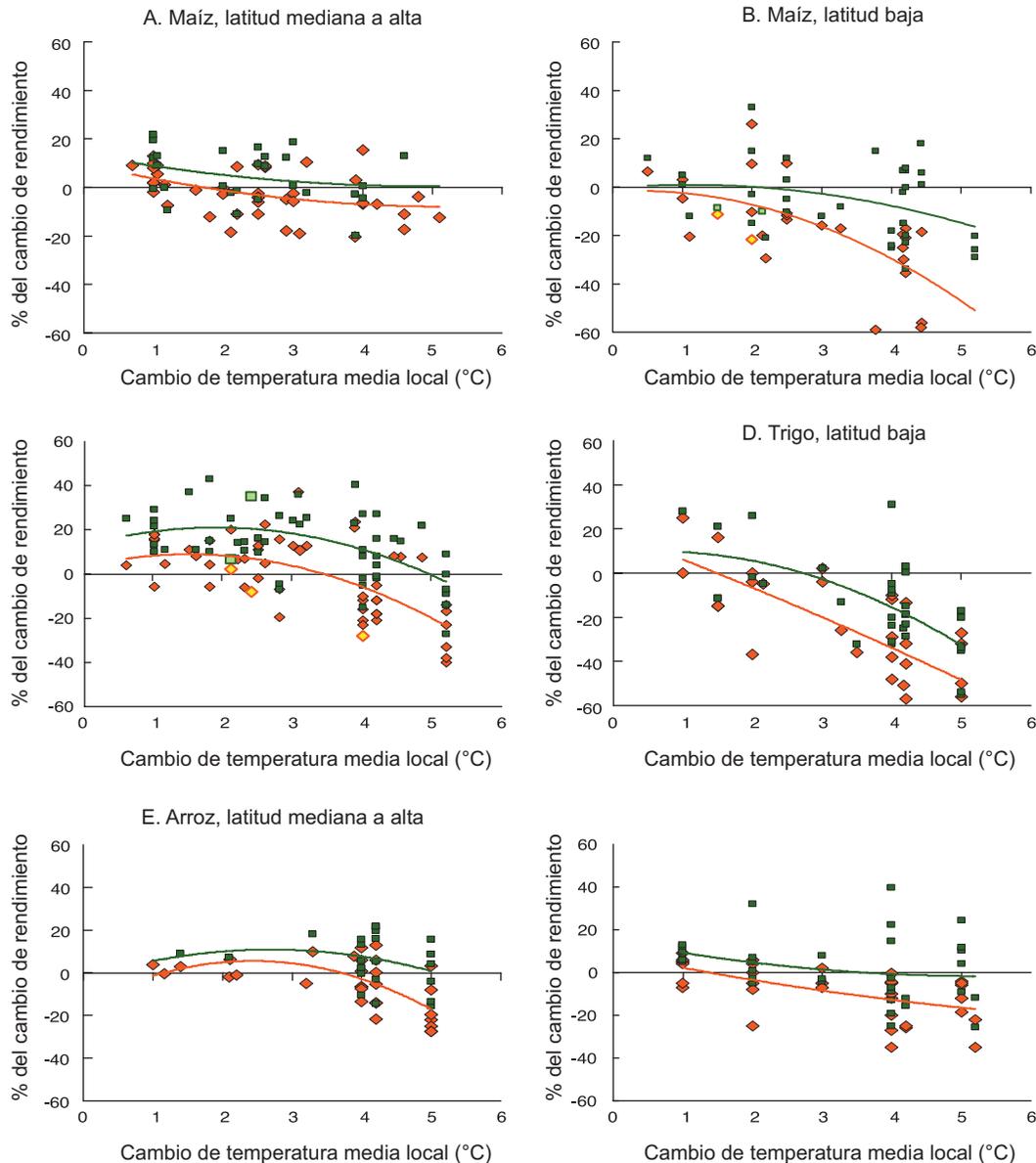
En casi todos estos estudios destaca la mayor exposición de los países cercanos al ecuador y de latitudes bajas, donde la temperatura tiende a ser más elevada. Adams, Hurd y Reilly (1999) también encontraron que los impactos en los cultivos tienden a ser mayores en las latitudes bajas, en particular para trigo y maíz. No obstante, Darwin y otros (1995) señalan que esta línea de estudios está limitada por no considerar los efectos del cambio climático en otras regiones ni el comercio mundial en la capacidad de respuesta de cada país.

Para superar estas limitaciones, los modelos de Equilibrio General Computable (MCGE, por sus siglas en inglés) ofrecen la posibilidad de modelar la agricultura respecto a otros sectores económicos de un país o región, permitiendo estimar la movilidad de recursos en diferentes escenarios. Tal es el enfoque de Rosenzweig y Parry (1994), que estima los efectos del cambio climático sobre la producción mundial de cereal y su distribución entre países desarrollados y en desarrollo hasta el año 2060. Según este pronóstico, la producción mundial de cereales disminuiría entre 1% y 8% y los precios aumentarían entre 24% y 145%. El estudio encontró que al incluir un estimado de medidas de adaptación de los agricultores a nivel de granja, la reducción de la producción sería menor (de -2,5% a 1%), mientras que el aumento de precios estaría en el rango de 5% y 3,5% (Ramírez y otros, 2010). Los estudios basados en MCGE tienen la ventaja de tomar los precios como endógenos y considerar vínculos intersectoriales, aunque a costa de agregaciones bastante considerables (Schlenker y otros, 2006). Igualmente, encuentran difícil incorporar posibles cambios de largo plazo en la estructura económica.

El cuarto informe del IPCC presenta un análisis de los resultados de 69 estudios empíricos de los potenciales efectos de cambios en temperatura en los rendimientos de maíz, trigo y arroz en latitudes baja, media y alta, como se muestra en el gráfico 1 que resume los resultados. Los puntos rojos indican la respuesta de los rendimientos a los cambios en temperatura sin adaptación; los puntos verdes oscuros representan las respuestas con medidas de adaptación, como son cambios en plantación, cambios en períodos de cultivos e uso de riego; las líneas representan el mejor ajuste de estos resultados. Los puntos de color claro en los gráficos B y C representan las respuestas de los cultivos bajo escenarios de reducción de la precipitación.

En latitudes medias y altas, con un incremento de temperatura entre 1 °C y 3 °C, los rendimientos podrían aumentar ligeramente bajo el supuesto de disponibilidad de agua. Pero en África y otras regiones tropicales, semiáridas y de altitudes bajas los efectos serían negativos. Otros análisis arrojan proyecciones similares. Sin embargo, con aumentos superiores a los 3 °C, los impactos negativos se generalizarán en todas las regiones estudiadas. Los mayores efectos podrían ocurrir en las latitudes bajas, con reducciones de hasta el 60% en rendimiento de maíz (Easterling y otros, 2007). Las regiones de latitud media a alta abarcan la mayor parte de la producción de cereales a nivel mundial. Esto sugiere que el potencial de la producción mundial, definido por Sivakumar y Valentin (1997) como equivalente al rendimiento de los cultivos, se vería amenazado por aumentos superiores a 1 °C y difícilmente podría adaptarse con más de 3 °C. Los estudios indican que cambios en los patrones de precipitación pueden generar aun menores rendimientos, tanto para el maíz en latitudes bajas, como para el trigo en latitudes medias a altas.

**GRÁFICO I**  
**MUNDO: SENSIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ, TRIGO Y ARROZ AL CAMBIO**  
**DE LA MEDIA LOCAL DE TEMPERATURA**  
*(En grados centígrados y porcentajes)*



Nota: Los resultados de los gráficos corresponden a 69 estudios de múltiples simulaciones. La media local del cambio de temperatura se utiliza como proxy para indicar la magnitud del cambio climático en cada estudio.  
 Fuente: Easterling y otros, 2007.

Los estudios considerados sugieren que los países en desarrollo podrían adaptarse al cambio climático, pero la agricultura de subsistencia podría ser aún más vulnerable. Una limitación de estos estudios es que no modelan los tipos de adaptación que podrían ocurrir. Y sin estimaciones de adaptación razonables, la literatura se limita a alertar sobre las consecuencias de no tomar medidas de adaptación. Además, sólo incluyen granos, que absorben aproximadamente la mitad de la tierra agrícola en muchos países en desarrollo (Dinar y otros, 1998). Otro efecto esperado del cambio climático es la disminución del agua para riego por reducción de la precipitación o aumento de la evapotranspiración. Este efecto puede ser crítico para los países en desarrollo debido a que la agricultura consume el 80% de los recursos hídricos (Xie y otros, 1993). La disponibilidad de agua es un factor clave de la productividad agrícola, especialmente en regiones áridas y semiáridas.

Los estudios iniciales en los países desarrollados o que cubren grandes regiones del mundo sugieren efectos negativos en términos de reducción de rendimiento, pérdida de suelos fértiles y aumento de los costos de producción. También muestran que los países desarrollados tienen mayor resistencia al cambio climático. Sin embargo, hace falta mayor análisis enfocado a regiones con condiciones socioeconómicas y climáticas menos resilientes al cambio climático. Así lo constatan Rosenzweig e Iglesias (1994) para los cultivos de maíz, trigo, soya y arroz de India y Brasil.

Diversos estudios de impactos en los precios de cereales muestran que aumentos moderados de la temperatura global media pueden provocar un pequeño decremento de precios y aumentar la producción de cultivos y ganado, mientras que cambios en la temperatura global media en el rango de 4 °C a 5 °C pueden traducirse en reducciones netas de la producción y aumentos pronunciados de los precios a nivel global (Easterling y otros, 2007). Reilly y otros (1994) y Kane, Reilly y Tobey (1991) estiman que los rendimientos en diferentes partes del mundo se reducirían y predicen diversos escenarios para el comportamiento de los precios mundiales de los productos considerando la estructura del comercio agrícola mundial.

## CENTROAMÉRICA

Centroamérica se caracteriza por la gran variación en la lluvia acumulada cada año y en su cambiante distribución temporal y espacial, lo cual ha hecho que la región está expuesta a serias amenazas y cuantiosas pérdidas económicas, incluyendo las agrícolas. De acuerdo con Fournier y Di Stefano (2004), El Niño ha ocasionado períodos menos lluviosos, retraso del inicio de las lluvias, mayores temperaturas, reducción de la nubosidad, veranillos más prolongados entre julio y agosto y mayor insolación en la vertiente Pacífico de la región. Esto ha favorecido la mayor frecuencia de incendios forestales, pérdidas de producción de granos, desfase de cosechas y de ejecución de prácticas agrícolas como el control de malezas, plagas, enfermedades y fertilizantes.

La organización *German Watch* califica a los países centroamericanos entre los más expuestos a grandes riesgos climáticos en un ranking de 183 países. Los resultados del período 1992-2011 indican que Honduras es el país con mayores impactos recibidos, Nicaragua el tercero, Guatemala el decimoprimer, El Salvador el decimoquinto, Belice el vigésimo sexto y Costa Rica el sexagésimo segundo. Considerando el aumento de eventos extremos en el período 2004-2011, el mismo indicador arroja que los países de Centroamérica a menudo resultan entre los diez primeros lugares de riesgo: República Dominicana segundo en 2004, Guatemala primero y Honduras séptimo en 2005, Nicaragua tercero en 2007, Belice noveno en 2008, El Salvador primero en 2009, Guatemala segundo y Honduras quinto en 2010, El Salvador cuarto y Guatemala noveno en el 2011 (Harmeling, 2012).

El informe regional del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (Magrin y otros, 2007) y el Informe Stern (2007) estiman que el rendimiento del maíz en los Andes y Centroamérica disminuirá en forma importante por el incremento de emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI). En algunos países se espera una contracción de la producción de hasta 15% (Nagy y otros, 2006). En zonas templadas el rendimiento de la soja, el trigo y en menor medida el maíz aumentará, al menos inicialmente. Y en las regiones tropicales y subtropicales, la productividad podría reducirse hasta en un tercio por el incremento del estrés térmico y la mayor aridez del suelo. Conviene advertir que, por lo general, los modelos de simulación arrojan resultados complejos con alto grado de incertidumbre (CEPAL, CCAD, SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

Las estimaciones de los eventuales efectos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica iniciaron hace más de una década. Un escenario de aumento de 3,5°C de

temperatura y disminución de 30% de lluvia en Guatemala arroja una caída del rendimiento de maíz hasta 34%, de frijol hasta 66% y de arroz hasta 27%. En Costa Rica se determinó con modelos del Centro Hadley que los rendimientos de arroz, papa y frijol disminuirían, pero el del café aumentaría con la temperatura. En Panamá se determinó que los rendimientos del maíz aumentarían casi 10% en 2010, pero disminuirían 34% en 2050 y 21% en 2100 respecto a los niveles actuales. Para Honduras un estudio determinó que los rendimientos de maíz disminuirán en un 22% en 2070 (ANAM, 2000; IMN-MINAET, 2000; MARN, 2001; Díaz-Ambrosio, Pazos y Tovar, 2004). Todas estas estimaciones se basan en diferentes escenarios con rangos de probabilidad e incertidumbre, por lo que sus resultados deben entenderse como estimaciones de tendencias y no valores precisos (véase CEPAL y DFID, 2009).

En la iniciativa *“La economía del cambio climático en Centroamérica”* (ECCCA) se realizaron análisis a nivel regional y a nivel nacional para estimar los posibles cambios de producción agrícola ante cambios de temperatura y precipitación bajo los escenarios A2 (más pesimista) y B2 (menos pesimista). Se elaboraron funciones de producción nacional para los índices agropecuarios, los granos básicos y otros productos como caña, banano y café. Las estimaciones señalaron potencialmente importantes decrementos de producción a consecuencia del calentamiento global, si no se toman medidas de adaptación. Bajo el escenario B2, la producción de maíz de toda Centroamérica podría aumentar en las próximas décadas, pero después bajaría de aproximadamente dos toneladas por hectárea (t/ha) a 1,9 t/ha al final del siglo, mientras que en el escenario A2 los rendimientos podrían reducirse a 1,4 t/ha. Los rendimientos del frijol sufrirían reducciones más severas, de 0,7 t/ha a 0,5 t/ha en B2 y a menos de 0,1 t/ha en A2. Para el arroz se estima que los rendimientos pasarían de 3,5 t/ha a entre 2 y 1 t/ha con A2 (CEPAL, CCAD, SICA, UKAID y DANIDA, 2011). Esto por lo que concierne a promedios de la región. Los estudios por países arrojan impactos diferentes.

Otros ejercicios de esta iniciativa consideran los efectos del cambio climático en el patrón de eventos hidrometeorológicos extremos, sobre la aridez y la disponibilidad de agua. Respecto a la distribución espacial de los huracanes tropicales provenientes del Atlántico, los territorios más expuestos abarcan casi la totalidad de la costa del Atlántico, la totalidad del territorio de Belice, gran parte de Honduras y Nicaragua y el norte de Costa Rica. No obstante, estos ciclones tienden a generar un cambio en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), desplazándose hacia el norte de Centroamérica, lo cual provoca *“temporales”* (varios días de lluvias intensas o alta acumulación), inundaciones y deslizamientos en zonas mucho más amplias de la región. Tal fue el efecto del Huracán Mitch. Otro cambio que se ha evidenciado en las últimas décadas, es el cambio en la trayectoria de tormentas y huracanes que se originan en el océano Pacífico, con lo cual ahora ingresan a tierra firme en Centroamérica, cuando anteriormente fue más al norte.

Otro fenómeno notorio son las lluvias intensas, a veces asociadas a depresiones y tormentas tropicales. Estos sistemas no llegan a clasificarse como huracanes, pero traen altas niveles de precipitación más altas, como la depresión tropical 12E, originada en el Pacífico, que provocó graves impactos en El Salvador y regiones de Guatemala, Honduras y Nicaragua en 2011. Considerando el impacto de este fenómeno, sería recomendable analizar su posible relación con el cambio climático. Ahora bien, la frecuencia de las tormentas y huracanes de duración moderada ha aumentado a partir de 1980, pero históricamente ha fluctuado en un ciclo de aproximadamente tres décadas. La relación entre frecuencia de estos eventos y cambio climático podrá identificarse cuando se aclare si el patrón modifica su oscilación histórica en las próximas décadas.

Respecto a la relación entre intensidad de eventos hidrometeorológicos y cambio climático, la evidencia es más sólida. Se estima que los océanos absorbieron alrededor de 20 veces más calor que la

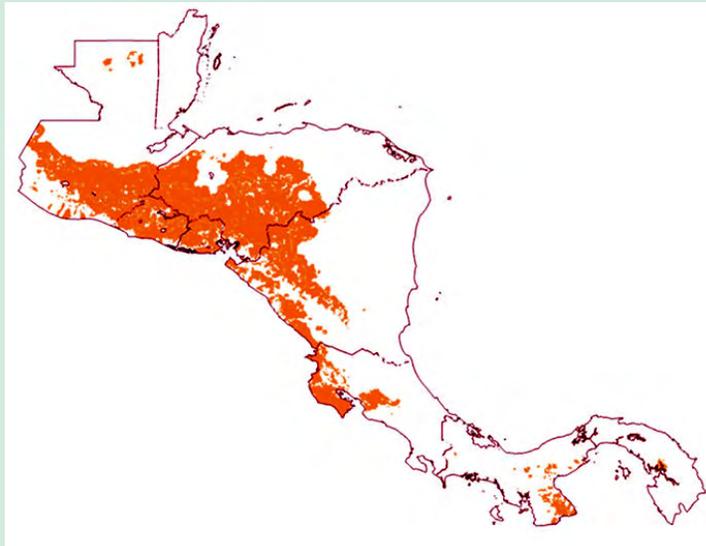
atmósfera durante el último medio siglo, provocando temperaturas más altas en aguas superficiales y profundas, factores que contribuyen a la mayor intensidad de los ciclones tropicales. Las temperaturas superficiales del océano Pacífico y el mar Caribe, las cuales influyen en el clima de Centroamérica, han aumentado durante los últimos cien años. Las series históricas indican que la zona del océano Pacífico asociada al ENOS (20 N – 20 S y 90W - 120W) ha sufrido una alza de temperatura en este siglo y hay evidencia de aceleración del calentamiento del mar Caribe desde la mitad de los años noventa (Jury, 2011). La literatura internacional sugiere que la intensidad de los huracanes podría aumentar entre 5% y 10% durante este siglo (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID, DANIDA, 2011).

Con respecto a los recursos hídricos, Centroamérica tiene abundantes reservas de agua, pero su distribución territorial es muy desigual, con grandes variaciones intranuales e interanuales en su disponibilidad. Esta condición, relacionada con la precipitación, genera una alternancia de períodos de sequía severa e inundaciones, a menudo asociados a la alternancia entre el fenómeno El Niño-La Niña. En 2009 El Niño trajo un período de sequía que se prolongó hasta el año siguiente, afectando la costa del Pacífico en el norte de Centroamérica, es decir, Guatemala, El Salvador, Honduras y parte de Nicaragua. El déficit de lluvia para la temporada de postrera en septiembre provocó una amenaza a la seguridad alimentaria de muchos productores.

#### RECUADRO I SEQUÍA 2009-2010

En 2009-2010, la sequía más fuerte de la región en los últimos años afectó la producción agrícola, especialmente la del “corredor seco”. El evento El Niño fue declarado en junio de 2009 con una estación lluviosa irregular que afectó principalmente a la vertiente del Pacífico. La precipitación de la segunda temporada de lluvias, entre septiembre y octubre, también fue irregular lo que impidió la recarga de las fuentes de agua y el subsuelo, por lo que el recurso para consumo humano, pecuario y segunda siembra se limitó (PESA, 2010a).

#### CENTROAMÉRICA: ÁREAS DENTRO DEL CORREDOR SECO



Fuente: Tomado de BCIE, CAC, CCAD, CEPREDENAC, WFP, FAO (2012), citando Atlas Centroamericano para la Gestión Sostenible del Territorio, CCAD-SICA/UE-PREVIDA (2011).

(continúa)

(continuación Recuadro 1)

Los efectos fueron menos severos para las siembras de inicios de mayo, pues cuando la sequía empezó las plantas de maíz estaban en fructificación avanzada y las plantas de frijol estaban en maduración, por lo que el requerimiento de agua fue menor. Las pérdidas fueron cuantiosas para las familias que sembraron a finales de mayo. En algunas áreas los rendimientos de maíz bajaron hasta un 80%. La siembra de postrera de frijol, que normalmente es en agosto, se retrasó hasta septiembre (FAO y PMA, 2010a).

Gran parte del corredor seco de Guatemala fue afectado, abarcando las regiones del suroriente, nororiente, centro y occidente del país, con efectos negativos para los rendimientos de maíz y frijol de productores viviendo en condiciones pobreza ubicados en áreas de productividad marginal, lo que puso en riesgo su seguridad alimentaria y nutricional (IICA, 2009a). Se redujeron las reservas de alimentos en los hogares: antes de la sequía 58% de los hogares tenía reservas, mientras que durante y después de la sequía, solo 22% las tenía. El mayor impacto se registró en Jutiapa, Jalapa y Chiquimula (FAO y PMA, 2010a). En El Salvador hubo déficit de lluvias en casi todo el país entre enero y septiembre de 2009. En noviembre se registraron intensas lluvias por un sistema de baja presión y el paso del Huracán Ida por el Caribe, los cuales causaron inundaciones en siembras de maíz y frijol (PESA, 2010a).

En Honduras las zonas más afectadas fueron el sur (departamentos de Valle y Choluteca) y la parte sur de los departamentos de Francisco Morazán, El Paraíso, La Paz e Intibucá. Las pérdidas de la producción de maíz y frijol se estimaron hasta en 70%. Para enero de 2010, los hogares de estas regiones contaban con reservas de alimentos para solo dos meses (PESA, 2010b). Veintitrés municipios de nueve departamentos de Nicaragua perdieron entre 50% y 60% de los cultivos de granos básicos de postrera y 90% de los hogares quedó sin reservas de alimentos en 2009 (FAO y PMA, 2010b).

Mientras la sequía ocurría en la vertiente del Pacífico, en la costa de Caribe centroamericano se registraron varios frentes fríos entre diciembre de 2009 y enero del 2010, con lluvias en la costa de Honduras, la parte sur de la Región Autónoma del Atlántico Sur de Nicaragua, la zona del Caribe de Costa Rica y las regiones de Bocas del Toro y Veraguas en Panamá (PESA, 2010a), por lo que estas zonas no sufrieron los estragos de la sequía.

En un escenario que toma en cuenta el aumento de la población sin medidas de ahorro de agua, la demanda del líquido podría crecer casi 300% al corte de 2050 y en más de 1.600% en 2100 aun sin cambio climático, lo cual equivaldría a una intensidad de uso del agua de 36%. En el escenario B2 este último indicador podría llegar a 140% y a más de 370% con A2 si no se toman medidas de adaptación y ahorro. Estos niveles son muy superiores a 20% aceptado internacionalmente como umbral de una situación de estrés hídrico. En el escenario A2, las condiciones serían similares a las actuales de Egipto y algunos países de la península arábiga.

Aún con una reducción menor de la precipitación bajo el escenario B2, el alza de la temperatura provocaría un alza en la evapotranspiración, lo que disminuiría la disponibilidad de agua, especialmente en la segunda parte del siglo, afectando los ecosistemas, la agricultura y la generación de hidroelectricidad. Con el escenario A2, el efecto multiplicador sería mayor. El estudio de aridez y meses secos encuentra que los niveles de temperatura y precipitación del período 1950-2000 generan un índice de aridez de 1,6 para Centroamérica, con variación entre la región geoclimática del Altiplano Occidental guatemalteco con mayor humedad (índice de aridez 1,96) y los departamentos más áridos

del corredor seco de Centroamérica (rango de 0,91 a 1,25). Se estima que la región podría experimentar condiciones asociadas a un índice de aridez de 1,4 en el escenario menos pesimista (B2) y de 1,2 en el escenario más pesimista (A2), con una marcada prevalencia de condiciones de aridez similares a las de las zonas más áridas del arco seco en el período histórico (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012c).

Otro estudio importante es “Tortillas en el comal”, que prevé modificaciones en la fisiología de los cultivos y en los rendimientos a causa del cambio climático, según el modelo DSSAT (*Decision Support for Agro-technology Transfer*) bajo el escenario A2. Sus resultados indican probables disminuciones en producción de frijol de 12% hacia 2020 (promedio 2010-2039) y de 19% hacia 2050 (2040-2069). Los departamentos más afectados en 2020 serían Rivas en Nicaragua (-48%), El Paraíso en Honduras (-26%), Cuscatlán en El Salvador (-11%) y El Petén en Guatemala (-13). En cuanto a la producción de maíz, los autores usaron dos escenarios de calidad de suelos; los pobres y los fértiles, cuya diferencia se midió por la disponibilidad y retención de agua. Para estos dos tipos de suelo, estimaron una reducción del cultivo entre 3,9% y 21% en 2020 y de entre 4,3% y 21,4% en 2050, respectivamente. Los departamentos más afectados ese último año serían La Paz en El Salvador (-9%), Retalhuleu en Guatemala (-14%), la región Norte de Honduras (-20%) y Rivas en Nicaragua (-27%) (CIAT, CRS y CIMMYT, 2012).

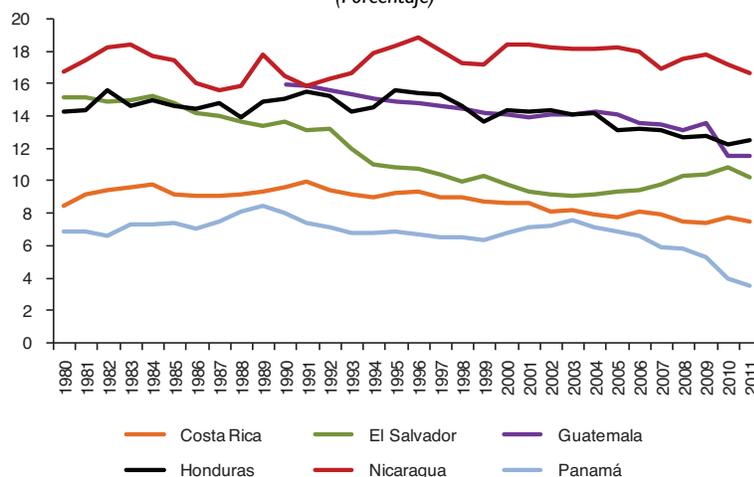
En un estudio reciente, el International Institute for Sustainable Development (IISD) calculó los impactos del cambio climático en el maíz y el frijol en siete municipios de Honduras con un modelo que incluye tipo de suelo. Las proyecciones de precipitación, temperatura y radiación solar hasta 2050 bajo el escenario A2 fueron generadas por el DSSAT con los Modelos de Circulación General CNRM-CM3, CSIRO-Mk3\_5, ECHAM5 y MIROC3.2. Así, para 2025 se estimó una reducción de la precipitación anual de 3% y un aumento de la temperatura de 0,7 °C, variables que provocarían una reducción de 4% de los rendimientos de maíz y de 11% de frijol. Para 2050, el modelo estimó una reducción de 5% de la lluvia y un incremento de 1,6 °C de temperatura, resultando en reducciones de rendimientos de 12% en maíz y de 32% en frijol. En resumen, el estudio sugiere que las zonas con mayores rendimientos de estos cultivos serán las más frías y de mayor altitud, en especial para el frijol (Medeiros y McCandless, 2011).

## 2. AGRICULTURA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EN CENTROAMÉRICA

### EL SECTOR AGROPECUARIO

En las últimas dos décadas, la participación de la actividad agropecuaria de los países centroamericanos en el PIB ha disminuido, con excepción de Nicaragua, mientras que la participación del transporte, comunicaciones e intermediación financiera se ha incrementado. Entre 1990 y 2011, el PIB total de Centroamérica creció a una tasa anual de 4,2%, mientras que el PIB agropecuario creció a una tasa de 2,7% (véase el gráfico 2).

**GRÁFICO 2**  
**CENTROAMÉRICA: PARTICIPACIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO EN EL PRODUCTO INTERNO BRUTO, 1980- 2011.**  
(Porcentaje)



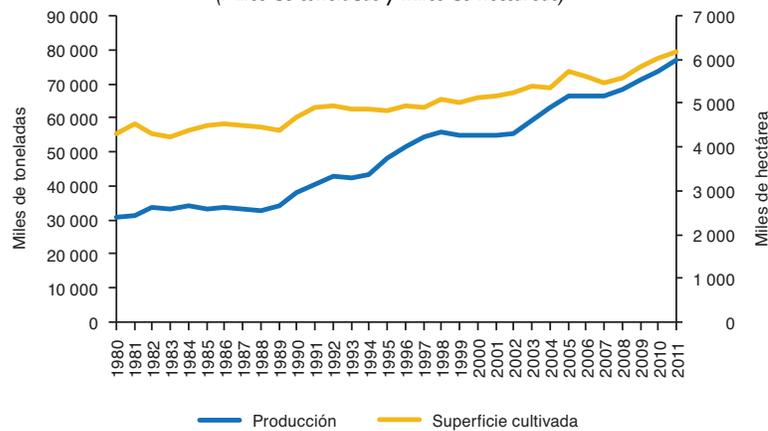
Fuente: elaboración propia con datos de SIAGRO.

Nicaragua es el país donde la actividad agropecuaria tiene mayor peso económico, con 16,7% del PIB total en 2011. Lo anterior está relacionado con el incremento de productos destinados a la exportación como los granos básicos, carne, leche, papas y tubérculos (Núñez, 2012). El Salvador, Guatemala y Honduras, donde el sector agropecuario ha sido tradicionalmente importante, han visto disminuir la participación de éste en el PIB total en los últimos 20 años. Entre 1991 y 2011, el sector agropecuario de El Salvador pasó de representar 14% a 10,3% del PIB nacional; el de Guatemala pasó de 14% a 11,6% y el de Honduras se redujo de 15,1% a 12,4%. La participación del sector agropecuario en Belice y Costa Rica fue 8,1% y 7,5% en 2011, respectivamente. Panamá es el país con la menor participación de la actividad agropecuaria en la economía con menos de 5% del PIB en 2011, en contraste con la creciente importancia del sector financiero y las actividades relacionadas con el canal de Panamá. El decremento de la participación de la actividad agropecuaria en el PIB puede deberse a diversos factores como inestabilidad de precios de los productos de exportación, caída de la producción y de rendimientos en algunos cultivos y cambios a otros cultivos, conversión de las economías a otras actividades e inversión extranjera en otros sectores.

No obstante, el sector agropecuario se mantiene entre los principales de la región, y entre 2001 y 2011 su PIB ha crecido a una tasa anual de 3,1 en Costa Rica, 3,9% en El Salvador, 4,4% en Guatemala, 3,2% en Honduras, 4,9 en Nicaragua y 0,6 en Panamá.

Pese a los retos del sector, la producción total de los cultivos primarios de la región han crecido (véase el gráfico 3). Entre 1980 y 2011, la producción se incrementó de 31 millones de toneladas a 77 millones de toneladas. Sin embargo, la superficie sembrada no creció en la misma proporción, de 4 millones de hectáreas a 6 millones de hectáreas. Así, el incremento de la producción indica mejora de los rendimientos o conversión a cultivos con mayor producción por hectárea, entre otras cosas. De acuerdo con datos de la FAO, los productos con mayor crecimiento en el período fueron la caña de azúcar, banana, maíz, melón, papaya, nuez, palma de aceite, piña y zanahoria.

**GRÁFICO 3**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN Y SUPERFICIE COSECHADA DE CULTIVOS PRIMARIOS, 1980- 2011.**  
(Miles de toneladas y miles de hectáreas)



Fuente: FAO, 2013.

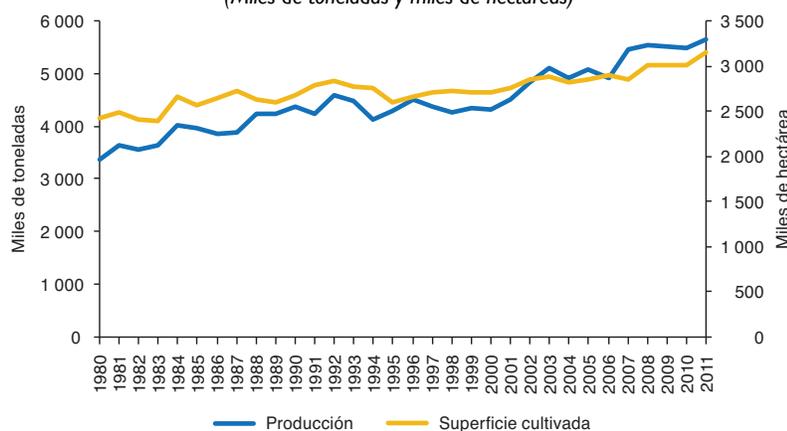
Datos de la misma FAO indican que Centroamérica contribuyó con 0,4% de la producción mundial de maíz, 2% de la producción de frijol y 0,2% de la producción de arroz en 2011. Es importante considerar que gran parte de la producción de granos básicos está en manos de pequeños productores que destinan por lo menos parte de su cosecha al autoconsumo y, en algunos casos, colocan excedentes en el mercado doméstico. Esta situación subraya la importancia del desarrollo de la producción de los granos básicos.

En el gráfico 4 se ilustra la tendencia de la producción y la superficie cosechada de maíz, frijol, arroz, sorgo y trigo con datos del sistema SIAGRO de CEPAL. Se observa que la producción creció aproximadamente un millón de toneladas, mientras que la superficie lo hizo en 200.000 hectáreas entre 1980 y 1990. Entre 1990 y 2000, la producción de los granos básicos se estabilizó en alrededor de 4,3 millones de toneladas, mientras que la superficie cosechada fue alrededor de 2,7 millones de hectáreas. A partir de 2000, la producción de granos básicos se reactivó, alcanzando un máximo de 5,7 millones de toneladas en 2011, mientras que la superficie cosechada alcanzó los 3 millones de hectáreas.

La participación de los granos básicos, maíz, frijol y arroz, dentro del valor de la producción agropecuaria varía entre países, y en algunos casos ha disminuido. En 2011, los granos básicos de Guatemala representaron 18,5% del PIB agropecuario, los de El Salvador 17,7%, Nicaragua 16,4, Honduras 9,6%, Panamá 7,4 y Costa Rica 2,8% (SIAGRO, 2013). Estos tres granos son componentes básicos de la dieta humana y forman parte del conjunto de cereales y leguminosas de los grandes grupos nutritivos por su aportación de carbohidratos, proteínas, minerales, vitaminas y otros

nutrientes. En 2009 el maíz, el frijol y el arroz aportaban aproximadamente el 25% de la energía alimenticia por persona en el mundo; el arroz aporta el 19% debido a su consumo en muchos países asiáticos. En Centroamérica estos granos básicos aportan el 37% de la energía alimenticia por persona, siendo el maíz el de mayor peso con el 31% (FAOSTAT, 2013).

**GRÁFICO 4**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN Y SUPERFICIE COSECHADA DE GRANOS BÁSICOS, 1980- 2011.**  
(Miles de toneladas y miles de hectáreas)

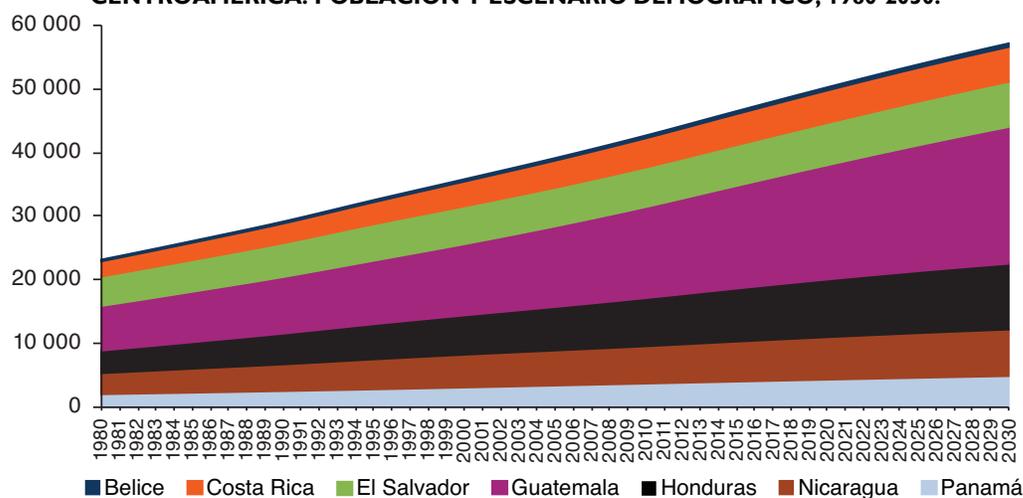


Fuente: CEPALSTAT, 2013.

Nota: Incluye arroz, frijol, maíz, sorgo y trigo.

El crecimiento poblacional es el mayor factor de presión sobre la demanda de alimentos, sobre todo estos tres granos básicos. La población de Centroamérica alcanzó los 29 millones de habitantes en 1990; en 2000 había 35,7 millones y en 2010 había 42,6 millones. En el gráfico 5 se muestra la tendencia proyectada por CELADE a 2030, cuando habría aproximadamente 57 millones de personas, lo que significará una mayor presión sobre la producción de alimentos, o la necesidad de incrementar las importaciones a una tasa semejante al crecimiento de la población. (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

**GRÁFICO 5**  
**CENTROAMÉRICA: POBLACIÓN Y ESCENARIO DEMOGRÁFICO, 1980-2030.**

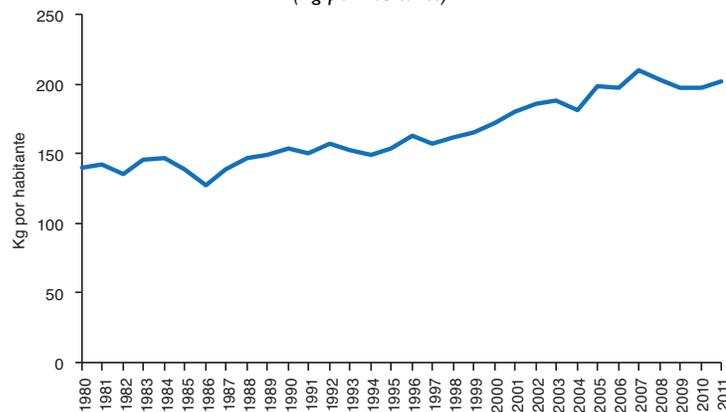


Fuente: Elaboración propia con datos de CELADE

Dentro del sector, los agricultores de subsistencia representan casi 60% de los productores de la región.<sup>3</sup> Estos pequeños productores poseen sólo 6,5% de la superficie cultivada, cuya mayor parte es de bajo rendimiento, sin mayor uso de tecnología comercial ni riego (Ramírez y otros, 2010). Sus condiciones de vida explican, en parte, la migración hacia las ciudades con la consecuente prevalencia de la población urbana sobre la rural y de las migraciones extrarregionales, principalmente hacia los Estados Unidos.

El consumo per cápita de granos básicos se ha incrementado en Centroamérica debido al aumento de la superficie cosechada, de la producción, los rendimientos y de las importaciones. El incremento de las importaciones se disparó hacia finales de los años noventa. Entre 1980 y 1986, período de conflictos armados en varios países, hubo un leve descenso del consumo de los tres granos básicos, de 140 kg por persona a 128 kg por persona al año. En 2007 se alcanzó un máximo de 210 kg por persona al año. En los años subsiguientes el consumo se ha estabilizado en alrededor de 200 kg por habitante (véase el gráfico 6).

**GRÁFICO 6**  
**CENTROAMÉRICA: CONSUMO APARENTE PERCAPITA DE LOS GRANOS BÁSICOS, 1980-2011.**  
(Kg por habitante)



Fuente: CEPAL- SIAGRO, CELADE, 2013, SIECA, 2013.

## SEGURIDAD ALIMENTARIA

Se considera que hay Seguridad Alimentaria (SA) plena cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico en todo momento a cantidades suficientes de alimentos inocuos y nutritivos, que satisfacen sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y saludable en una forma continua y sostenible (FAO, 2008). Un indicador de la brecha existente para lograr la SA es la prevalencia de la subnutrición formulado por la FAO<sup>4</sup>, y en el cual se integra la información de encuestas de hogares con datos macro de producción y comercio además de balances alimentarios elaborados por la propia FAO. En “El Estado de la Inseguridad alimentaria en el mundo 2013” se aclara que el indicador se refiere al acceso de alimentos y es una medida de la posible prevalencia de carencia de alimentos para toda la población de un país en un año y no para diferentes grupos de población (FAO, FIDA y PMA, 2013). Este indicador es utilizado por los Objetivos de Desarrollo del Milenio en su Meta 1, Objetivo 1.9 porque representa el número de personas hambrientas en el mundo, que sigue siendo muy elevado. La gran mayoría de las personas malnutridas vive en países en desarrollo, alrededor de 850 millones, poco menos de 15% de la población mundial (FAO, FIDA y PMA, 2012). En Centroamérica, el rango de prevalencia de

<sup>3</sup> Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales de los Censos Agropecuarios de Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. El Salvador MAGA/OPA, Estudio Nacional del Sector Agropecuario, Encuesta sobre Uso y Tenencia de la Tierra.

<sup>4</sup> La prevalencia de subnutrición expresa la probabilidad de que un individuo de la población elegido aleatoriamente consuma una cantidad de calorías que es insuficiente para cubrir sus requerimientos de energía para llevar una vida sana y realizar una actividad física.

subnutrición varía entre el 7% y el 30% de la población. Guatemala y Nicaragua tienen la mayor proporción de población en riesgo de tal condición. Algunos países han logrado disminuir estos porcentajes en las últimas décadas. Entre 1990-92 y 2010-12, la proporción de la población de Nicaragua con riesgo de tener un consumo alimenticio inferior a sus necesidades mínimas pasó de 55% a 22%. En Panamá también disminuyó, de 23% en 1990-92 a 10% en 2010-12. En Guatemala el estimado se incrementó de 17% a 30% en el mismo período<sup>5</sup> (véase el cuadro 1).

**CUADRO 1**  
**CENTROAMÉRICA: PREVALENCIA DE LA SUBNUTRICIÓN, 1990-2012**  
(Porcentaje)

	1990-92	1995-97	2000-02	2005-07	2006-08	2007-09	2008-10	2009-11	2010-12
Belice	9,6	9,9	8,1	6,6	7,2	7,6	7,9	7,5	6,8
Costa Rica	< 5	5,4	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5,1	7,3
El Salvador	15,3	14,3	8,9	10,8	10,9	11,2	11,4	11,7	11,8
Guatemala	16,9	23,6	25,4	30,4	30,6	30,5	29,5	29,4	29,8
Honduras	22,0	18,6	16,6	14,5	13,5	12,8	11,7	10,8	9,6
Nicaragua	55,1	43,9	31,2	25,5	24,8	23,8	23,1	21,4	21,8
Panamá	23,3	26,0	25,0	17,6	14,9	12,8	12,0	11,3	10,0

Fuente: FAO: Base de datos en línea: Estadísticas sobre Seguridad Alimentaria.

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

Para Salcedo Baca (2005) “la seguridad alimentaria consta de cuatro componentes: disponibilidad, acceso, uso y estabilidad, los que se interrelacionan en un proceso dinámico y descansan sobre una base institucional que determina su desempeño en gran medida”. Para cada componente se pueden identificar diversos factores que influyen en su desempeño, los cuales constituyen áreas potenciales de intervenciones de política. A continuación se describen cada uno de ellos:

- La disponibilidad es fundamentalmente productiva y debe garantizar suficientes alimentos de manera oportuna, ya sea producidos internamente, importados o abastecidos por ayuda alimentaria.
- El acceso puede ser limitado por bajos niveles de ingreso, inequidad y marginación. La intervención gubernamental debe buscar mejorar la inclusión social y económica de los más pobres y garantizar el derecho a la alimentación de todos los habitantes en situación de vulnerabilidad.
- La estabilidad es un factor clave, considerando que la disponibilidad de alimentos puede ser afectada por eventos climáticos o por plagas y enfermedades, mientras que el acceso puede verse en riesgo por cambios en los precios e inestabilidad macroeconómica, guerras o situaciones de inseguridad, disturbios sociales y políticos.
- La institucionalidad debe garantizar los adecuados arreglos institucionales y la adopción de una visión integral y multisectorial de los programas y proyectos de SA.

**RECUADRO 2**  
**INDICADORES DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA**

Durante la preparación de este análisis se identificó una serie de indicadores que miden las diferentes componentes de la seguridad alimentaria y que cuentan con información disponible en las bases de datos de los países y de diversas iniciativas regionales.

(continúa)

<sup>5</sup> De acuerdo al Sistema de Indicadores Nacionales de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SIINSAN) de Guatemala la prevalencia de desnutrición crónica de menores de 5 años va desde 82,2% en Totonicapán hasta 25,3% en El Progreso en el año 2008.

(continuación Recuadro 2)

#### Indicadores de disponibilidad:

- Requerimiento energético y proteico per cápita,
- Producción nacional de granos básicos,
- Rendimientos de cultivos alimentarios,
- Necesidades de importación de granos básicos,
- Índice de producción de alimentos,
- Porcentaje del gasto público destinado a la agricultura y al desarrollo rural,
- Porcentaje del gasto público destinado a la investigación y extensión agrícolas.

#### Indicadores de acceso:

- Costo de la canasta básica alimentaria (CBA),
- Niveles de educación: porcentajes de deserción escolar básica, de deserción secundaria y de población con nivel universitario,
- Ingreso per cápita,
- Distribución del ingreso,
- Porcentaje del ingreso destinado a alimentos,
- Índice de precios al consumidor y de precios de alimentos,
- Salario mínimo,
- Entre otros.

#### Indicadores de consumo o uso:

- Cantidad de alimentos consumidos en gramos por persona por día,
- Aporte de los alimentos de la dieta al valor energético total (VET: carbohidratos, proteína, grasa, energía),
- Entre otros.

#### Indicadores de utilización biológica:

- Porcentaje de la población con cobertura de salud,
- Prevalencia de diarrea e IRAS en niños menores de 6 años,
- Porcentaje de la población infantil desnutrida,
- Prevalencia de anemia,
- Prevalencia de subnutrición,
- Prevalencia de enfermedades transmitidas por alimentos,
- Índice de masa corporal en adultos,
- Prevalencia e incidencia de deficiencia de vitamina A,
- Entre otros.

#### Fuentes:

Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC) de El Salvador.

Sistema Nacional de Información en Seguridad Alimentaria y Nutricional (SINSAN) de Costa Rica.

Sistema de Indicadores Nacionales de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SIINSAN), Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN) de Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística de Honduras.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), Nicaragua.

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), Contraloría General de la Republica. Panamá.

Sistema Integrado de Información Regional en Seguridad Alimentaria y Nutricional (SIRSAN)/ Observatorio Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (OBSAN-R), PRESANCA II y PRESISAN, SICA-Unión Europea.

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

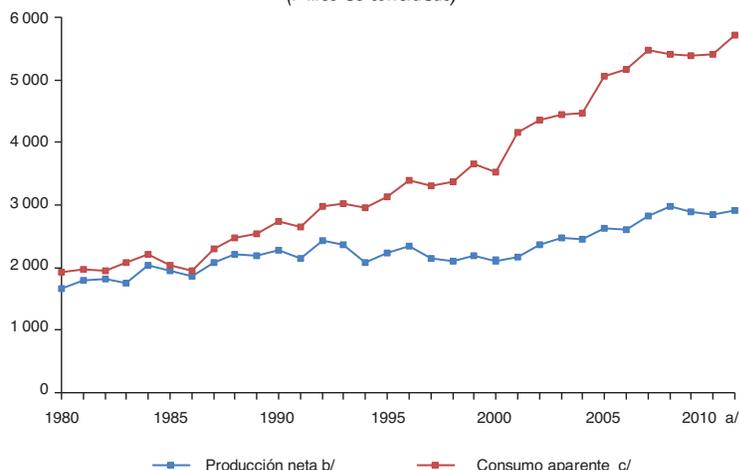
CEPALSTAT, incluyendo SIAGRO de CEPAL.

Según el reporte “El Estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2012” (FAO, FIDA y PMA, 2012), la capacidad de hacer frente a las recesiones económicas o al incremento de precios en distintas regiones del mundo depende de la capacidad de los productores de aprovechar los aumentos de los precios para generar mayor oferta. Esta capacidad puede ser limitada por la infraestructura de los mercados, los niveles tecnológicos y la dotación de recursos naturales. Por ello se necesitan esfuerzos adicionales dirigidos por los países, y con un enfoque regional, puesto que ciertas zonas comparten características de producción, económicas y sociales, y con el pleno apoyo de la comunidad internacional (FAO, FIDA y PMA, 2012).

Con respecto a la disponibilidad, en 2011 se produjeron 3,6 millones de toneladas de maíz, 1,2 millones de toneladas de arroz y 509.000 toneladas de frijol en Centroamérica (FAOSTAT, 2013; SIAGRO, 2013). En la última década la tasa de crecimiento anual de la producción de maíz y frijol fue de 3% y de arroz 2%. El mayor productor de maíz es Guatemala, con aproximadamente 1,7 millones de toneladas al año, 46% de la producción total de Centroamérica. El Salvador produjo 755.000 toneladas (21% del total), Honduras 612.000 toneladas, Nicaragua 486.000 toneladas, Panamá 103.000 toneladas y Costa Rica 19.000 toneladas. Los mayores productores de frijol fueron Guatemala, con 216.000 toneladas al año y Nicaragua con 186.000 toneladas; estos dos países produjeron alrededor de 70% del total de la región en 2011. Los mayores productores de arroz fueron Nicaragua con 416.000 toneladas, Costa Rica con 283.000 toneladas y Panamá con 275.000 toneladas.

No obstante, la producción regional ha sido insuficiente para cubrir la demanda de consumo interno, especialmente de maíz y arroz. Por ejemplo, el consumo aparente de maíz ha mostrado mayor crecimiento que la producción neta. En la última década, el consumo creció a una tasa promedio anual de 4,5% y la producción neta a una tasa de 3%. En este caso, hay que anotar que los registros de importaciones incluyen tanto el maíz blanco de consumo humano como el amarillo, principalmente para consumo pecuario y que representa aproximadamente el 88% del total de las importaciones (véase el gráfico 7). Es importante observar que el consumo aparente no es una medición del consumo requerido para evitar la subnutrición, lo cual es mayor en países con población que sufre de esta condición.

**GRÁFICO 7**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN NETA Y CONSUMO APARENTE DE MAÍZ, 1980-2011**  
(Miles de toneladas)



Fuente: CEPAL/ SIAGRO.

a/ Cifras preliminares.

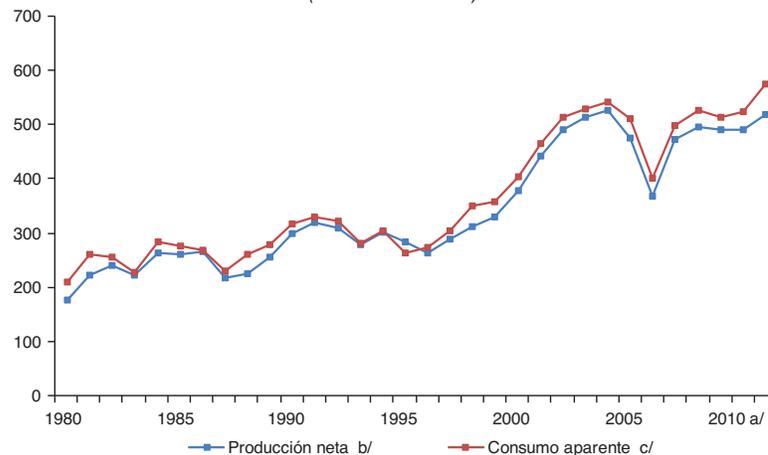
b/ Producción menos pérdidas postcosecha, estimadas en un 20% de la producción.

c/ Producción neta más importaciones menos exportaciones.

La producción neta y el consumo aparente de frijol han seguido la misma trayectoria en las últimas tres décadas, ambas con una tendencia creciente de 3,25% anual. Cuando la producción es insuficiente para cubrir las necesidades, se recurre a las importaciones, principalmente de otros países centroamericanos (véase el gráfico 8).

El consumo aparente de arroz se ha incrementado, sobre todo a partir de la década de los noventa, mientras que la producción y la superficie cosechada se han mantenido estancadas (véase el gráfico 9).

**GRÁFICO 8**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN NETA Y CONSUMO APARENTE DE FRIJOL, 1980-2011**  
(Miles de toneladas)



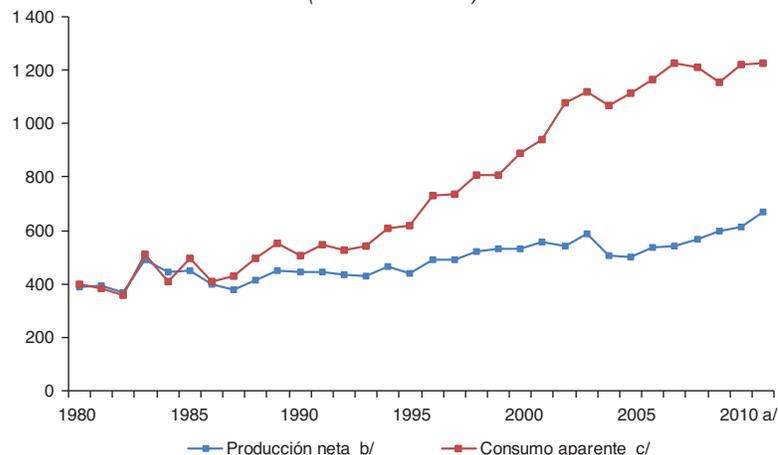
Fuente: CEPAL/SIAGRO.

a/ Cifras preliminares.

b/ Producción menos pérdidas postcosecha, estimadas en un 10% de la producción.

c/ Producción neta más importaciones menos exportaciones.

**GRÁFICO 9**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN NETA Y CONSUMO APARENTE DE ARROZ, 1980-2011**  
(Miles de toneladas)



Fuente: CEPAL/SIAGRO.

a/ Cifras preliminares.

b/ Producción menos pérdidas postcosecha, estimadas en un 5% de la producción.

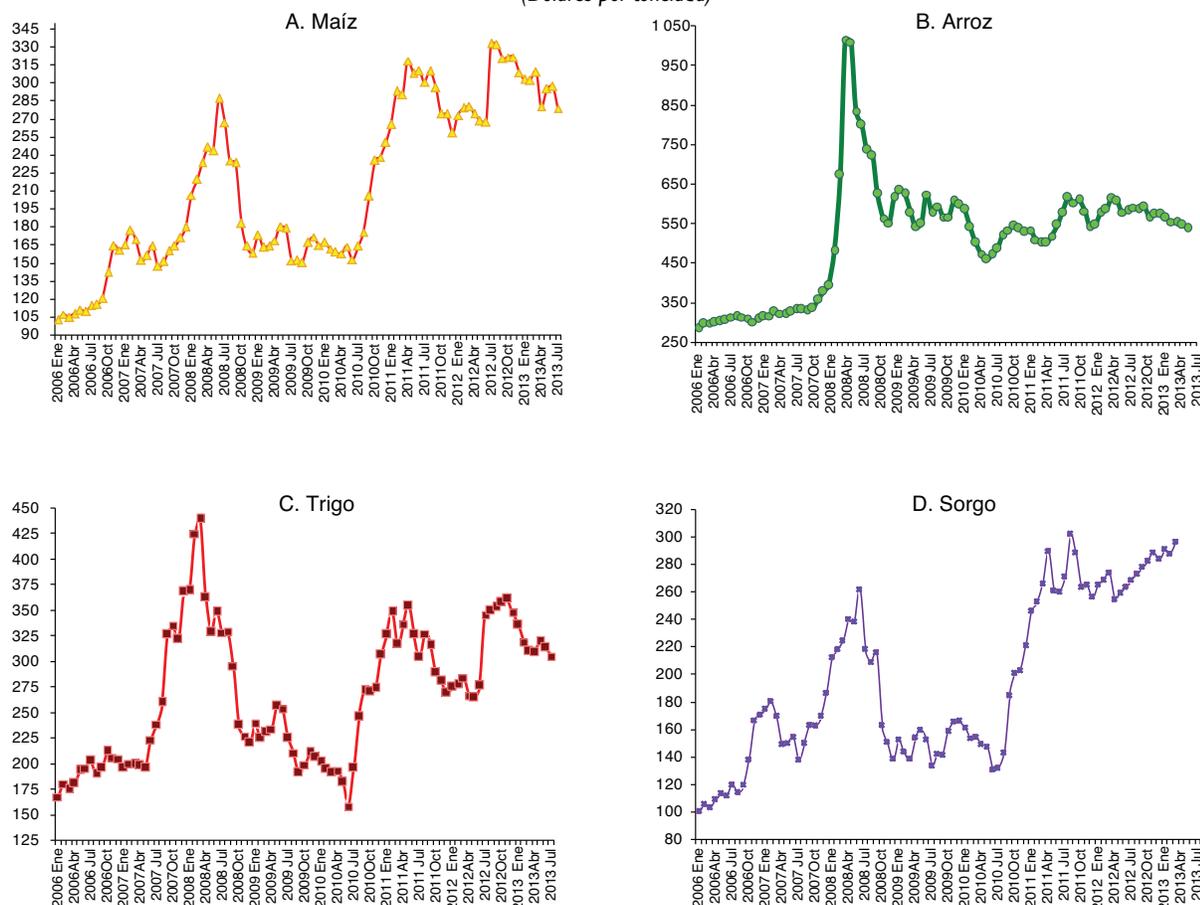
c/ Producción neta más importaciones menos exportaciones.

Con respecto al acceso, la inflación promedio de alimentos fue de entre 3% y 10% en los países de Centroamérica en el período 1995-2012, superior a la inflación general de los países, con excepción de Honduras. Los países con mayor inflación en alimentos en el período fueron Honduras, Nicaragua y

Costa Rica. El índice de precios de los alimentos fue menor en El Salvador, Panamá y Guatemala (CEPALSTAT, 2013). Estas tasas de inflación tienen consecuencias negativas para el acceso a los alimentos y la seguridad alimentaria, especialmente de la población de bajos ingresos. La mayor inflación de precios de alimentos se debe a la mayor dependencia de las importaciones y a la tendencia alcista de los precios internacionales, factores parcialmente relacionados con reducciones de oferta por malas condiciones climáticas que afectaron la producción en los países que exportan a la región.

En el gráfico 10 se muestran las fluctuaciones de los precios internacionales de maíz, arroz, trigo y sorgo entre 2006 y mediados de 2013. Se observa el incremento acelerado de precios a principios de 2008 y su decremento posterior el mismo año. Los precios volvieron a subir en 2010, con excepción del arroz. El nuevo rango dentro del cual fluctúan los precios es superior al de antes de enero de 2008.

**GRÁFICO 10**  
**PRECIOS INTERNACIONALES DE LOS GRANOS BÁSICOS, POR MES, 2006-2013**  
(Dólares por tonelada)



Fuente: Fondo Monetario Internacional (FMI), Estadísticas Financieras Internacionales: maíz (Estados Unidos no. 2 Yellow, FOB Puertos del Golfo), arroz (Thailandia-Bangkok), trigo (Estados Unidos no. 1 Hard Red Winter, FOB, Puertos del Golfo) y sorgo (Estados Unidos, Puertos del Golfo).

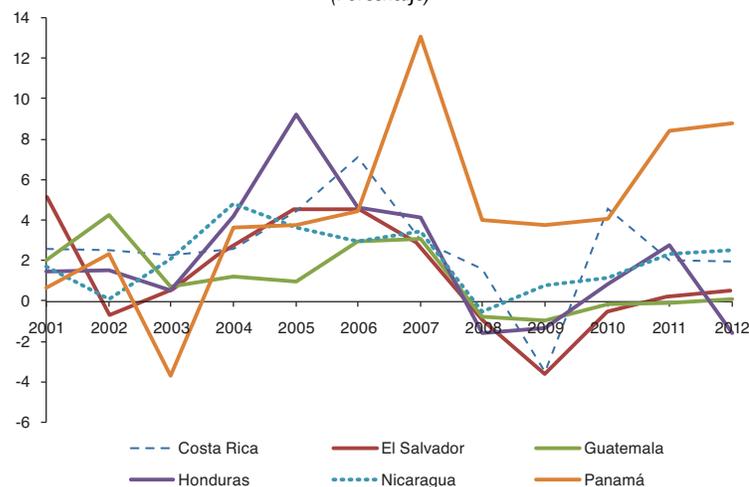
A estas tendencias se suman la pobreza y la desigualdad como barreras para acceder a los granos básicos. Para 2008, alrededor de la mitad de la población de Centroamérica vivía en pobreza y una cuarta parte en pobreza extrema. El índice de desigualdad de Gini es relativamente alto: 0,57 en 2008, con variaciones entre los países. A pesar de los esfuerzos de los últimos 20 años, la pobreza y la desigualdad no se han reducido en forma significativa (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). Otro indicador de acceso es la evolución de la capacidad adquisitiva de los ingresos. Una forma

de medirla es comparando la tasa de crecimiento del ingreso nacional disponible por habitante con la tasa de crecimiento del índice de precios de los alimentos y bebidas (véanse los gráficos 11 y 12).

Entre 2001 y 2012 empezó a presentarse cierta heterogeneidad de la tasa de crecimiento del ingreso por habitante entre los países, unos con tasas superiores a 3% y otros con tasas aun mayores, con variaciones en el tiempo. La tasa de crecimiento de los precios de los alimentos, como quedó dicho, se mantuvo al alza en todos los países hasta la crisis internacional de 2008. La tasa de crecimiento del ingreso por habitante de Costa Rica fue alrededor de 3%, con excepción de 2009, pero los precios de los alimentos crecieron a tasas superiores a 10% hasta 2008, mientras que en el resto del período crecieron alrededor de 5% (véanse los gráficos 11 y 12). Así, el crecimiento de los precios de los alimentos fue superior al crecimiento del ingreso por habitante y el ingreso de Costa Rica perdió el 60% de su poder adquisitivo en alimentos en el período 2000-2012. En El Salvador la evolución del ingreso por habitante tuvo crecimiento positivo en 2001 y en 2003-2007, con un promedio de 3,7%, mientras que los precios de alimentos y bebidas aumentaron cada año (salvo en 2009), si bien su crecimiento fue el menor en la región. En resumen, el poder adquisitivo de alimentos en El Salvador cayó 23% en el período 2000-2012. En Guatemala el ingreso por habitante creció aproximadamente 2% anual hasta 2007; a partir de entonces ha sido negativo o nulo, mientras la tasa de crecimiento de los precios de los alimentos fue de 10% anual, con una caída en 2009, por lo que el ingreso por habitante perdió 61% de su poder adquisitivo de alimentos.

En Honduras la evolución del ingreso por habitante fue positiva hasta 2007, llegando a 8% en 2005, pero con tasas negativas en 2008, 2009 y 2012. Los precios de los alimentos llegaron a crecer cerca de 15% en 2008 y alrededor de 5% los últimos tres años. El poder adquisitivo de alimentos del ingreso por habitante del país se redujo 39% en el período considerado. En Nicaragua el ingreso disponible creció 2% anual, mientras que los precios de los alimentos crecieron a una tasa de 10%; así el ingreso por habitante perdió 58% de su poder adquisitivo de alimentos. En Panamá el ingreso disponible per cápita creció 4,5% anual durante el período, mientras que los precios de los alimentos crecieron 4,6% anual. Así, Panamá fue el país que perdió menos poder adquisitivo de alimentos, alrededor de 1%.

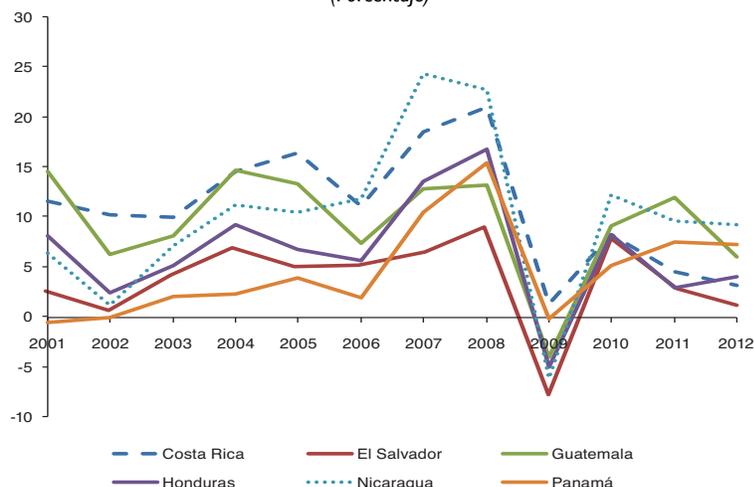
**GRÁFICO 11**  
**CENTROAMÉRICA: TASA DE CRECIMIENTO DEL INGRESO NACIONAL DISPONIBLE POR HABITANTE,**  
**2001-2012**  
(Porcentaje)



Fuente: CEPALSTAT, 2013.

Nota: No hay información disponible de Belice.

**GRÁFICO 12**  
**CENTROAMÉRICA: TASA DE CRECIMIENTO DE LOS PRECIOS AL CONSUMIDOR DE ALIMENTOS Y BEBIDAS,**  
**2001-2012**  
 (Porcentaje)

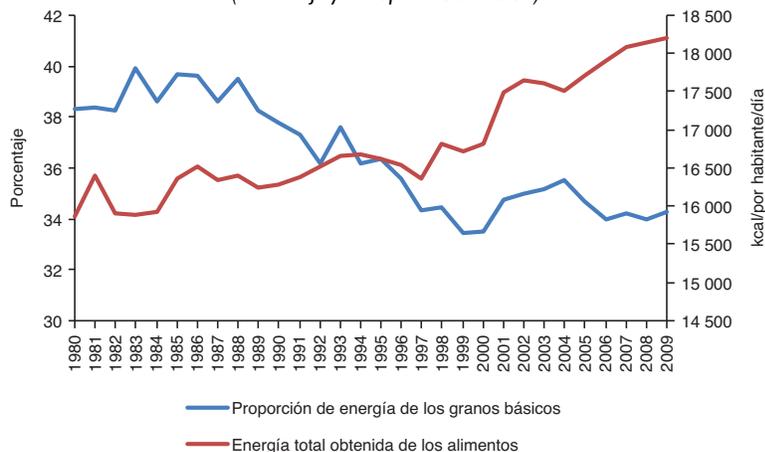


Fuente: CEPALSTAT, 2013.

Nota: No hay información disponible de Belice.

Como quedó dicho, los granos básicos son la principal fuente de energía de los habitantes centroamericanos y aportan proteínas de origen vegetal, especialmente por la tradición de consumir arroz o maíz combinados con frijol. Es notable que el sistema alimentario de la región se caracterice por un importante nivel de autoconsumo de los pequeños productores de granos básicos. En el cuadro 2 se presenta el aporte de los granos básicos a los requerimientos de energía en cada uno de los países. Estos tres granos aportan 34% de la energía dietética en la región en 2009, aunque en 1983 aportaban 40%. La disminución ocurrió en los años noventa, cuando cayó la producción y en consecuencia el consumo. Entre 2000 y 2009, el aporte de los granos básicos se recuperó por el aumento de la producción y de las importaciones y el consumo energético total aumentó con la incorporación de otros alimentos a la dieta (véase el gráfico 13).

**GRÁFICO 13**  
**CENTROAMÉRICA. PROPORCIÓN QUE APORTARON LOS GRANOS BÁSICOS AL SUMINISTRO DE ENERGÍA**  
**DE LOS ALIMENTOS, 1980-2009**  
 (Porcentaje y Kcal/por habitante/día)



Fuente: FAOSTAT, 2013.

Por tipo de granos, el maíz aportó más de 25% de la energía alimenticia en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua en 2009, mientras que en Belice, Costa Rica y Panamá aportó 9%, 3% y 6%, respectivamente, proporciones elevadas para un solo alimento. El frijol aportó 9% del

consumo de energía en Nicaragua, mientras que en los demás países no pasó de 5%; en Panamá aportó 1%. El arroz es el alimento que contribuye más al consumo energético en Panamá, Nicaragua, Costa Rica y Belice con 24%, 16%, 16% y 12% respectivamente. En total, estos tres granos aportan 50% de la energía alimenticia en Nicaragua, 41% en Guatemala y 36% en El Salvador y Honduras (véase cuadro 2).

**CUADRO 2**  
**CENTROAMÉRICA. PROPORCIÓN QUE APORTARON LOS GRANOS BÁSICOS AL SUMINISTRO DE ENERGÍA DE LOS ALIMENTOS POR PAÍS, 2009**

(Porcentaje)

	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Centroamérica
Arroz	12	16	4	2	6	16	24	11
Frijol	2	3	5	3	3	9	1	4
Maíz	9	3	27	36	27	25	6	19
Total	23	22	36	41	36	50	31	34

Fuente: FAOSTAT, 2013.

En cuanto al consumo de proteínas, el frijol suministra la mayor cantidad con 21,8 gramos (gr) por persona al día, el arroz 6,8 gr y el maíz 9,4 gr. Al analizar el aporte de diferentes fuentes de proteína consumida por persona al día en 2009, el maíz suministraba 12,4 gr de proteínas, el frijol 6,3 gr y el arroz 6,0 gr. Los países con mayor ingesta de proteína por consumo de maíz son El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua con 17,8 gr, 21,1 gr, 19,2 gr y 16,6 gr de proteína por persona al día, respectivamente. Los países con gran consumo de proteína por consumo de frijol son El Salvador y Nicaragua con 9,2 gr y 14,1 gr de proteína por persona al día. El mayor consumo de proteína por arroz ocurre en Belice, Costa Rica, Nicaragua y Panamá con 6,2 gr, 9,1 gr, 8,0 gr y 12,4 gr de proteínas por persona al día, respectivamente. Lo anterior ilustra la importancia de los granos básicos en la alimentación de la población de la región (FAOSTAT, 2013).

El maíz es uno de los cultivos más importantes de Centroamérica. Absorbe la mayor superficie sembrada, representa el mayor volumen de producción y aporta un alto porcentaje de la ingesta calórica, especialmente para los productores de autoconsumo. El sistema de producción de maíz predominante es el de relevo, combinado con frijol, sorgo y ajonjolí, facilitado por el régimen de lluvias bimodal. Guatemala es el mayor productor de maíz en la región con más de 1.660.000 toneladas en 2011. La región ha incrementado las exportaciones de maíz en las últimas décadas, principalmente Nicaragua, y depende poco de la importación de maíz blanco, la cual alcanza aproximadamente el 10% de lo producido en un año (Red SICTA, IICA y COSUDE, 2009). En cuanto al frijol, Guatemala es el principal productor con más de 200.000 toneladas en 2011, Nicaragua es el segundo con fuerte crecimiento de la producción. Para el caso del arroz, los principales productores son Costa Rica, Nicaragua y Panamá. Nicaragua es el país con mayor aumento de la producción de los tres granos básicos en el período 1980-2011.

## 3. GRANOS BÁSICOS

### MAÍZ

#### CARACTERIZACIÓN

El maíz es una planta de la familia Poaceae (Gramineae) originaria de Mesoamérica (González, 1984); actualmente es cultivada en regiones tropicales, subtropicales y templadas (Doorenbos y Kassam, 1979). Las etapas de crecimiento son las siguientes: crecimiento de las plántulas (del día 0 al día 9), crecimiento vegetativo (del día 10 al día 54), floración y fecundación (del día 55 al día 70) y llenado de grano y madurez (del día 71 al día 112) (CIMMYT, 2013). Es un cultivo de crecimiento rápido que rinde más con temperaturas moderadas que van de los 24 °C a los 30 °C. Más allá de este umbral, el rendimiento decrece. Los mayores rendimientos se obtienen con luz de 11 horas a 14 horas por día. En algunas regiones de Costa Rica se ha determinado que la cantidad de agua durante el crecimiento no debe ser menor a 300 mm; la cantidad óptima de lluvia es de 550 mm y la máxima de 1.000 mm. La cosecha se debe realizar cuando el maíz está seco ya que la humedad impide su conservación. Los suelos más propicios para su cultivo son los de textura media, fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua. Los suelos menos favorables son los arenosos y los arcillosos (Red SICTA, IICA y COSUDE, 2009). Así, la cantidad de maíz producida depende del sistema de producción, tipo de suelo y su preparación, control de plagas, además del clima.

Como quedó dicho, en Centroamérica predomina la producción de maíz con el sistema de relevo, combinado con frijol y otros cultivos. En Guatemala dos terceras partes de la superficie total cosechada de maíz es de monocultivo y el resto es asociado o intercalado (INE, 2004). La mayoría de los productores cultiva para su autoconsumo y de sus animales, utilizando tecnología tradicional y semitecnificada, con grano propio como semilla. Mientras que en El Salvador es más común utilizar tecnología comercial y semilla mejorada. Otra característica de los pequeños productores es que la mayoría de ellos cultivan en suelos no aptos y tierras de laderas, generalmente más frágiles y expuestas a la degradación (Red SICTA, IICA y COSUDE, 2009).

En Costa Rica se practican diversas formas de preparación del suelo, dependiendo de la región: chapea y quema, labranza de conservación y laboreo de tracción mecánica, entre otros. En El Salvador se practican dos: mecanizada, que consiste en dos pasos de rastra de 15 cm a 20 cm y labranza mínima para terrenos inclinados o con buen drenaje. En Honduras se practican dos formas: convencional o laboreo del suelo de la siembra anterior con maquinaria que corta e invierte total o parcialmente los primeros 15 cm de suelo, y la labranza de conservación de suelo y agua o mínima labranza. La mayoría de los pequeños productores de Belice utilizan el sistema de “milpa”, que consiste en la elección y desmonte del terreno, el cerco, la quema, la siembra en mayo y junio y la cosecha en octubre y noviembre; después de la cosecha se siembra frijol, que se cosecha en febrero y marzo (IICA, 2007). El resto de los productores de Belice tiene dos períodos de siembra de maíz: el primero de junio a julio y el segundo de noviembre a diciembre (IICA, 2009b).

En Costa Rica hay dos épocas de siembra de maíz, según el patrón de lluvias, el cual varía entre regiones. La siembra de primera en una parte de las provincias de Puntarenas y San José es en abril y mayo; en Guanacaste es en mayo y junio, en Alajuela, Cartago y en el resto de Puntarenas y San José en mayo, y en la provincia de Limón en enero y febrero (Bonilla, 2008). En la segunda siembra o postrera, los meses son septiembre y octubre en parte de las provincias de Puntarenas y San José; octubre y noviembre en Alajuela; agosto en Guanacaste, Cartago y en el resto de Puntarenas; en San José y en la provincia de Limón es en julio o agosto (Bonilla, 2008). En El Salvador también hay dos épocas de siembra. La primera en mayo y junio y la postrera en agosto (Banco ProCredit, 2012). En el trópico seco de Guatemala la primera se da en mayo y junio y la postrera en septiembre, mientras que en el altiplano se ejecutan entre marzo y abril y entre abril y mayo (Red SICTA, IICA y COSUDE, 2009).

En Honduras también hay dos épocas de siembra, condicionadas a los períodos de lluvia de cada región. La primera siembra se da entre mayo y julio, cuando la lluvia es más abundante y los días con luz son más largos, resultando ser la época de mayor producción. En la zona sur la siembra de postrera es entre agosto y septiembre; en el occidente y el departamento de Olancho es en octubre y noviembre; y en la costa norte puede retrasarse hasta la primera quincena de diciembre (SAG, s/a). En Nicaragua el maíz se siembra en tres temporadas: la primera entre mayo y junio, cuya producción normalmente representa el 69% del total nacional anual, la segunda o postrera, que inicia entre agosto y septiembre, y la de apante en noviembre y diciembre (Red SICTA, IICA y COSUDE, 2009). En Panamá la primera siembra se realiza en abril y mayo, una vez que la lluvia se ha estabilizado en Chiriquí, Darién y Veraguas; la segunda siembra o postrera se da entre agosto y septiembre. En las zonas de Herrera y los Santos se recomienda sembrar entre agosto y septiembre (IDIAP, 2001).

## PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO EN CENTROAMÉRICA

De acuerdo con datos de la FAO, en 2011 se produjeron 883.5 millones de toneladas de maíz en el mundo, la mitad de las cuales fue producida en el continente americano y 0,4% en Centroamérica. La producción mundial de maíz ha crecido desde 1980. En el período 1980-1995 creció 1,8% como promedio anual, acelerándose a 3,4% anual entre 1995 y 2010. En el continente americano para el primer período el crecimiento fue de 1,4% anual y en el segundo de 3,4%. Las cifras respectivas de Centroamérica fueron 1,9% y 1,4%, debajo de los promedios mundial y americano, y con tendencia a la baja (FAOSTAT, 2013). La variedad blanca representa alrededor de 90% de la producción total de maíz de la región (RED SICTA, IICA y COSUDE, 2009). Entre 1980 y 2011, los rendimientos aumentaron dos toneladas por hectárea (t/ha) a nivel mundial, 2,8 t/ha en el continente americano y 0,4 t/ha en Centroamérica. En 2011 los rendimientos fueron 5,2 t/ha a nivel mundial, 6,8 t/ha en el continente americano y 1,8 t/ha en la región centroamericana (FAOSTAT, 2013).

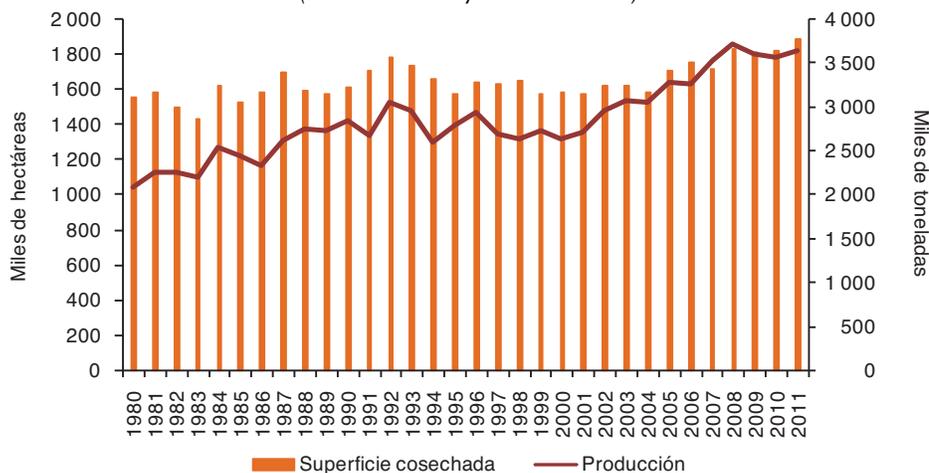
**CUADRO 3**  
**MUNDO Y REGIONES: PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DEL MAÍZ, 1980, 1995, 2010 Y 2011**  
(Toneladas y toneladas/hectárea)

	Mundo	América	Centroamérica
<b>Producción</b>			
1980	396 623 417	219 458 318	2 149 976
1995	517 296 495	270 376 195	2 877 857
2010	850 445 143	445 372 587	3 532 467
2011	883 460 240	438 389 240	3 619 638
<b>Rendimientos</b>			
1980	3,2	4,0	1,4
1995	3,8	4,8	1,8
2010	5,2	7,1	1,8
2011	5,2	6,8	1,8

Fuente: FAOSTAT, 2013

La producción centroamericana de maíz incrementó en las últimas tres décadas, a una tasa anual alrededor de 3% en la década de los ochenta y en la última década, y con una caída y estancamiento en los años noventa. La superficie cosechada representa alrededor de 10% de la superficie agrícola total, con oscilaciones en el período y un ligero crecimiento desde 2005, subiendo de 1.558 mil ha en 1980 a 1887 mil ha en 2011 (véase el gráfico 14).

**GRÁFICO 14**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE MAÍZ, 1980-2011**  
(Miles de hectáreas y miles de toneladas)



Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales de los países.

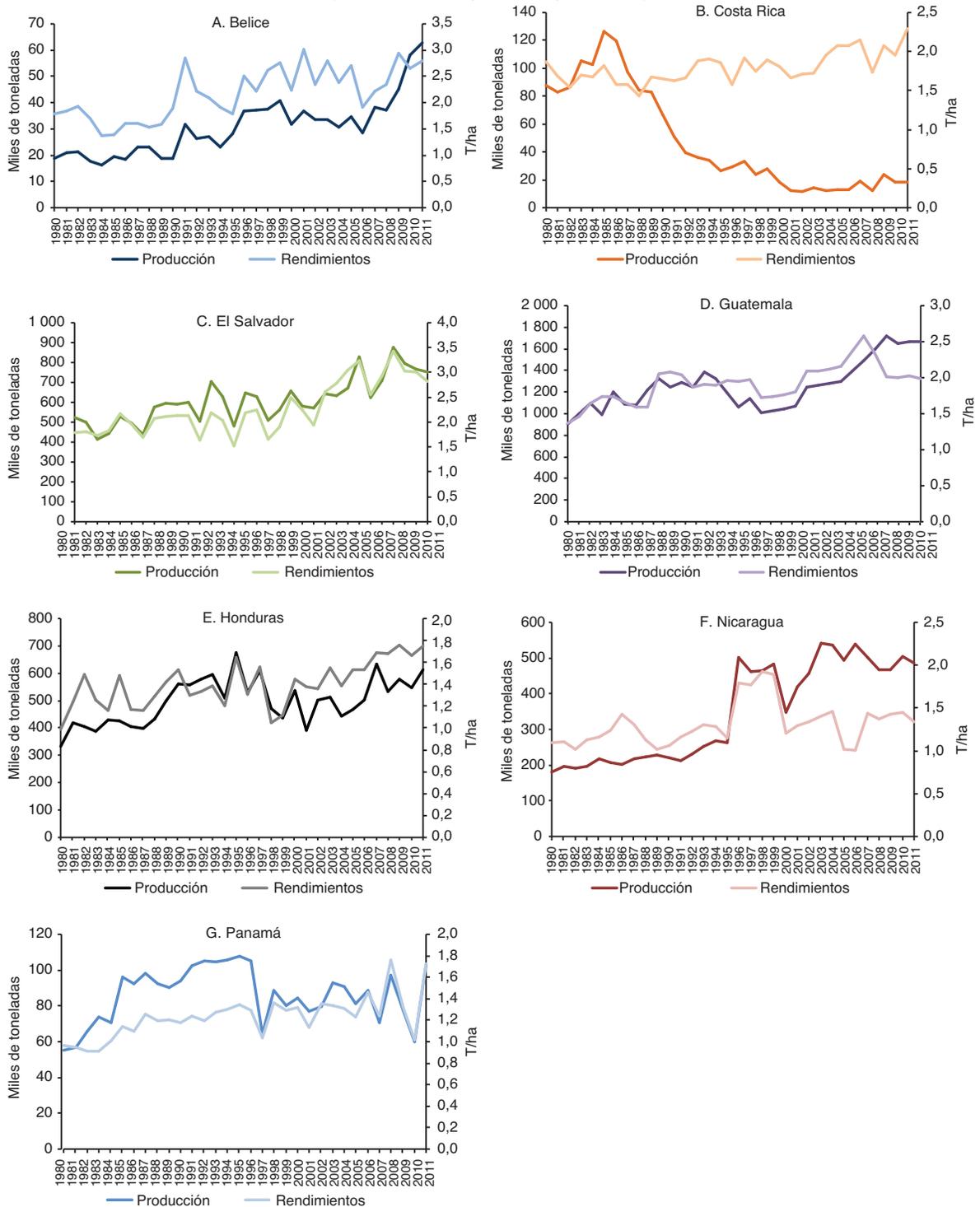
Nota: los datos no incluyen Belice.

La producción y el rendimiento han seguido patrones diferentes en los países de la región en las últimas tres décadas (véase gráfico 15). El gráfico 15 muestra la evolución de la producción y rendimientos del maíz, para una mejor comparación y visualización, las trayectorias fueron graficadas por países con los valores de la producción en el eje de la izquierda y el de los rendimientos en el eje de la derecha. Los países con mayor producción son Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua; los de menor producción son Belice, Costa Rica y Panamá.

Guatemala producía casi un millón de toneladas de maíz en 1980, y en 2011 alcanzó más de 1.600.000 toneladas. Este aumento fue interrumpido a principios de los años noventa debido a la reducción del área cultivada, la cual afectó a todos los granos básicos (CEPAL, 2004). En general se observa un crecimiento de producción que se asocia al crecimiento de los rendimientos de menos de 1,5 t/ha a casi 2 t/ha al final del período, con un nivel máximo de 2,5 t/ha en 2006 (véase el gráfico 15d). El Salvador es el segundo productor de maíz en la región. En 1980 producía alrededor de 500.000 toneladas, mientras que en 2011 alcanzó más de 700.000 toneladas. El incremento de la producción refleja el aumento de los rendimientos, los cuales pasaron de 2 t/ha en 1980 hasta casi 3 t/ha en 2011, con un máximo de 3,5 t/ha en 2008 (véase el gráfico 15c). Es notable la variación anual de la producción, resultado del comportamiento de los rendimientos, probablemente asociado a la variabilidad climática.

La producción de maíz en Honduras ha presentado marcadas fluctuaciones año con año, alrededor de las 500.000 toneladas hasta inicios de los años 2000. Hasta este mismo período, los rendimientos fluctuaron entre 1 t/ha y 1,5 t/ha. A partir de entonces se presenta una tendencia positiva hasta llegar a las 1,8 t/ha de rendimiento y una producción de más de 600.000 toneladas en 2011 (véase el gráfico 15e).

**GRÁFICO 15**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DE MAÍZ POR PAÍS, 1980-2011**  
 (Miles de toneladas y toneladas por hectárea)



Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales. Para la información de Belice, FAOSTAT, 2013.

Los niveles de producción y rendimiento de maíz de Nicaragua fueron relativamente estables hasta 1995. A partir de ese año la producción pasó de 200.000 toneladas a 486.000 toneladas en 2011. Esto se explica por el aumento de los rendimientos y de la superficie sembrada (CEPAL, 2004) (véase el gráfico 15f).

La producción de maíz de Panamá aumentó hasta 1995, cuando produjo más de 100.000 toneladas. Después de ese año cayó, hasta mantenerse alrededor de las 80.000 toneladas en promedio, pero con mayor variabilidad tanto en producción como en rendimientos. La caída se debió a la reducción de la superficie cultivada; a principios de los noventa se cultivaban 88.000 hectáreas, mientras que en 2009 se cultivaron 58.000 hectáreas (SIAGRO, 2013). La disminución de superficie se debe, a su vez, a diversos factores, como cambio de uso de suelo a zonas de turismo, desarrollos orientados a la comunidad extranjera y cambio legales sobre tierras ociosas (Lasso, 2012)<sup>6</sup> (véase el gráfico 15g). Belice mantuvo una producción alrededor de las 20.000 toneladas hasta 1990, pero a partir de entonces aumentó hasta 60.000 toneladas en 2011. Esto refleja la mejora de los rendimientos, que pasaron de 2 t/ha a 2,5 t/ha en el período. En general, se observa una correlación entre la producción y los rendimientos (véase el gráfico 15a). La producción de Costa Rica creció desde 1980 hasta alcanzar 120.000 toneladas en 1985. A partir de entonces se redujo y desde 1995 su producción es la menor de la región. La caída se explica por una mayor actividad en la producción de cultivos de exportación más rentables (RED SICTA, IICA y COSUDE, 2009). No obstante, los rendimientos han aumentado progresivamente (véase el gráfico 15b).

## PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS POR DEPARTAMENTO

En esta sección se presenta un breve análisis del comportamiento de la producción y rendimiento del maíz en el período 2001-2009 dentro de los países. El análisis se presenta por departamentos para El Salvador, Guatemala y Nicaragua, distritos para Belice, provincias para Costa Rica y Panamá y regiones agrícolas para Honduras. La información fue proporcionada por los ministerios de agricultura de cada país u obtenida de sus propias encuestas y censos agropecuarios. La palabra “departamento” se usa para designar genéricamente estas divisiones administrativas cuando se habla del conjunto de la región. Resultó posible calcular estimaciones separadas para las comarcas de Kuna Yala y Ngöbe-Bugle de Panamá y para las comarcas ubicadas en la zona del Darién se recomienda referirse a las cifras para esta provincia.

El mapa 1 ilustra la producción promedio de maíz por departamento en el período 2001-2009. Los departamentos con mayor producción son indicados con color café oscuro, e incluyen a El Petén y Alta Verapaz en Guatemala y la región Noreste de Honduras (Olancho). Obviamente, un departamento con mayor superficie sembrada tiene más probabilidad de obtener mayor producción, como se ve en el mapa. Igualmente, se dibuja una zona de alta producción que corresponde a la parte norte de la región, incluyendo la mayoría de los departamentos de Guatemala, El Salvador y Honduras y donde cada departamento produce más de 70.000 toneladas.

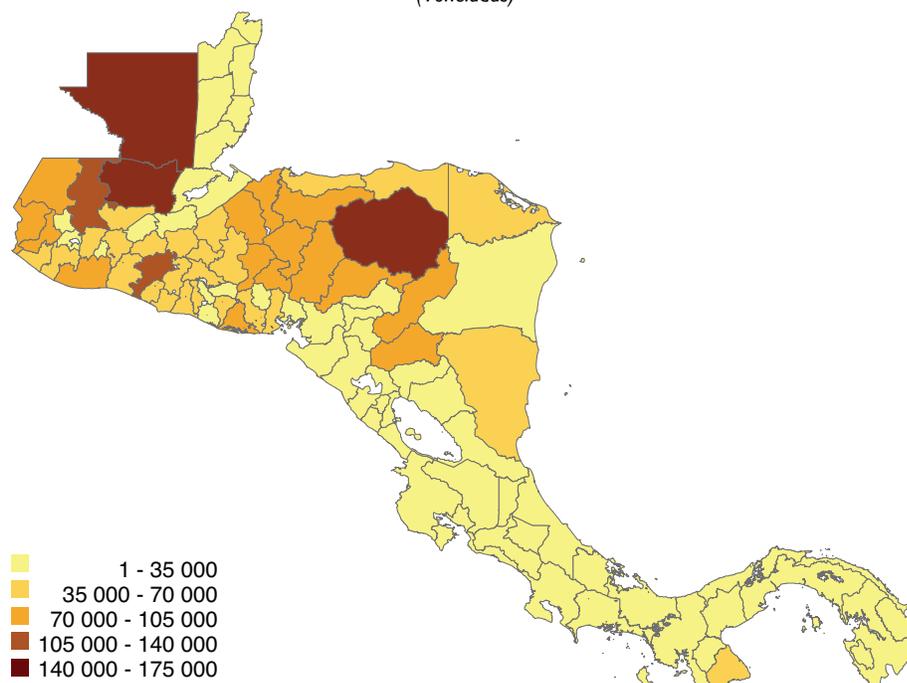
En el cuadro 4 se muestra la producción por departamentos en orden descendente en cada país. En general, los departamentos de El Salvador, Guatemala y Honduras reportan altos niveles de producción. En el caso de Nicaragua existen departamentos con alta y baja nivel de producción, y Belice, Costa Rica y Panamá tienen niveles menores. La producción de grano de Costa Rica y Belice aparece homogénea entre sus departamentos, mientras que en Panamá destaca la provincia de Los Santos como mayor productor.

En cuanto a los rendimientos por país en el año 2011, los mayores son de El Salvador y Belice con 2,8 t/ha; los menores son lo de Honduras y Panamá con 1,7 t/ha y Nicaragua con 1,3 t/ha. En el mapa 2 se ilustran los rendimientos promedio por departamentos de 2001 a 2009 y las cifras correspondientes se presentan en el cuadro 5. El Salvador, con una producción alta y una superficie sembrada reducida,

<sup>6</sup> <http://www.laestrella.com.pa/online/impreso/2012/08/17/produccion-de-maiz-cede-terreno.asp>

tiene los mejores rendimientos, más de 2,5 t/ha en casi todos sus departamentos. En este mismo rango se encuentran Escuintla y Quetzaltenango en Guatemala; Cayo en Belice; Nueva Segovia en Nicaragua; Heredia y San José en Costa Rica y Los Santos en Panamá. La mayoría de estos departamentos están ubicados en la costa del Pacífico. Las zonas de menor rendimiento, de 0 t/ha a 1 t/ha, se concentran en la zona Atlántico de Costa Rica y Panamá, provincias de Heredia, Cartago, Limón, Bocas del Toro y Colón y las comarcas de Ngöbe Bugle y Kuna Yala. Algunos departamentos de Belice y Costa Rica reportan alto rendimiento y producción incipiente. Los menores rendimientos son los de algunos departamentos de Honduras y Panamá, pero Honduras, a diferencia de Panamá, dedica una superficie considerable a la producción de maíz.

**MAPA I**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN DE MAÍZ, PROMEDIO 2001-2009**  
(Toneladas)



Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas. La información de las comarcas de Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

**CUADRO 4**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO O REGIÓN, PROMEDIO ANUAL, 2001-2009**  
(Toneladas)

Departamento	Producción	Departamento	Producción	Departamento	Producción
<b>Belice</b>	<b>40 860</b>	El Salvador		<b>Honduras</b>	<b>521 104</b>
Cayo	21 956	La Paz	30 479	Nor Oriental	149 835
Orange Walk	6 305	Cabañas	28 517	Norte	92 117
Toledo	5 995	Morazán	24 151	Centro Oriental	81 653
Corozal	4 864	<b>Guatemala</b>	<b>1 420 554</b>	Centro Occidental	74 911
Stann Creek	1 565	Alta Verapaz	169 612	Occidental	55 746
Belice	175	El Petén	143 928	Litoral Atlántico	36 593
<b>Costa Rica</b>	<b>14 896</b>	Jutiapa	116 728	Sur	30 249
San José	4 825	El Quiché	109 022	<b>Nicaragua</b>	<b>412 601</b>
Alajuela	4 394	Quetzaltenango	95 970	Jinotega	89 594
Puntarenas	3 686	Huehuetenango	84 799	Matagalpa	83 153
Guanacaste	1 910	San Marcos	83 643	Atlántico Sur	57 195
Limón	52	Escuintla	74 054	Río San Juan	28 219
Heredia	18	Jalapa	63 544	Nueva Segovia	25 411
Cartago	11	Chimaltenango	59 802	Chontales	22 268

(continúa)

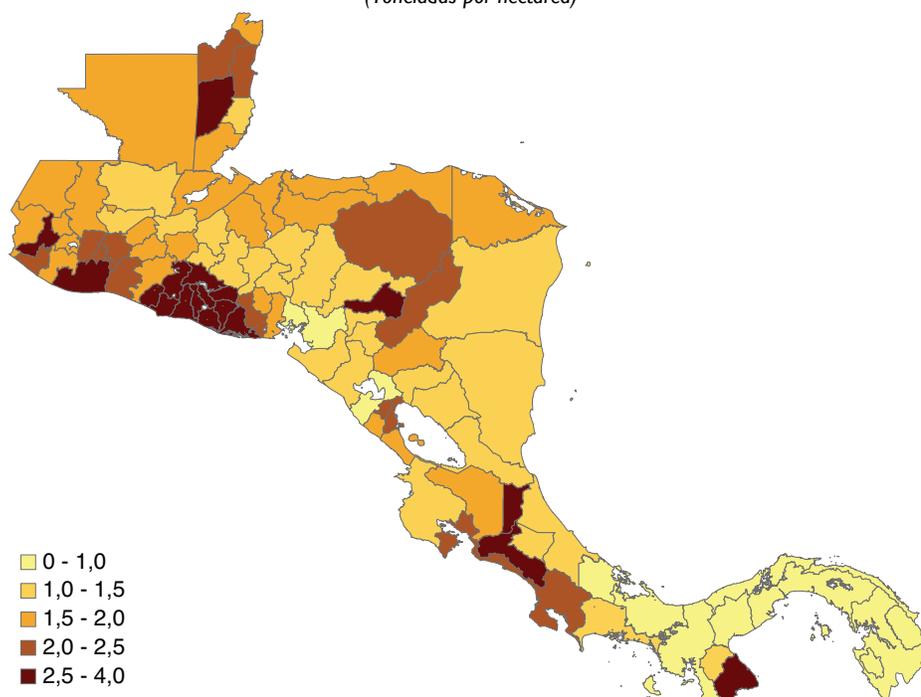
(continuación Cuadro 4)

<b>El Salvador</b>	<b>677 164</b>	Suchitepéquez	53 308	Atlántico Norte	22 105
Usulután	98 098	Santa Rosa	51 296	León	21 867
Ahuachapán	68 607	Retalhuleu	50 955	Chinandega	15 354
Santa Ana	60 148	Chiquimula	47 064	Boaco	13 280
La Libertad	59 999	Guatemala	44 393	Masaya	7 724
San Miguel	53 067	Baja Verapaz	42 575	Estelí	6 706
Chalatenango	49 891	Totonicapán	34 629	Managua	5 813
San Salvador	45 383	Sololá	33 973	Rivas	3 959
San Vicente	44 622	Izabal	21 654	Madriz	3 881
Sonsonate	43 637	Zacapa	14 559	Carazo	3 660
La Unión	37 193	Sacatepéquez	12 811	Granada	2 412
Cuscatlán	33 372	El Progreso	12 235		
		<b>Panamá</b>	<b>86 791</b>		
Los Santos	42 690	Chiriquí	11 980	Veraguas	10 229
Herrera	8 303	Coclé	4 243	Panamá	3 756
Darién	3 199	Ngöbe Buglé	1 298	Colón	783
Bocas del Toro	297	Embera	11	Kuna Yala	2
<b>Centroamérica</b>	<b>3 173 970</b>				

Fuente: Elaboración propia sobre la base de censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas. La información de las comarcas de Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

**MAPA 2**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTO DE MAÍZ, PROMEDIO 2001-2009**  
(Toneladas por hectárea)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas. La información de las comarcas de Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

**CUADRO 5**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTO DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO O REGIÓN, PROMEDIO ANUAL 2001-2009**  
(Toneladas por hectárea)

Departamento	Rend.	Departamento	Rend.	Departamento	Rend.
<b>Belice</b>	<b>2,2</b>	El Salvador		<b>Honduras</b>	<b>1,5</b>
Cayo	3,6	San Miguel	2,2	Nor Oriental	2,0
Belice	2,0	Morazán	2,0	Litoral Atlántico	1,8
Orange Walk	1,9	La Unión	1,8	Norte	1,7

(continúa)

(continuación Cuadro 5)

Corozal	1,9	<b>Guatemala</b>	<b>1,9</b>	Centro Oriental	1,4
Toledo	1,9	Escuintla	3,0	Occidental	1,4
Stann Creek	1,4	Quetzaltenango	2,7	Centro Occidental	1,3
<b>Costa Rica</b>	<b>1,8</b>	Santa Rosa	2,3	Sur	0,8
Heredía	2,6	Chimaltenango	2,3	<b>Nicaragua</b>	<b>1,6</b>
San José	2,5	Retalhuleu	2,3	Nueva Segovia	2,6
Puntarenas	2,0	Guatemala	2,1	Jinotega	2,3
Alajuela	1,8	Sacatepéquez	2,0	Masaya	2,1
Cartago	1,4	San Marcos	2,0	Granada	2,0
Limón	1,3	Sololá	2,0	Matagalpa	1,9
Guanacaste	1,1	Jutiapa	1,9	Carazo	1,9
<b>El Salvador</b>	<b>2,8</b>	Totonicapán	1,9	Rivas	1,6
Cuscatlán	3,2	Suchitepéquez	1,9	León	1,5
La Libertad	3,2	El Petén	1,7	Estelí	1,3
Chalatenango	3,1	El Quiché	1,7	Madriz	1,3
San Salvador	3,1	Izabal	1,7	Chinandega	1,2
Sonsonate	3,1	Huehuetenango	1,6	Atlántico Sur	1,2
Ahuachapán	3,0	Jalapa	1,6	Boaco	1,1
San Vicente	3,0	Chiquimula	1,6	Chontales	1,1
Santa Ana	2,9	El Progreso	1,6	Atlántico Norte	1,0
Cabañas	2,8	Baja Verapaz	1,5	Río San Juan	1,1
La Paz	2,8	Alta Verapaz	1,4	Managua	1,0
Usulután	2,8	Zacapa	1,1		
		<b>Panamá</b>	<b>0,9</b>		
Los Santos	2,6	Chiriquí	1,3	Herrera	1,2
Darién	0,9	Embera	0,9	Panamá	0,8
Veraguas	0,8	Coclé	0,7	Ngöbe Buglé	0,7
Kuna Yala	0,6	Bocas del Toro	0,5	Colón	0,5
<b>Centroamérica</b>	<b>1,8</b>				

Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas por regiones. La información de las comarcas de Panamá solo incluye el ciclo 2000-01.

## EXPORTACIONES, IMPORTACIONES Y DEPENDENCIA

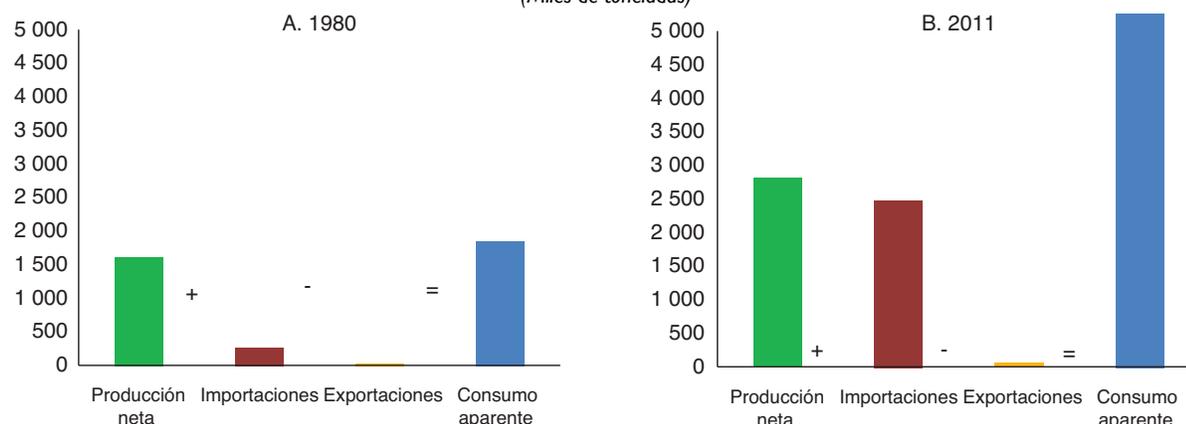
El consumo del maíz en la región se ha más que duplicado entre 1980 y 2011, debido a una demanda humana no satisfecha y creciente por el aumento poblacional y a una mayor demanda para alimentar los animales y otros usos (véase gráfico 16). Mientras que la producción interna ha respondido a la demanda para maíz blanco para consumo humano, las importaciones contribuyeron sobre todo a suministrar maíz amarillo para el sector pecuario; del total de las importaciones 88% corresponden a maíz amarillo, y el 12% restante es de maíz blanco.

En el gráfico 17 se ilustran las trayectorias de las importaciones del maíz por país. El país con mayores importaciones es Guatemala, tendencia iniciada en los años noventa, cuando la producción doméstica se estancó. A partir de 2000 las importaciones aceleraron por la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio con México y por el Tratado DR-CAFTA en 2006. Entre 1980 y 2011, las importaciones crecieron de 82.000 toneladas a 710.000 toneladas. La producción doméstica empezó a crecer de nuevo al final del período.

El segundo importador de maíz es Costa Rica, el primero en abrir el comercio del grano a mediados de la década de 1980, coincidiendo con la caída de la producción interna y la conversión a cultivos más rentables y comerciales. Desde entonces, las importaciones han mantenido una tendencia al alza. En 1980 se importaban 61.000 toneladas y en 2011 se importaron 616.000 toneladas (véase el gráfico 17). El tercero es El Salvador, que importó más de 600.000 toneladas en 2011. Ya en los años ochenta fue el mayor importador, con alrededor de 100.000 toneladas. El crecimiento de las importaciones se aceleró en la segunda mitad de los noventa, con algunas

caídas, como en 1998, pero recuperándose después gracias al Tratado de Libre Comercio con México y el DR-CAFTA. Entre 2008 y 2010, las importaciones se estancaron, pero en 2011 volvieron a crecer (véase el gráfico 17).

**GRÁFICO 16**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN NETA, EXPORTACIONES, IMPORTACIONES Y CONSUMO APARENTE DE MAÍZ, 1980 y 2011**  
(Miles de toneladas)

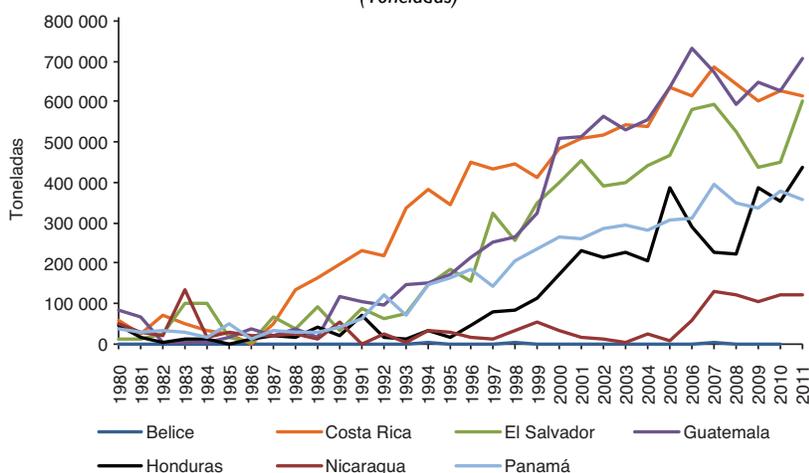


Fuente: SIAGRO

Honduras se convirtió en gran importador de maíz a partir de 2000 por el Tratado de Libre Comercio con México. Las importaciones recibieron nuevo impulso a partir de 2006 por el DR-CAFTA. En 2011 Honduras importó 439.000 toneladas. Panamá, por su parte, importó alrededor de 359.000 toneladas en 2011, contra las 20.000 toneladas que produce cada año, lo que indica su gran dependencia del exterior en este aspecto.

Nicaragua no es gran importador de maíz, pero sus importaciones empezaron a crecer en 2006 con la entrada en vigor del DR-CAFTA. En 2011 importó poco más de 124.000 toneladas. Las importaciones de Belice han promediado las 300 toneladas anuales, volumen bajo debido a su capacidad de producción doméstica que cubre el consumo aparente de su población. En toda la región, el 95% de las importaciones de maíz en el período 2000-2010 provinieron de los Estados Unidos.

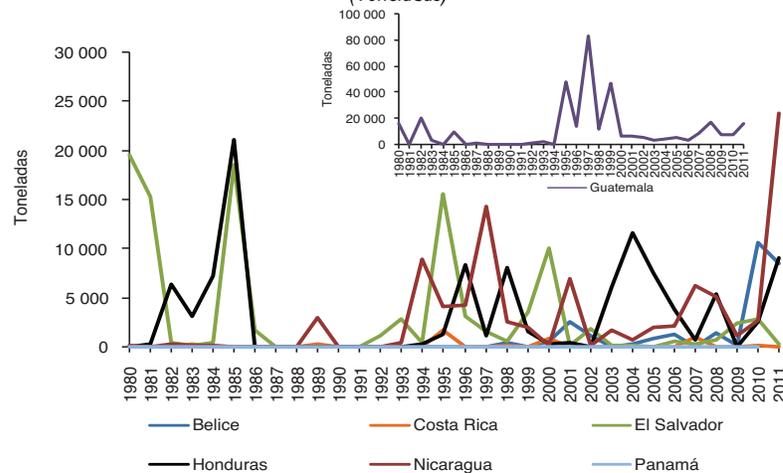
**GRÁFICO 17**  
**CENTROAMÉRICA: IMPORTACIONES DE MAÍZ POR PAÍS, 1980-2011**  
(Toneladas)



Fuente: FAOSTAT (2013)

La exportación de maíz de los países centroamericanos no superó las 22.000 toneladas anuales en el período 1980-2011. El 98% de estas exportaciones son regionales, y los exportadores principales son El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, cuyo volumen promedio es alrededor de 5.000 toneladas anuales, sin una tendencia clara y mostrando gran variabilidad. En 2011 las exportaciones de Honduras y Nicaragua alcanzaron las 9.000 y 24.000 toneladas, respectivamente (véase el gráfico 18). Belice, Costa Rica y Panamá no exportan maíz. Así, el grado de dependencia del maíz importado aumentó de 14% en 1980 a 16% en 1990 y ya alrededor de 47% en 2011. De las importaciones totales de la región, solamente 1% proviene de otro país centroamericano.

**GRÁFICO 18**  
**CENTROAMERICA: EXPORTACIONES DE MAÍZ POR PAÍS, 1980-2011**  
(Toneladas)



Fuente: FAOSTAT (2013)

## FRIJOL

### CARACTERIZACIÓN

El frijol es originario de América, con centros de diversificación primaria en regiones de México y Guatemala (Miranda, 1978; Lépiz, 1983; Sauza y Delgado, 1979). Está clasificado entre las especies leguminosas y es intensamente cultivada desde las zonas tropicales hasta las zonas templadas (Debouk y De Hidalgo, 1985). Su ciclo vegetativo dura de 90 a 120 días (Doorenbos y Kassam, 1979). Su forma de cultivo más frecuente es la de relevo o asocio con otros cultivos, generalmente el maíz. Los sistemas de producción de frijol más comunes en Centroamérica son el sistema manual utilizado por pequeños productores en terrenos con pendiente, el sistema semimecanizado utilizado por productores de autoconsumo y para el mercado; el mecanizado practicado en parcelas con más de 3,5 ha, y el sistema de tapado practicado en la zona del litoral Atlántico lo cual consiste en apartar la maleza, hacer la siembra manual y luego cubrirla con la misma maleza (Red SICTA, IICA y COSUDE, 2009).

El cultivo se adapta hasta una altitud de 2.400 metros (Crispín y Miranda, 1978; Lépiz, 1983) y su necesidad de agua es de 300 mm a 500 mm y puede soportar una escasez de agua de hasta un 40%-50% durante su desarrollo (Doorenbos y Kassam, 1979). El rango de temperatura apropiado es de 15°C a 27°C. La temperatura óptima para máxima fotosíntesis en tierras bajas (menos de 1,500 metros) es de 25°C a 30°C, y para tierras altas (más de 1,500 metros) es de 15°C a 20°C (Ortiz, 1982). Las temperaturas extremas disminuyen la floración (White, 1985). Los mejores suelos para la producción de frijol son los profundos y ligeros como los franco-arcillosos y franco-arenosos. Los suelos pesados no lo favorecen (Navarro, 1983).

En Centroamérica el frijol se siembra en tres temporadas: primera, postrera y apante. La primera se ejecuta entre mayo y junio en áreas pequeñas por el riesgo de cosechar la producción aun en época de lluvia (Red SICTA, IICA y COSUDE, 2009). La postrera se siembra en agosto por la oportunidad de sembrar extensiones grandes ya que se obtiene una mejor calidad en esta siembra, por lo que la mayor producción se da en esta temporada. El apante es la siembra de diciembre en el litoral Atlántico de Honduras, norte de Guatemala y centro de Nicaragua. En Panamá esta siembra es la principal debido a la distribución temporal de la lluvia, mientras que en El Salvador no se practica (Red SICTA, IICA y COSUDE, 2009).

## PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO EN CENTROAMÉRICA

La producción mundial de frijol fue de 23,3 millones de toneladas en 2011, de las cuales 28% fue producido en el continente americano y 2% en Centroamérica. A diferencia del rendimiento del maíz, el rendimiento del frijol centroamericano es muy cercano al promedio mundial, 0,7 t/ha contra 0,8t/ha en 2011 (FAOSTAT, 2013; véase el cuadro 6).

La tasa de crecimiento de la producción mundial de frijol (1,7%) fue menor que la del maíz en el período 1980-2011. En el continente americano, en el período 1980-1995 se experimentó un crecimiento de 2,2% anual, superior a la mundial pero en el período 1995-2011, se redujo 0,3% anualmente.

En Centroamérica la tasa de crecimiento en el primero período fue de 3,8% anual, mayor que el promedio mundial y americano, tendencia que continuó en el segundo período con 3,1%. Mientras tanto, los rendimientos del frijol han aumentado de 0,5 t/ha a 0,8 t/ha a nivel mundial. En el continente americano pasaron de 0,6 t/ha a 1,0 t/ha y en Centroamérica se ha mantenido estable en 0,7 t/ha en los últimos treinta años.

**CUADRO 6**  
**MUNDO Y REGIONES: PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DEL FRIJOL, 1980, 1995, 2010 Y 2011**  
(Toneladas y toneladas/hectárea)

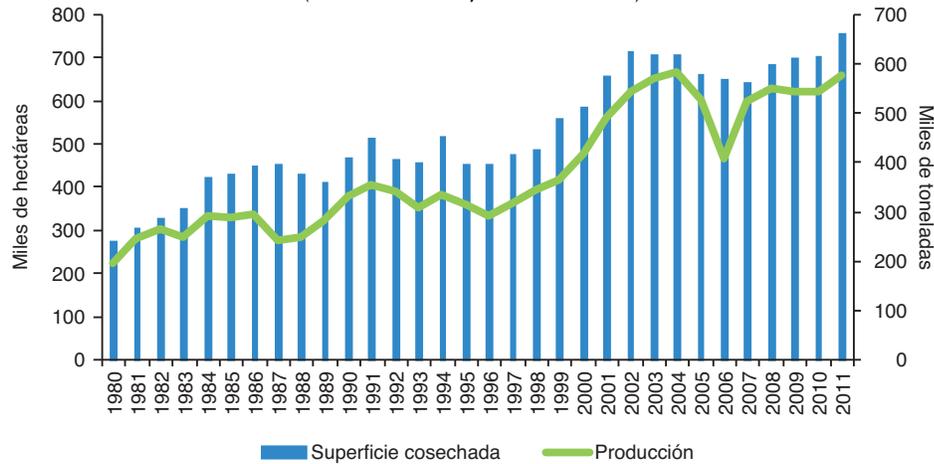
	Mundo	América	Centroamérica
<b>Producción</b>			
1980	13 711 776	4 979 788	178 540
1995	17 591 010	6 886 601	310 193
2010	23 135 956	7 468 868	497 604
2011	23 250 253	6 566 710	509 000
<b>Rendimientos</b>			
1980	0,5	0,6	0,7
1995	0,7	0,7	0,7
2010	0,8	1,0	0,7
2011	0,8	1,0	0,7

Fuente: FAOSTAT, 2013

Así, la producción de frijol ha crecido en las últimas tres décadas en Centroamérica: 5,4% como promedio anual en la década de los ochenta; 2,4% en los noventa y 3% entre 2000 y 2011. El mayor crecimiento ocurrió entre 1996 y 2004, como se observa en el gráfico 19. La superficie cosechada de este grano representó alrededor de 3,6% de la superficie agrícola de la región en la última década. En general, la superficie sembrada presenta oscilaciones en una tendencia creciente, subiendo de 273 mil ha en 1980 a 755 mil ha en 2011.

El principal productor de frijol en Centroamérica es Guatemala. Entre 1980 y 2000, el país producía entre 80.000 y 100.000 toneladas al año. En los primeros años de la década 2000, la producción casi se duplicó debido a mayor superficie cultivada y un ligero aumento del rendimiento (véase el gráfico 20d).

**GRÁFICO 19**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE FRIJOL, 1980-2011**  
 (Miles de hectáreas y miles de toneladas)



Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales de los países.

Nota: No se incluye Belice.

Nicaragua un marcado aumento en producción de frijol de 40.000 toneladas en 1980 a casi 200.000 toneladas en 2011, convirtiéndose en el segundo productor de la región. De 1980 a 1992, la producción fue de alrededor de 50.000 toneladas; de 1992 a 2003 se logró un aumento significativo a 200.000 toneladas con una expansión área cultivada y una recuperación del rendimiento en la segunda mitad de la década de los noventa. Entre 2003 y 2006 la producción sufrió una caída por bajos rendimientos, pero éstos empezaron a recuperarse en 2010 (véase el gráfico 20f).

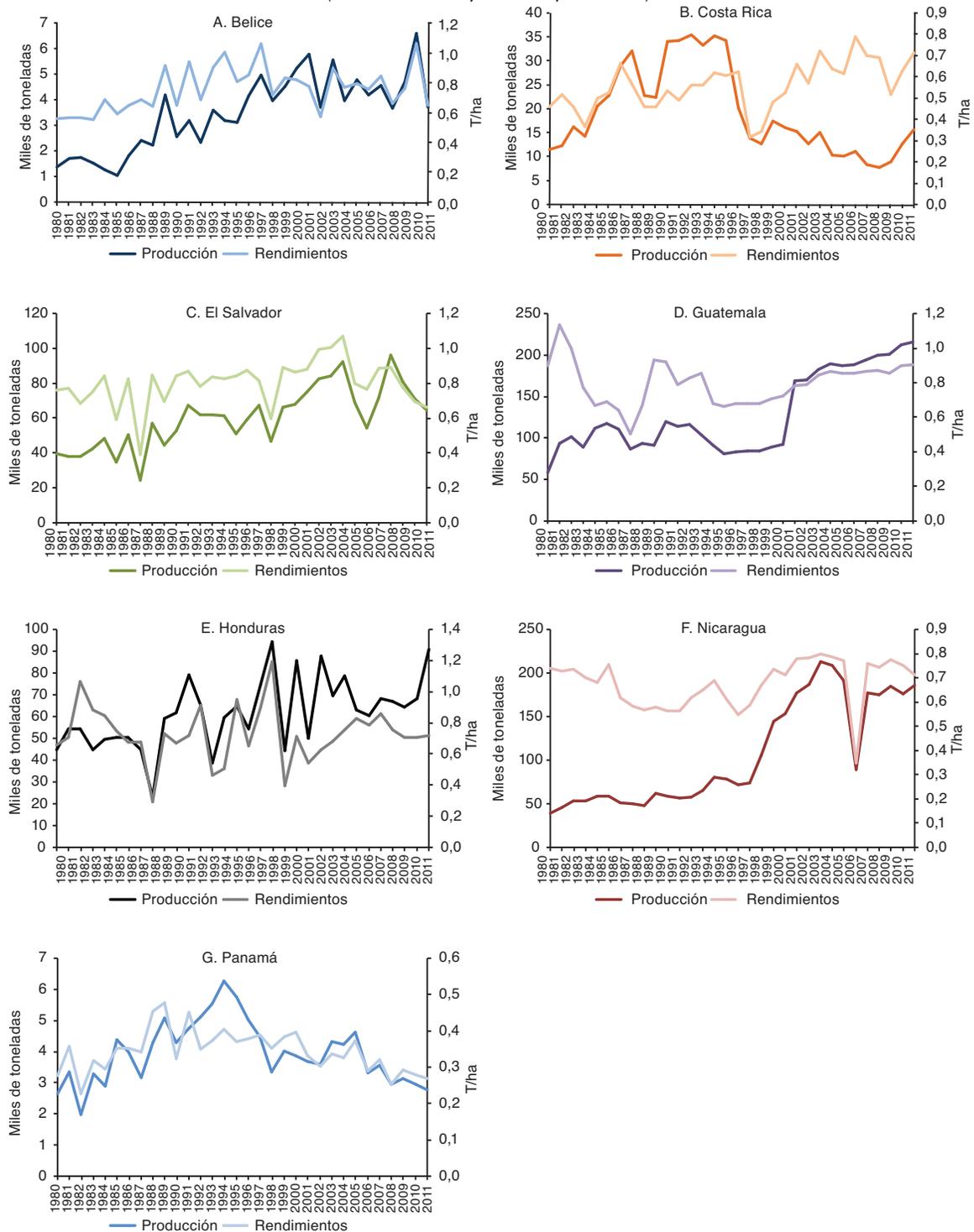
La producción y el rendimiento de frijol en Honduras fluctuaron marcadamente entre 1980 y 2011. La producción osciló entre las 40.000 y las 90.000 toneladas anuales. En el gráfico 20e se distinguen dos períodos: 1980-1996 con un promedio de 53.000 toneladas y 1997-2011 con alrededor de 70.000 toneladas. El aumento fue consecuencia de una mayor superficie sembrada. Los rendimientos muestran una gran variabilidad con un promedio de 0,73 t/ha en el período 1980-2000 y de 0,78 t/ha en el período 2005-2011.

La producción de frijol de El Salvador aumentó de 40.000 toneladas en 1980 a 70.000 toneladas en 2011 debido principalmente a expansión de la superficie sembrada, ya que los rendimientos se mantienen en alrededor de 0,8 t/ha. Se nota varios años de producción y rendimiento reducidos, 1987, 1998 y 2006, dentro de la tendencia general de aumento.

La producción de frijol en Costa Rica presenta dos etapas. En 1980-1995, hubo una tendencia positiva hasta superar las 30.000 toneladas. Ya en 1996-2011, la producción se redujo a un promedio de 13.000 toneladas. Los rendimientos se mantuvieron alrededor de 0,53 t/ha en el primer período, y a partir de 1997 han mejorado hasta alcanzar 0,7 t/ha en 2011.

Los países con menor producción de frijol son Belice y Panamá con una producción que no supera las 10.000 toneladas anuales; su trayectoria se muestra en los gráficos 20a y 20g. La producción de Belice ha aumentado con fluctuaciones en los rendimientos, los cuales han sido de alrededor de las 0,8 t/ha desde 1990. Panamá, por su parte, aumentó su producción y rendimientos hasta 1995, pero ambos indicadores disminuyeron los años siguientes a alrededor de 3.000 toneladas y rendimientos fluctuantes alrededor de las 0,3 t/ha.

**GRÁFICO 20**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DE FRIJOL POR PAÍS, 1980-2011**  
 (Miles de toneladas y toneladas por hectárea)



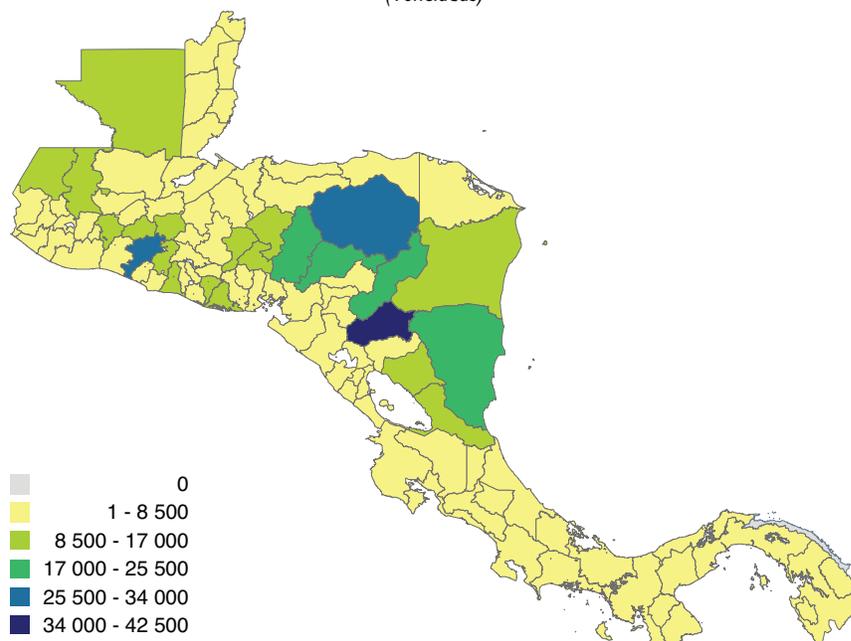
Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales. Para la información de Belice FAOSTAT, 2013.

## PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS POR DEPARTAMENTO

Como en el caso del maíz, a continuación se presenta la producción promedio anual de frijol por departamento para el período 2001 a 2009 (véase mapa 3). Guatemala fue el mayor productor de frijol en Centroamérica en 2011 con 216.000 toneladas, seguida por Nicaragua con 186.200 toneladas.

Honduras y Nicaragua cuentan con departamentos productores de superficies grandes como la región oriental de Honduras (Olancho), Matagalpa en Nicaragua y Jutiapa en Guatemala, cada uno produciendo más de 25.500 toneladas anuales.

**MAPA 3**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN DE FRIJOL, PROMEDIO 2001-2009**  
(Toneladas)



Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas. La información de las comarcas en Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

En el cuadro 7 se muestra la producción por departamento en cada país en orden descendente. En los casos de Guatemala y Nicaragua las cifras son muy dispares porque tienen departamentos de gran producción y otros con poca. Mientras que la producción de cada provincia en Panamá es más homogénea, menos de 1.600 toneladas anuales cada una.

**CUADRO 7**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO O REGIÓN, PROMEDIO ANUAL 2001-2009**  
(Toneladas)

Departamento	Producción	Departamento	Producción	Departamento	Producción
<b>Belice</b>	<b>4 715</b>	<b>El Salvador</b>		<b>Honduras</b>	<b>92 994</b>
Corozal	1 913	La Paz	2 288	Nor Oriental	32 759
Cayo	941	Morazán	1 356	Centro Oriental	25 261
Orange Walk	768	La Unión	1 012	Centro Occidental	12 972
Toledo	767	<b>Guatemala</b>	<b>138 261</b>	Norte	7 543
Stann Creek	301	Jutiapa	28 139	Occidental	6 523
Belize	25	El Petén	15 486	Sur	5 435
<b>Costa Rica</b>	<b>11 339</b>	Chiquimula	14 112	Litoral Atlántico	2 501
Alajuela	6 911	Jalapa	11 949	<b>Nicaragua</b>	<b>167 073</b>
San José	1 740	Huehuetenango	10 685	Matagalpa	40 663
Puntarenas	1 649	Guatemala	9 828	Jinotega	25 125
Guanacaste	937	El Quiché	9 189	Atlántico Sur	21 432
Cartago	91	Chimaltenango	6 466	Atlántico Norte	15 840
Heredia	6	San Marcos	5 465	Chontales	13 437
Limón	5	Alta Verapaz	4 920	Río San Juan	8 947
<b>El Salvador</b>	<b>83 535</b>	Santa Rosa	4 389	Nueva Segovia	7 495
Santa Ana	16 424	Baja Verapaz	3 684	Boaco	6 321
La Libertad	11 472	El Progreso	3 381	Estelí	5 749
Usulután	9 172	Sololá	2 766	León	4 717

(continúa)

(continuación Cuadro 7)

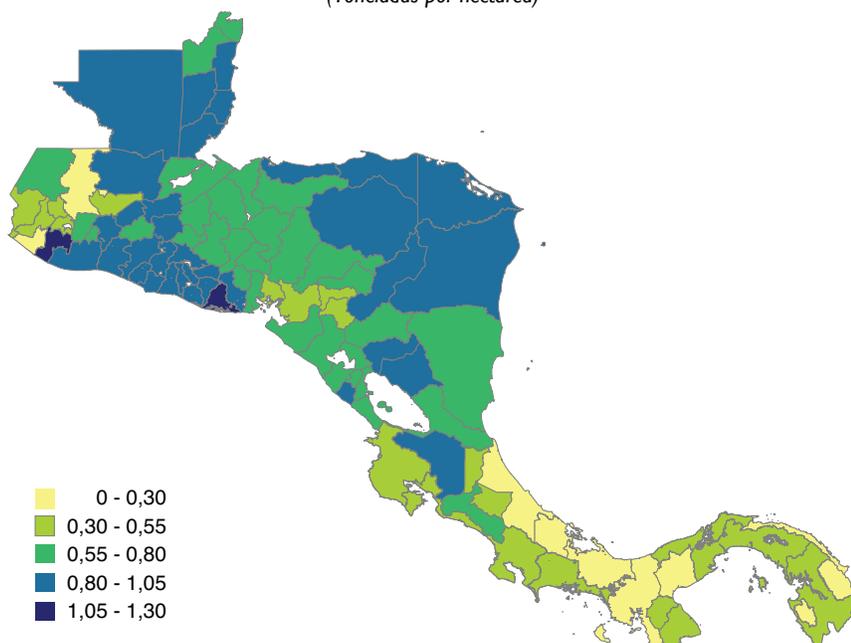
San Vicente	8 630	Quetzaltenango	1 669	Carazo	3 601
San Salvador	8 151	Zacapa	1 520	Madriz	3 333
Ahuachapán	6 160	Sacatepéquez	1 410	Rivas	2 721
Cuscatlán	5 706	Totonicapán	1 214	Granada	2 275
Sonsonate	5 200	Suchitepéquez	1 123	Masaya	2 024
Cabañas	2 987	Izabal	569	Chinandega	1 924
Chalatenango	2 538	Escuintla	271	Managua	1 469
San Miguel	2 439	Retalhuleu	26		
<b>Panamá</b>		<b>3 786</b>			
Chiriquí	1 602	Veraguas	717	Panamá	441
Darién	413	Coclé	246	Herrera	176
Colón	103	Los Santos	82	Bocas del Toro	3
Ngöbe Buglé	2	Embera	1	Kuna Yala	--
<b>Centroamérica</b>	<b>501 703</b>				

Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas. La información de las comarcas de Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

Como quedó dicho, el rendimiento promedio de frijol de Centroamérica es cercano al promedio mundial. En 2011, Guatemala alcanzó el rendimiento más alto con 0,9 t/ha y Panamá reportó el valor más bajo, 0,3 t/ha. En el mapa 4 la mayoría de los departamentos reportaron rendimientos entre 0,55 y 1,05 t/ha en el período 2001-2009. Las zonas con mayores rendimientos son la costa de Belice, El Petén, la costa del Pacífico (con excepción de Retalhuleu) y el oriente de Guatemala, gran parte de El Salvador, Olancho y el litoral del Atlántico en Honduras, el norte de Nicaragua y Alajuela en Costa Rica. Así, los mejores rendimientos ocurren en ambas costas, el norte del istmo y centro de Guatemala. Según los registros disponibles, los departamentos con menores rendimientos incluyendo El Quiché y Retalhuleu en Guatemala; Limón en Costa Rica; y Bocas del Toro, Veraguas, Coclé y las comarcas Embera y Ngöbe Buglé en Panamá.

**MAPA 4**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTO DE FRIJOL, PROMEDIO 2001-2009**  
(Toneladas por hectárea)



Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas. La información de las comarcas en Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

En general, los departamentos con los mejores rendimientos no tienen la mayor producción, con excepción de Jutiapa en Guatemala, que tiene alto desempeño en ambos indicadores. Entre los que tienen altos rendimientos y poca producción figuran los del litoral Atlántico de Honduras, la costa de Belice y Alta Verapaz en Guatemala. En el cuadro 8 se muestra la homogeneidad de rendimientos de frijol en la región en el período 2001-2009. La mayor parte de los departamentos tiene rendimientos superiores a las 0,5 t/ha, con excepción de Panamá, cuyos mayores rendimientos apenas alcanzan las 0,5 t/ha. En el mapa 4 y el cuadro 8 se señala la similitud de rendimiento entre los departamentos.

**CUADRO 8**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTO DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO O REGIÓN, PROMEDIO ANUAL, 2001-2009**  
(Toneladas por hectárea)

Departamento	Rend.	Departamento	Rend.	Departamento	Rend.
<b>Belice</b>	<b>0,8</b>	El Salvador		<b>Honduras</b>	<b>0,7</b>
Belice	1,0	Morazán	0,8	Litoral Atlántico	0,9
Toledo	1,0	Cabañas	0,8	Nor Oriental	0,8
Stann Creek	0,9	La Unión	0,8	Norte	0,8
Cayo	0,8	<b>Guatemala</b>	<b>0,7</b>	Centro Oriental	0,7
Orange Walk	0,7	Suchitepéquez	1,1	Centro Occidental	0,7
Corozal	0,7	Zacapa	1,1	Occidental	0,7
<b>Costa Rica</b>	<b>0,5</b>	El Petén	1,0	Sur	0,4
Alajuela	0,8	Chiquimula	1,0	<b>Nicaragua</b>	<b>0,7</b>
San José	0,6	Alta Verapaz	0,9	Chontales	1,0
Puntarenas	0,5	Jutiapa	0,9	Atlántico Norte	0,9
Guanacaste	0,4	El Progreso	0,9	Jinotega	0,9
Cartago	0,4	Guatemala	0,8	Carazo	0,8
Heredía	0,4	Santa Rosa	0,8	Boaco	0,8
Limón	0,1	Sacatepéquez	0,8	Matagalpa	0,8
<b>El Salvador</b>	<b>0,9</b>	Escuintla	0,7	Granada	0,8
Usulután	1,1	Jalapa	0,7	Río San Juan	0,8
San Vicente	1,0	Chimaltenango	0,7	Nueva Segovia	0,7
La Libertad	1,0	Huehuetenango	0,6	Atlántico Sur	0,7
Cuscatlán	1,0	Izabal	0,6	Masaya	0,7
San Salvador	1,0	San Marcos	0,5	Rivas	0,7
Chalatenango	1,0	Baja Verapaz	0,5	Chinandega	0,6
Santa Ana	0,9	Sololá	0,4	León	0,6
Sonsonate	0,9	Totonicapán	0,4	Managua	0,6
Ahuachapán	0,9	Quetzaltenango	0,3	Estelí	0,5
La Paz	0,8	El Quiché	0,3	Madriz	0,5
San Miguel	0,8	Retalhuleu	0,3		
		<b>Panamá</b>	<b>0,3</b>		
Chiriquí	0,5	Darién	0,5	Panamá	0,4
Colón	0,4	Los Santos	0,3	Herrera	0,3
Ngöbe Buglé	0,3	Bocas del Toro	0,3	Coclé	0,2
Veraguas	0,2	Embera	0,2	Kuna Yala	--
<b>Centroamérica</b>	<b>0,7</b>				

Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas. La información de las comarcas de Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

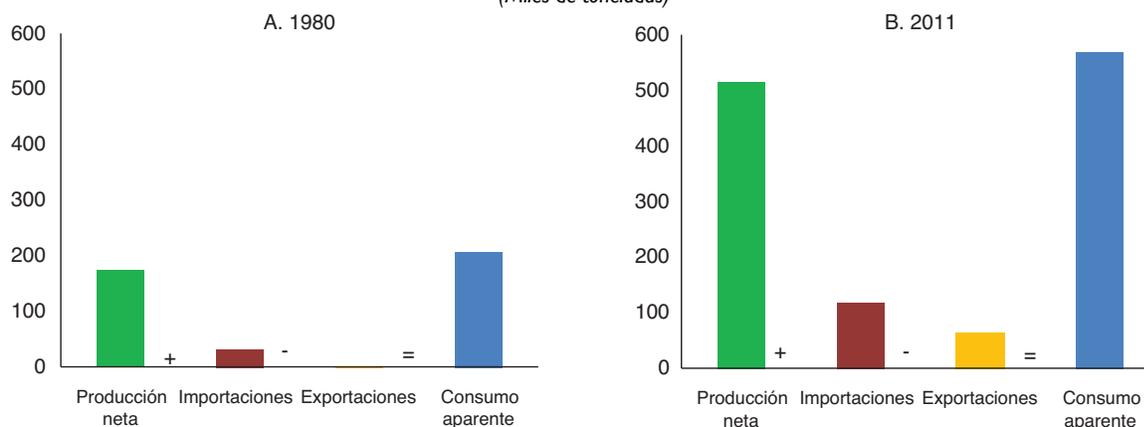
## EXPORTACIONES, IMPORTACIONES Y DEPENDENCIA

El consumo de frijol en Centroamérica se ha incrementado debido al aumento de la población y suministrado sobre todo por la producción interna. Las importaciones de frijol han aumentado, pero no al ritmo de las de maíz y arroz. Las exportaciones de frijol también han crecido, aunque de manera modesta (véase el gráfico 21).

El Salvador fue el país que importó más frijol en 2011, 44.000 toneladas. Antes de 1988 había importado poco frijol, pero entre 1989 y 1998 aumentó sus compras con un promedio de 5.800 toneladas anuales a partir de 1999 la tendencia importadora creció aun más por la entrada en vigor de los acuerdos

comerciales (véase el gráfico 22). Costa Rica fue el segundo país importador de frijol en 2011, aunque fue el mayor importador entre 1995 y 2010, como se observa en el gráfico 22. Entre 1980 y 1988 sus importaciones disminuyeron de 12,600 toneladas a 173 toneladas; entre 1989 y 1993 se mantuvieron en niveles bajos pero después volvieron a subir hasta alcanzar un máximo de 53.000 toneladas en 2008.

**GRÁFICO 21**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN NETA, EXPORTACIONES, IMPORTACIONES Y CONSUMO APARENTE DE FRIJOL, 1980 y 2011**  
(Miles de toneladas)

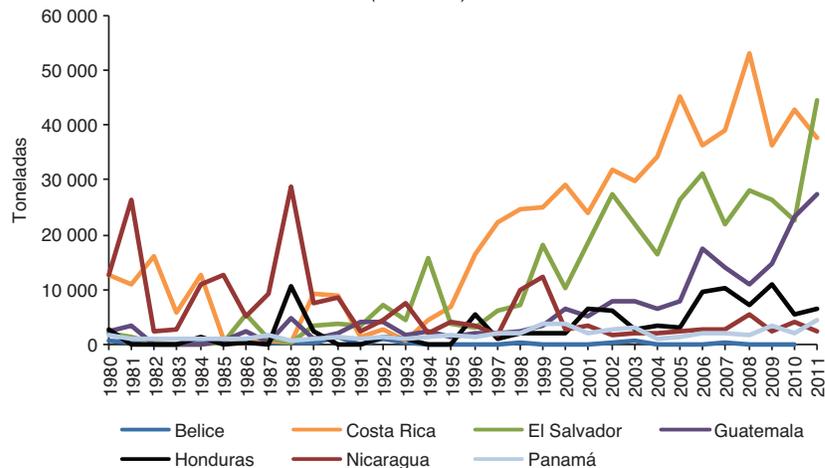


Fuente: SIAGRO.

Guatemala importó 27.500 toneladas de frijol en 2011, equivalente a 13% de su producción de este año. De 1980 a 1985 la importación disminuyó hasta 500 toneladas, mientras que la producción aumentó ligeramente. A partir de 1986 las importaciones crecieron llegando a 4.700 toneladas en 1999. A partir de 2000 se dispararon en consonancia con la entrada en vigor de acuerdos comerciales. Honduras es el cuarto importador de frijol con 6.000 toneladas en 2011. En el gráfico 22 se puede distinguir dos períodos: de 1980 a 1997 alrededor de 1.800 toneladas fueron importados anualmente y de 1998 en adelante, cuando la importación creció hasta la cifra actual. El quinto importador de frijol en 2011 fue Panamá. Las importaciones de este país no mostraron una tendencia clara, sin embargo, desde 1980 se mantuvieron en un promedio de 1.650 toneladas anuales en todo el período, hasta llegar a 4.375 toneladas en 2011. Nicaragua importó 2.400 toneladas de frijol en 2011, habiéndose reducido el nivel de importaciones de la década de los ochenta, cuando a menudo fue el mayor importador de este grano. El cambio se explica por la política de apoyo a la producción. Belice apenas importa 300 toneladas en promedio anual, sin mostrar una tendencia definida en el período (véase el gráfico 22).

En cuanto a las exportaciones de frijol, Nicaragua se convirtió en exportador del grano en la segunda mitad de los años noventa, principalmente de frijol rojo. En 1980 sus exportaciones eran casi nulas; en 1994 exportó 18.800 toneladas y 55.000 toneladas en 2010. Aunque el volumen ha sido afectado en algunos años debido a las condiciones climáticas, como en 2006, 2010 y 2011. Sus principales destinos son Centroamérica y los Estados Unidos. En 2010 Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras exportaron cantidades similares de frijol, entre 1.400 y 3.700 toneladas, como se muestra en el gráfico 24. Honduras presenta las mayores fluctuaciones en el volumen de exportaciones; en 2011 exportó 28.332 toneladas y su promedio en el período es 3.577 toneladas. A partir de 1997 las exportaciones de Guatemala han subido, llegando a exportar un máximo de 5.412 toneladas en 2000. Las exportaciones de frijol de Belice han mostrado una tendencia creciente desde 1987, con un valor máximo de 3.652 toneladas en 2010. El Salvador no exportó frijol hasta 1989 y entre este año y 2004 mostró un rango entre 300 y 3.500 toneladas y un promedio de 2.073 toneladas. De 2005 a 2011 el rango aumentó a entre 1.773 y 4.443 toneladas (véase el gráfico 23).

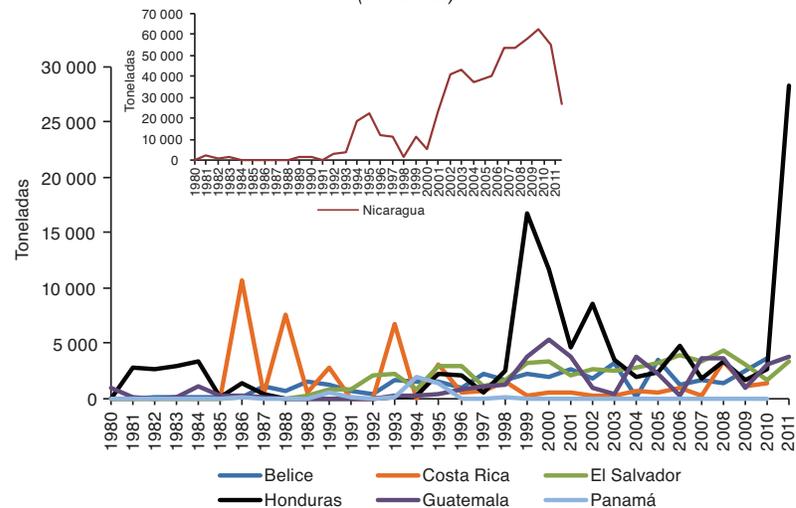
**GRÁFICO 22**  
**CENTROAMERICA: IMPORTACIONES DE FRIJOL POR PAÍS, 1980-2011**  
 (Toneladas)



Fuente: SIECA (2013)

Costa Rica comenzó a exportar frijol en 1986. Entre este año y 1995 el volumen fue de notoria variabilidad. Pero luego la producción y las exportaciones cayeron, para recuperarse hacia el 2008. Panamá es un exportador marginal de frijol. Sólo ha superado las 1.000 toneladas en 1994 y 1995; el resto de los años no ha superado las 500 toneladas y en muchos años no ha exportado (véase el gráfico 23).

**GRÁFICO 23**  
**CENTROAMERICA: EXPORTACIONES DE FRIJOL POR PAÍS, 1980-2011**  
 (Toneladas)



Fuente: SIECA (2013)

La dependencia alimentaria del frijol en Centroamérica ha crecido de manera importante, de 7% en 1990, llegando a alrededor de 21% en 2011, si bien sigue siendo menor que la del maíz. De las importaciones recibidas, 36% provino de comercio intrarregional ese año, y esta cifra oscila entre 36% y 82% por año en la última década. Otras fuentes de frijol son los Estados Unidos y China.

## ARROZ

### CARACTERIZACIÓN

El arroz es uno de los cultivos más antiguos y su origen es desconocido, pero se cree que proviene del sur de India. Los climas aptos para su cultivo son el tropical y el subtropical, en particular el húmedo, donde se concentra la mayor producción. La planta crece en diez etapas de desarrollo fenológico: germinación y emergencia, plántula, macollamiento, crecimiento del tallo, embuchamiento, emergencia de la panícula, floración, estado lechoso del grano, estado pastoso del grano y madurez fisiológica (INTA, 2009).

La siembra en El Salvador es por secano en la temporada de lluvia y por riego en la segunda, con el método de siembra directa o trasplante (Banco ProCredit, 2012). En Costa Rica el cultivo se hace tanto de secano, bajo riego o anegada, con tracción animal y mecanizada. En Honduras se utilizan los métodos de siembra directa, como el chuzo o barreta en terreno difíciles, la tracción animal es usada por pequeños productores y el voleo con semilla seca, que se puede hacer a mano, con esparcidores manuales acoplados al tractor o desde avión; este último método es común en suelos fangosos. También se utiliza la siembra indirecta o por trasplante del semillero al campo (SAG y DICTA, 2003). Los sistemas de producción de arroz en Nicaragua son el secano con tracción animal o maquinaria y el riego especializado (INTA, 2009). En Panamá hay tres tipos de productores: los productores a chuzo que representan 2% de la producción total del grano, toda destinado al autoconsumo, los productores de riego mecanizado responsable de 25% de la producción, y los productores de secano mecanizado con 73% de la producción, destinada al circuito industrial (MIDA y IICA, 2009). Los suelos para este cultivo deben ser planos de preferencia, y su textura puede ser arcillosa o franco arcillo-limosa por su mayor conservación de la humedad. La mayor demanda de humedad se da en la etapa de embuchamiento (MIDA y IICA, 2009). La altitud adecuada va de cero a 800 metros y la temperatura óptima está en el rango de 25°C a 30°C.

En Costa Rica la época de siembra depende de la región. En el Pacífico norte la siembra de secano es entre junio y julio, pero si es por riego la primera es entre febrero y marzo y la segunda en julio. En la zona del Pacífico sur y Centro la primera comienza a finales de abril y mayo y la segunda en julio. En la zona Atlántica la primera siembra es en mayo y la segunda en la primera quincena de octubre. En El Salvador el arroz de secano se siembra a principios de la estación lluviosa, entre mayo y junio, pero la siembra de riego se hace en los meses de diciembre y enero (Banco ProCredit, 2012). En Guatemala la primera siembra es entre mayo y junio; la siembra de postrera es en noviembre. En Honduras la primera siembra, de secano, es entre mayo y junio; la segunda en octubre y noviembre y arroja bajos rendimientos por la menor cantidad de horas luz y las bajas temperaturas (SAG y DICTA, 2003). En Nicaragua la siembra de secano en las zonas del Pacífico y las zonas secas ocurre entre junio y julio; en el Caribe es desde mayo hasta la primera quincena de julio. Pero en las zonas del Pacífico y norte del país, donde el sistema de riego es más utilizado, los meses de siembra de postrera son noviembre y diciembre (INTA, 2009). En Panamá la siembra de arroz comienza desde la segunda quincena de abril en Chiriquí y Veraguas; en algunas otras zonas se extiende hasta la primera quincena de junio.

### PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO EN CENTROAMÉRICA

La producción de arroz en el mundo fue de 722.8 millones de toneladas en 2011. El continente americano contribuyó con 5% y Centroamérica con 0,2%. El crecimiento de la producción mundial de arroz fue de 2,2% promedio anual en el período 1980-1995, pero entre 1995 y 2011 se redujo a 1,8%

anual. En el continente americano el crecimiento fue menor, 1,6% anual de 1980 a 2011. La producción de Centroamérica creció a una tasa menor que la mundial y la americana, en el período 1980-1995, con 0,6% promedio anual, pero en el período 1995 a 2011 expandió a 3,5% anual, superior a la mundial y a la del continente. El rendimiento mundial y regional del arroz ha aumentado más que el de los otros granos de 1980 a 2011: el promedio mundial pasó de 2,7 t/ha a 4,4 t/ha; en el continente americano aumentó más, de 2,4 t/ha a 5,5 t/ha, y en Centroamérica pasó de 2,8 t/ha a 4,1 t/ha (véase el cuadro 9). El rendimiento de China es de 6,7 t/ha; China es también el mayor productor con 28% del total (FAOSTAT, 2013).

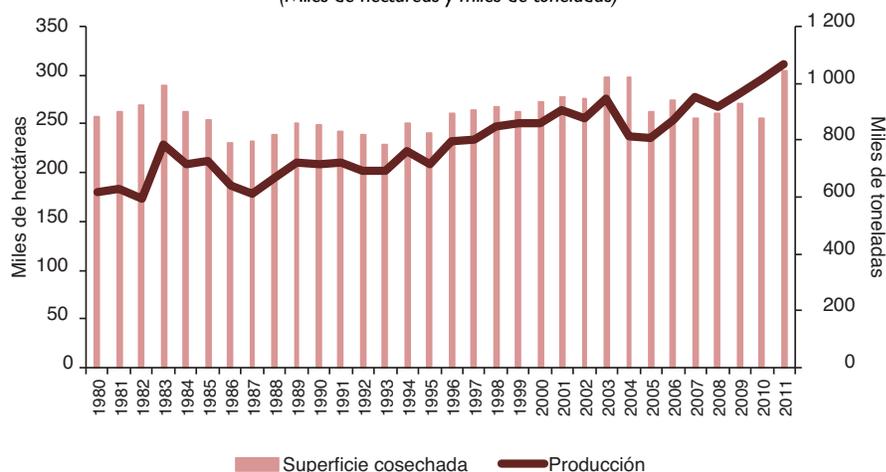
**CUADRO 9**  
**MUNDO Y REGIONES: PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DEL ARROZ, 1980, 1995, 2010 Y 2011**  
(Toneladas y toneladas/hectárea)

	Mundo	América	Centroamérica
	<b>Producción</b>		
1980	396 871 306	23 072 840	659 885
1995	547 430 500	29 196 960	717 744
2010	701 127 975	36 976 048	1 114 981
2011	722 760 295	37 874 083	1 235 281
	<b>Rendimientos</b>		
1980	2,7	2,4	2,8
1995	3,7	3,6	3,0
2010	4,3	5,1	3,9
2011	4,4	5,5	4,1

Fuente: FAOSTAT, 2013

La tasa de crecimiento de la producción de arroz en Centroamérica ha incrementado desde 1,5% anual en los años ochenta a alrededor de 2% promedio anual desde 1990. La superficie de arroz representa el 1,5% de la superficie cultivada en la región, porcentaje relativamente estable en las últimas tres décadas, con una tasa de crecimiento promedio anual de 0,55% entre 1980 a 201, y paso de 256 mil ha en 1980 a 304 mil ha en 2011(véase el gráfico 24).

**GRÁFICO 24**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE ARROZ, 1980-2011**  
(Miles de hectáreas y miles de toneladas)



Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales de los países.

Nota: los datos no incluyen Belice.

Los principales productores de arroz son Costa Rica, Nicaragua y Panamá, como se muestra en el gráfico 25. Nicaragua expandió su producción de 100.000 a 150.000 toneladas anuales entre 1980 y 1993. Entre 1994 y 1998 alcanzó 275.000 toneladas expandiendo la superficie cultivada y con

rendimientos que oscilaron entre 2,6 t/ha y 3,7 t/ha. Posterior a 1999, su producción siguió creciendo de 244.000 a 337.000 toneladas, mientras que los rendimientos alcanzaron las 4,4 t/ha. En 2010 y 2011 los rendimientos siguieron creciendo, lo que se tradujo en una producción mayor a las 400.000 toneladas (véase el gráfico 25f).

La producción de arroz de Costa Rica fluctuó entre las 150.000 y las 280.000 toneladas en todo el período. El área dedicada a la producción de arroz cayó de 85.000 hectáreas en 1980 hasta 41.000 hectáreas en 1995, pero los rendimientos pasaron de 2,9 t/ha a 4,5 t/ha en el mismo período, lo que permitió que la producción permaneciera en el rango de 150.000 a 240.000 toneladas en esos años. A partir de 1995, la superficie promedio fue 57.000 hectáreas, mientras que los rendimientos fluctuaron alrededor de las 4 t/ha, permitiendo que la producción se estabilizara alrededor de las 225.000 toneladas. En 2011 la producción alcanzó más de 280.000 toneladas, los rendimientos bajaron a 3,5 t/ha, pero la superficie llegó a 80.000 hectáreas (véase el gráfico 25b).

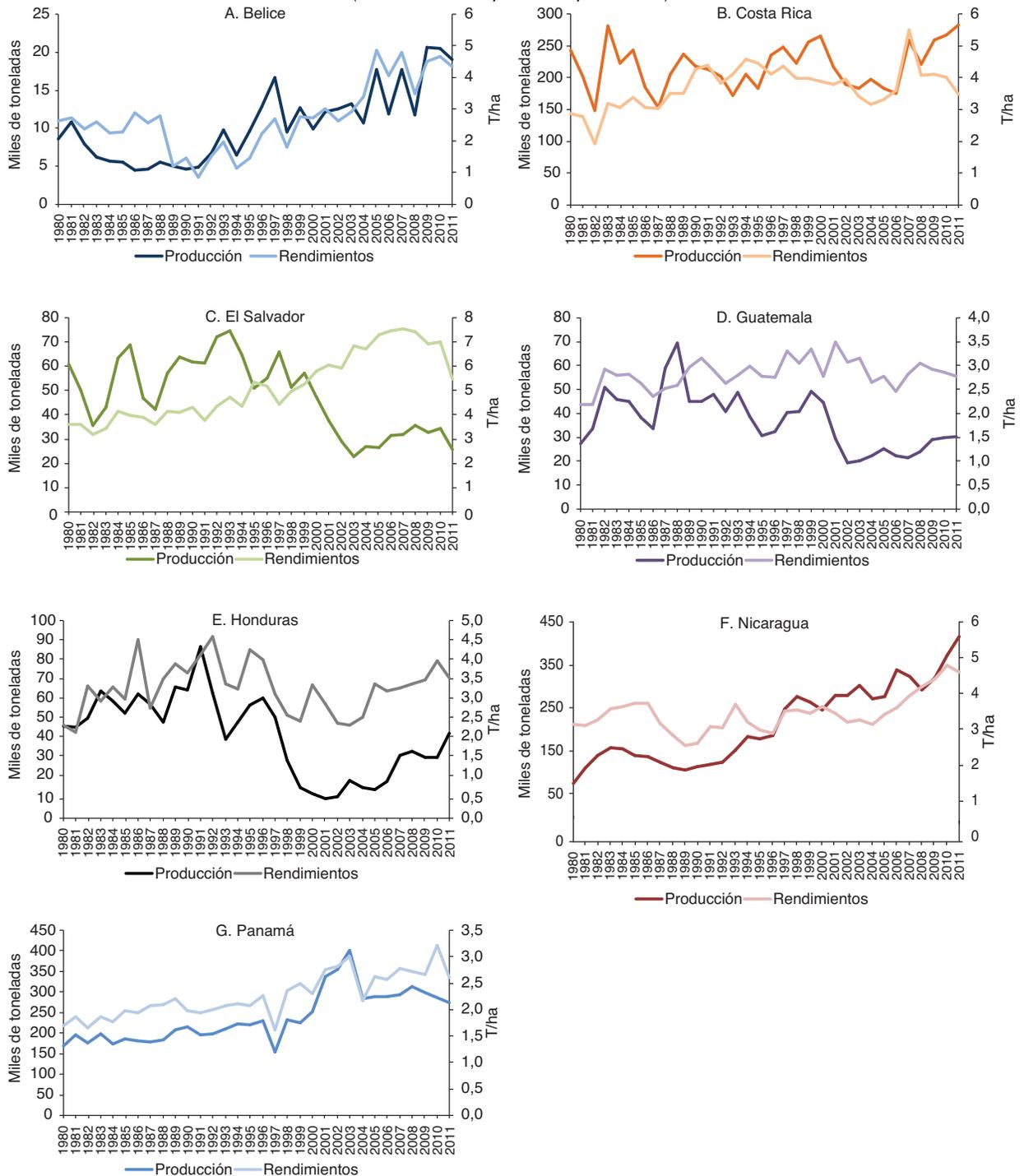
Panamá fue el tercer productor de arroz en 2011. En el período 1980-2011 se distinguen tres tendencias: de 1980 a 1996 la producción aumentó de 170.000 a 230.000 toneladas, principalmente por mejores rendimientos, pasando de 1,7 t/ha a 2,3 t/ha. Debido al impacto de El Niño en 1997, el rendimiento bajó a 1,6 t/ha y se obtuvo la producción más baja de 154.000 toneladas. Para el año 2003 hubo una recuperación que llegó a 3 t/ha en rendimiento y una producción a 403.000 toneladas. No obstante, el año siguiente la producción y los rendimientos cayeron a 284.000 toneladas y 2,2 t/ha respectivamente. Hasta 2011 la producción se mantuvo estable, pero los rendimientos aumentaron a 3,2 t/ha (véase el gráfico 25g).

La producción de arroz de Honduras tuvo un fuerte crecimiento entre 1980 y 1991, pasando de 45.000 a 86.000 toneladas, debido a la mejora de los rendimientos, que aumentaron de 2,3 a 4,1 t/ha, mientras la superficie destinada al cultivo fluctuó entre 15.000 y 20.000 hectáreas. De 1992 a 2001, la superficie y los rendimientos disminuyeron drásticamente, de 14.000 a 3.000 hectáreas y de 4,6 a 2,8 t/ha, respectivamente. Esto provocó una caída de la producción hasta 8.000 toneladas en 2001, la menor producción de la región ese año. Entre 2002 y 2011 la producción se recuperó hasta alcanzar las 29.000 toneladas, gracias al aumento de la superficie cultivada y la recuperación de los rendimientos, llegando 4,0 t/ha en 2011 (véase el gráfico 25e).

En Guatemala la producción de arroz fluctuó alrededor de las 43.000 toneladas de 1980 a 2000. En 1986 la producción disminuyó por caída de los rendimientos; en 1988 la producción volvió a crecer, pero en 1995 cayó de nuevo. Estos cambios se debieron al crecimiento y disminución de la superficie sembrada. En 2001 la producción volvió a caer, esta vez a 20.000 toneladas, pero en 2011 se alcanzaron las 30.000 toneladas. Los rendimientos se mantuvieron en un rango de 2,2 t/ha a 3,5 t/ha, es decir, alrededor de las 2,8 t/ha (véase el gráfico 25d).

En el período 1980-1993, la producción de arroz de El Salvador aumentó hasta alcanzar las 75.000 toneladas anuales, aunque con fluctuaciones. El aumento se debió a los rendimientos, que pasaron de 3,6 t/ha a 4,7 t/ha; las fluctuaciones reflejan cambios en la extensión de la superficie cultivada. Entre 1993 y 2003, el área cultivada se redujo de 15.800 hectáreas a 3.300 hectáreas, lo que provocó una caída de la producción hasta 23.000 toneladas, pese al aumento de los rendimientos, que en 2003 llegaron a 6,9 t/ha. Entre 2004 y 2010 la producción aumentó a 34.000 toneladas a causa de mejores rendimientos, que alcanzaron las 7,6 t/ha en 2007. En 2011 los rendimientos bajaron a 5,5 t/ha y la producción cayó a 26.000 toneladas (véase el gráfico 25c).

**GRÁFICO 25**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DE ARROZ POR PAÍS, 1980-2011**  
(Miles de toneladas y toneladas por hectárea)



Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales. Para la información de Belice FAOSTAT, 2013.

La producción de arroz de Belice disminuyó de 8.600 toneladas a 4.800 toneladas en el período 1980-1991, a consecuencia de la reducción de la superficie cultivada y la caída de los rendimientos, de 2,8 t/ha en 1988 a 0,9 t/ha en 1991. Entre 1991 y 2011, los rendimientos volvieron a crecer, llegando a 4,3 t/ha, lo que contribuyó al crecimiento de la producción la cual llegó a 19.000 toneladas en 2011 (véase el gráfico 25a).

## PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS POR DEPARTAMENTO

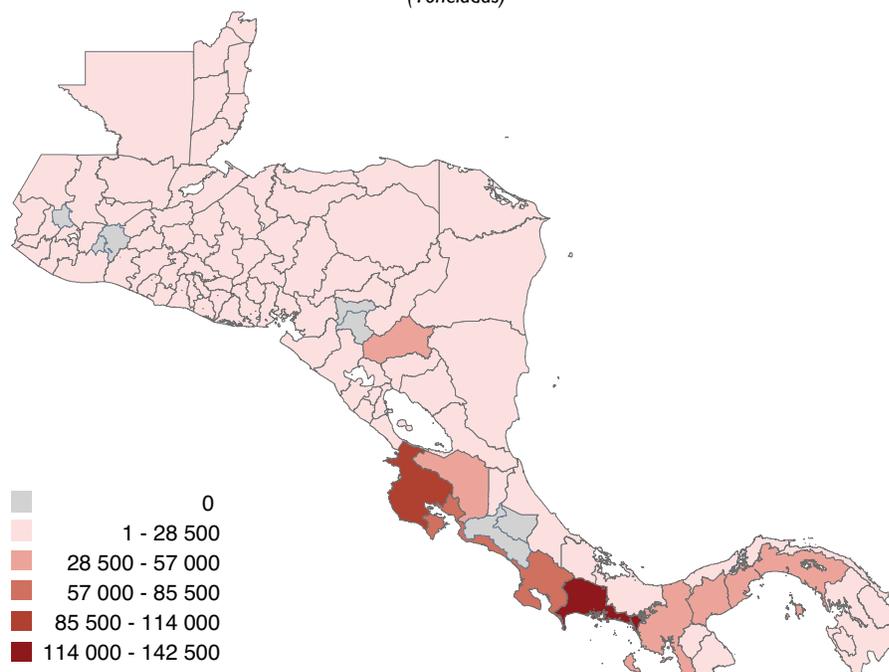
La región sur de la costa del Pacífico de Centroamérica tiene la mayor producción de arroz entre 2001 y 2009, abarcando departamentos de Nicaragua, Costa Rica y Panamá, como se ilustra en el mapa 5. Nicaragua como país también alcanzó la mayor producción de arroz en 2011 con 416.200 toneladas, seguido por Costa Rica con 282.800 toneladas y Panamá con 275.000 toneladas. Destaca Chiriquí en Panamá con el promedio anual más alto de 142.000 toneladas, seguido por Guanacaste y Puntarenas en Costa Rica con 93.000 y 72.000 toneladas, respectivamente. Algunos departamentos no tienen registros de producción, como son Cartago y San José en Costa Rica; Guatemala, Totonicapán, Sololá y Sacatepéquez en Guatemala y Estelí y Madriz en Nicaragua.

En el cuadro 10 se muestran los departamentos productores de arroz para el período 2001-2009 en orden descendente por país. Se observa que la producción está concentrada. Mientras que los departamentos de El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua presentan niveles de producción similares entre sus departamentos, no así en Panamá, donde Chiriquí produce casi tres veces más que Coclé, el segundo productor. Algo similar ocurre en Belice, donde el mayor productor, Orange Walk, produce cinco veces más que Toledo, el segundo.

Al comparar los mapas 5 y 6 se observa que muchos departamentos sin gran producción de arroz tienen altos niveles de rendimiento. La Libertad y Chalatenango en El Salvador superaron las 7 t/ha entre 2001 y 2009, pero por su tamaño relativo su nivel de producción no es entre los mayores de la región. El Salvador, el Centro Occidental y Norte de Honduras, El Petén, San Marco y Quetzaltenango, Chiquimula y Escuintla en Guatemala y Belice y Orange Walk en Belice tienen rendimientos mayores a 3 t/ha pero con producción limitada. Alternativamente, Guanacaste con 5 t/ha, Puntarenas con 3,6 t/ha y Alajuela con 3,3 t/ha en Costa Rica, tienen rendimientos elevados y alta producción.

Destaca Panamá, uno de los mayores productores, con un rango de rendimiento más bajo: en Chiriquí con 3,9 t/ha, Coclé con 2,5 t/ha y Veraguas con 1,8 t/ha. En la costa del Pacífico, parte del Altiplano y Centro de Guatemala hay 9 departamentos que no superan la tonelada de producción por hectárea o no produjeron en el período.

**MAPA 5**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN DE ARROZ, PROMEDIO 2001-2009**  
 (Toneladas)



Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de acuerdo a sus propias encuestas. La información de las comarcas en Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

**CUADRO 10**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN DE ARROZ POR DEPARTAMENTO O REGIÓN, PROMEDIO ANUAL, 2001-2009**  
 (Toneladas)

Departamento	Producción	Departamento	Producción	Departamento	Producción
<b>Belice</b>	<b>14 160</b>	<b>El Salvador</b>		<b>Honduras</b>	<b>15 353</b>
Orange Walk	10 592	Cabañas	238	Litoral Atlántico	5 548
Toledo	2 183	Morazán	166	Centro Occidental	4 967
Cayo	738	La Unión	148	Norte	3 511
Belice	385	<b>Guatemala</b>	<b>24 856</b>	Nor Oriental	744
105Stann Creek	260	San Marcos	6 332	Occidental	433
Corozal	2	Quetzaltenango	5 189	Centro Oriental	149
<b>Costa Rica</b>	<b>209 707</b>	El Petén	4 608	Sur	1
Guanacaste	92 733	Alta Verapaz	2 762	<b>Nicaragua</b>	<b>171 669</b>
Puntarenas	71 548	Chiquimula	2 446	Matagalpa	34 409
Alajuela	30 693	Jutiapa	1 329	Río San Juan	25 286
Heredia	7 461	El Quiché	865	Granada	22 301
Limón	7 272	Izabal	771	Atlántico Norte	20 845
Cartago		Suchitepéquez	406	Boaco	16 737
San José		Retalhuleu	56	Atlántico Sur	12 210
<b>El Salvador</b>	<b>30 064</b>	Escuintla	46	Chinandega	8 700
La Libertad	12 189	El Progreso	15	León	7 484
Chalatenango	8 109	Santa Rosa	13	Chontales	5 883
Usulután	2 351	Zacapa	10	Managua	5 436
Ahuachapán	1 443	Huehuetenango	4	Rivas	4 845
La Paz	1 297	Jalapa	2	Nueva Segovia	4 036
Sonsonate	1 132	Baja Verapaz	2	Jinotega	2 781
Cuscatlán	852	Chimaltenango	0,4	Carazo	407
San Miguel	827	Sololá	0,4	Masaya	309
Santa Ana	548	Guatemala		Estelí	
San Vicente	493	Sacatepéquez		Madriz	
San Salvador	271	Totonicapán			
		<b>Panamá</b>	<b>240 125</b>		
Chiriquí	141 999	Coclé	54 907	Veraguas	42 193
Darién	413	Coclé	246	Herrera	176

(continúa)

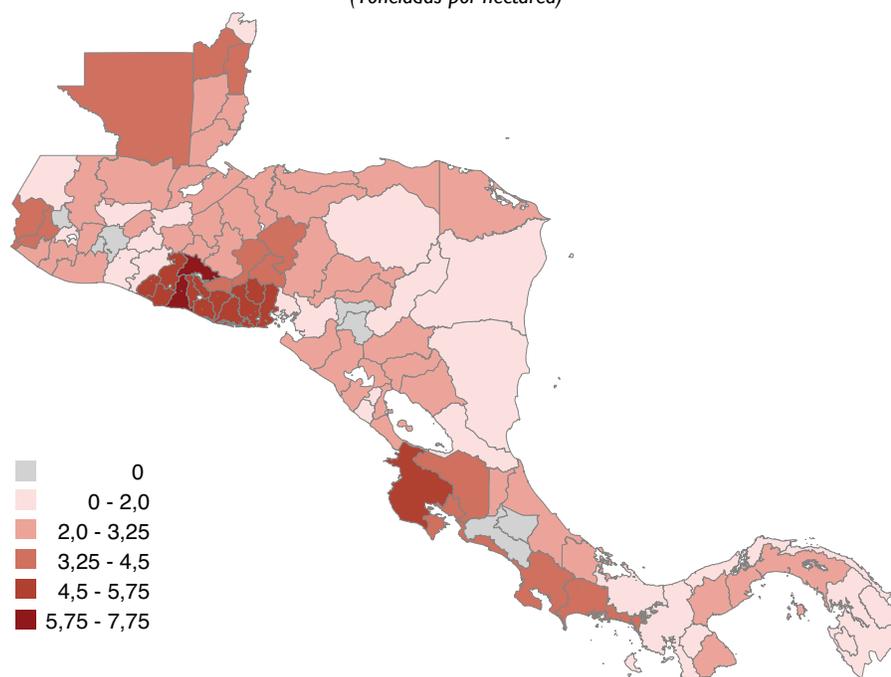
(continuación Cuadro 10)

Colón	103	Los Santos	82	Bocas del Toro	3
Ngöbe Buglé	2	Embera	1	Kuna Yala	
<b>Centroamérica</b>	<b>705 934</b>				

Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas. La información de las comarcas en Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

**MAPA 6**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTO DE ARROZ, PROMEDIO 2001-2009**  
(Toneladas por hectárea)



Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas. La información de las comarcas en Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

**CUADRO 11**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTO DE ARROZ POR DEPARTAMENTO O REGIÓN, PROMEDIO ANUAL, 2001-2009**  
(Toneladas por hectárea)

Departamento	Rend.	Departamento	Rend.	Departamento	Rend.
<b>Belice</b>	<b>2,8</b>	<b>El Salvador</b>		<b>Honduras</b>	<b>2,3</b>
Orange Walk	4,3	La Paz	4,5	Centro Occidental	3,4
Belize	4,0	Morazán	4,5	Norte	3,1
Cayo	2,9	Cabañas	4,3	Centro Oriental	2,7
Toledo	2,3	<b>Guatemala</b>	<b>2,6</b>	Litoral Atlántico	2,4
Stann Creek	2,1	Quetzaltenango	4,3	Occidental	2,3
Corozal	1,1	San Marcos	3,6	Nor Oriental	1,9
<b>Costa Rica</b>	<b>3,3</b>	El Petén	3,3	Sur	0,7
Guanacaste	5,0	Chiquimula	3,1	<b>Nicaragua</b>	<b>2,2</b>
Puntarenas	3,6	Escuintla	3,1	Boaco	2,9
Alajuela	3,3	Suchitepéquez	2,9	Granada	2,9
Heredia	2,4	Izabal	2,8	Managua	2,9
Limón	2,4	Chimaltenango	2,7	Matagalpa	2,9
Cartago		Retalhuleu	2,7	León	2,7
San José		El Progreso	2,6	Chinandega	2,5
<b>El Salvador</b>	<b>5,3</b>	Alta Verapaz	2,3	Nueva Segovia	2,5
La Libertad	7,5	El Quiché	2,3	Rivas	2,1
Chalatenango	7,4	Jutiapa	2,0	Chontales	2,0
Ahuachapán	5,7	Sololá	1,7	Masaya	1,9
Sonsonate	5,7	Baja Verapaz	1,6	Jinotega	1,8
Usulután	5,6	Huehuetenango	1,6	Carazo	1,7

(continúa)

(continuación Cuadro 11)

Santa Ana	5,5	Zacapa	1,5	Río San Juan	1,7
San Miguel	5,2	Santa Rosa	1,4	Atlántico Norte	1,6
Cuscatlán	5,0	Jalapa	1,4	Atlántico Sur	1,2
La Unión	4,7	Guatemala		Estelí	
San Salvador	4,6	Sacatepéquez		Madriz	
San Vicente	4,6	Tonicapán			
<b>Panamá</b>			<b>1,8</b>		
Chiriquí	3,9	Bocas del Toro	2,5	Coclé	2,5
Los Santos	2,4	Panamá	2,4	Veraguas	1,8
Herrera	1,8	Embera	1,4	Darién	1,3
Kuna Yala	0,8	Colón	0,7	Ngöbe Buglé	0,7
<b>Centroamérica</b>	<b>2,9</b>				

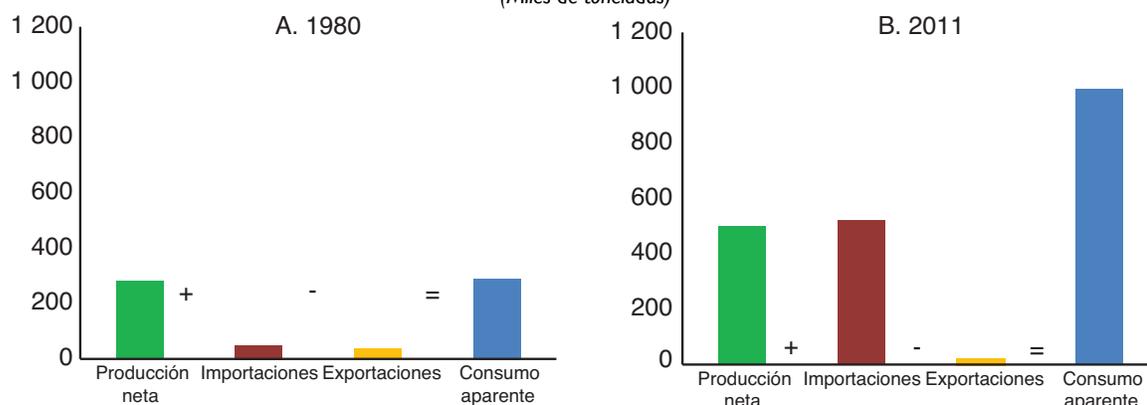
Fuente: Elaboración propia con información de los censos y encuestas agropecuarias de los ministerios de agricultura de los países, varios años.

Nota: La información de Honduras está tomada de sus propias encuestas por regiones. La información de las comarcas en Panamá sólo incluye el ciclo 2000-01.

## EXPORTACIONES, IMPORTACIONES Y DEPENDENCIA

El consumo aparente de arroz ha aumentado en las últimas décadas por la disponibilidad de la producción misma y, sobre todo, por el aumento de las importaciones. Las exportaciones son mucho menores que las importaciones (véase el gráfico 26). A continuación se describe la trayectoria de las importaciones de arroz desde 1980 hasta 2011. Mientras que en la década de los ochenta, hubo menores volúmenes de importación y Nicaragua fue el mayor importador, en la década de los noventa, las importaciones aumentaron especialmente en Costa Rica, Nicaragua y Honduras, y en un menor nivel en Belice. Finalmente, en la última década las importaciones aumentaron en todos los países, excepto Belice, y con diversas fluctuaciones año con año. Actualmente Nicaragua y Honduras son los principales importadores. Honduras pasó de menos de 6.000 toneladas entre 1980 a 1993, a 71.000 toneladas importadas en 1998, 170.000 en 2005 y 145.000 en 2011. La tendencia alcista inició en 1994 debido al descenso de la producción y la disminución de importaciones del pico en 2005, se explica por el repunte de la producción entre 2006 y 2010 (véase el gráfico 27). Las importaciones de Nicaragua aumentaron progresivamente en las décadas ochenta y noventa, se redujeron a casi cero entre 2003 y 2005, pero en los últimos años aumentaron, llegando a 133.000 toneladas en 2011 (véase el gráfico 27).

**GRÁFICO 26**  
**CENTROAMÉRICA: PRODUCCIÓN NETA, EXPORTACIONES, IMPORTACIONES Y CONSUMO APARENTE DE ARROZ, 1980 y 2011**  
(Miles de toneladas)

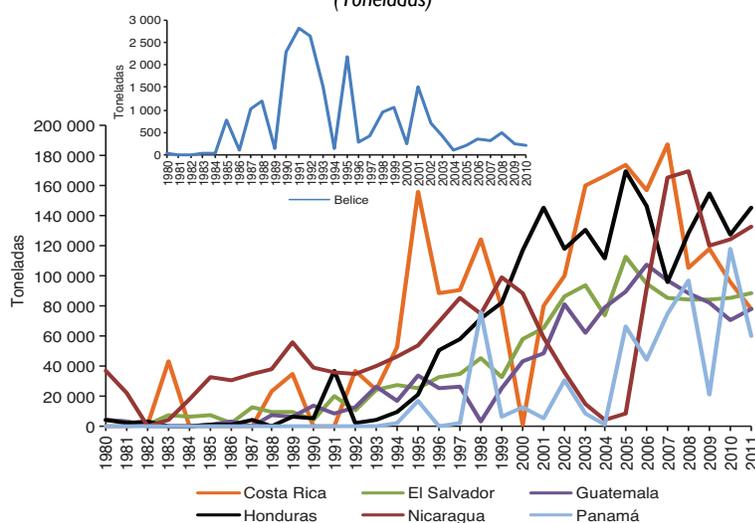


Fuente: SIAGRO

La importación de arroz de El Salvador también creció de 4.500 toneladas a 33.000 toneladas entre 1980 y 1999. En 2003 alcanzó las 93.000 toneladas debido a una drástica caída de la producción entre 2000 y 2003. En 2011 se importaron 89.000 toneladas (véase el gráfico 27). Guatemala fue el

cuarto importador de arroz en 2011. Entre 1980 y 1987, sus importaciones estuvieron entre las 200 toneladas y las 4.500 toneladas. Pero entre 1988 y 1997 subieron a un rango entre 6.000 y 34.000 toneladas. La tendencia a importar se aceleró por los tratados comerciales, y en 2006 alcanzaron las 107.000 toneladas. Posteriormente disminuyeron a 77.500 toneladas en 2011 (véase el gráfico 27). Entre 1980 y 1991, las importaciones de arroz de Costa Rica fueron inferiores a las 500 toneladas anuales, con excepción de 1983, 1988 y 1989, cuando superaron las 23.000 toneladas. En las últimas dos décadas las importaciones han aumentado significativamente, con marcadas fluctuaciones. Entre 1992 y 1998 hubo un incremento marcado de 37.000 a 124.000 toneladas. El volumen importado disminuyó alrededor de 2000, pero en 2007 había subido a 187.000 toneladas a consecuencia del descenso de la producción. Posteriormente, las importaciones disminuyeron con una recuperación de la producción. En 2011 se importaron 77.000 toneladas de arroz (véase el gráfico 27).

**GRÁFICO 27**  
**CENTROAMÉRICA: IMPORTACIONES DE ARROZ POR PAÍS, 1980-2010**  
(Toneladas)

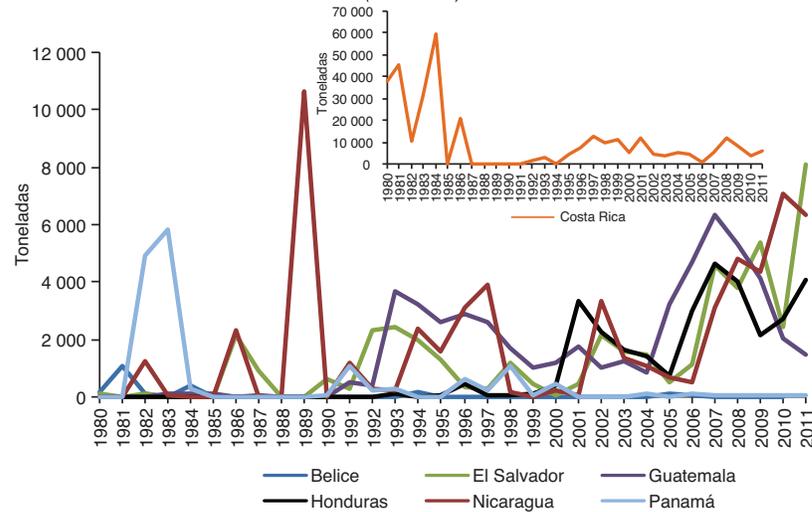


Fuente: SIECA (2013).

Panamá no superó las 2.000 toneladas de arroz importado entre 1980 y 2004, con excepción de 1995 y 2002, debido a una caída de producción por condiciones climáticas. A partir de 2004 la producción se estancó, ocasionando un aumento de las importaciones entre 2005 y 2010, hasta llegar a las 118.000 toneladas. Las fluctuaciones año con año también siguieron y en 2011 las importaciones disminuyeron a 60.000 toneladas (véase el gráfico 27). Belice tiene los niveles más bajos de importación de arroz, registrando no más de 100 toneladas anuales entre 1980 y 1985. En el período 1986-2002 las importaciones fueron muy variables, entre 92 toneladas y 2.800 toneladas y entre 2003 y 2010 no superaron las 500 toneladas anuales.

El nivel de exportación de arroz de Centroamérica es mucho menor que el de las importaciones, y no se observa una tendencia marcada en el período analizado, sino más bien años cuando algunos países tuvieron mayores exportaciones (véase el gráfico 28). Por ejemplo, Nicaragua exportó 707 toneladas en 2005 y 6.340 toneladas en 2011. Honduras exportó 746 toneladas en 2005 y 4.118 toneladas en 2011, y El Salvador 525 toneladas en 2005 y 8.085 toneladas en 2011. Guatemala exportó 3.205 toneladas en 2006 y alrededor de 4.113 toneladas en 2009, pero en 2011 disminuyó a 1.472 toneladas. Costa Rica fue un país exportador de arroz entre 1980 y 1984 con un promedio de 37.000 toneladas al año. Pero entre 1987 a 1996 su nivel no superó las 8.000 toneladas en promedio, con algunos años en cero. Desde 1997 hasta el 2011 las exportaciones se han mantenido entre 1.000 y 13.000 toneladas. Belice y Panamá en general no exportan arroz o exportaron menos de 100 toneladas cada uno desde 1985 hasta 2011.

**GRÁFICO 28**  
**CENTROAMÉRICA: EXPORTACIONES DE ARROZ POR PAÍS, 1980-2011**  
 (Toneladas)



Fuente: FAOSTAT (2013)

El grado de dependencia de la importación de arroz en Centroamérica ha crecido desde 13% en 1980 a 40% en 2000, y 58% en 2007 aunque en 2011 se redujo a 47%. La reversión de la tendencia de alza puede atribuirse al aumento del precio internacional del producto, y un mayor esfuerzo de producir nacionalmente. No obstante, la tasa de dependencia sigue alrededor de 50%. La mayor parte de las importaciones de arroz de la región proviene de los Estados Unidos (62%), de otras partes del mundo (35%) y una pequeña parte del comercio regional.

## POLÍTICAS NACIONALES AGROPECUARIAS

### BELICE

El Ministerio de Agricultura y Pesca de Belice (*Ministry of Agriculture and Fisheries, MAF*) es el responsable de la Política Nacional de Alimentación y Agricultura 2002-2020, cuyos objetivos estratégicos son los siguientes:

- Acelerar la diversificación de la agricultura local y la orientada a las exportaciones.
- Promover la agroindustria y el valor agregado para aumentar las oportunidades y el ingreso rural.
- Apoyar el establecimiento y desarrollo de la industria agrícola orgánica.
- Promover la expansión comercial y de los mercados local e internacional.
- Incrementar la eficiencia, rentabilidad y competitividad de los agronegocios.
- Conservar y mejorar la base de recursos naturales y productivos para conseguir productividad y viabilidad sostenibles a largo plazo.
- Ampliar el acceso a los recursos productivos y los servicios y crear oportunidades para pequeños productores, mujeres productoras, productores jóvenes y pueblos indígenas, particularmente en áreas pobres y marginales.
- Fortalecer las capacidades institucionales para dar apoyo efectivo a la comercialización, investigación, extensión, educación y capacitación del sector.

En 2009 se puso en marcha el proyecto “Innovaciones para mejorar la competitividad y los ingresos de los pequeños productores de maíz blanco y frijol negro de Jalacte y San Vicente en el Distrito de Toledo en Belice”, aprobado por los agricultores locales, quienes recibieron asistencia

técnica y financiera de la Red SICTA, MAF, FAO, IICA y Caribbean Agriculture Research and Development Institute (CARDI por su sigla en inglés). El objetivo del proyecto es mejorar las prácticas agronómicas de maíz y frijol para garantizar la seguridad alimentaria, el acceso a los mercados y aumentar el ingreso rural. La mejora de las prácticas agrícolas incluye el aumento de la densidad de siembra, aplicación de herbicidas y siembra de contorno. Cada comunidad recibió un secador de grano móvil para combatir plagas y enfermedades (MAF, 2009).

Belice participa del Arancel Externo Común (AEC) como miembro de la Comunidad Caribeña (CARICOM, por sus siglas en inglés), pero prevé que el trato preferencial del frijol exportado a los países miembros se debilite porque Jamaica y Trinidad y Tobago están promoviendo más reducciones de aranceles de este y otros productos. Belice considera que aranceles más bajos en Centroamérica alentarían el mercado de maíz, frijol, arroz y carne. El país es autosuficiente en estos productos y exporta maíz y arroz a Guatemala.

## COSTA RICA

La “Política de Estado para el Sector Agroalimentario y el Desarrollo Rural Costarricense 2010-2021 tiene los siguientes objetivos:

- Fortalecer, integrar y reorientar las actividades innovadoras y de generación y transferencia de tecnología agroalimentaria en función de las necesidades y cambios del sector.
- Elevar el nivel de competitividad agropecuaria a micro, pequeña y mediana escala con la adecuación y prestación de servicios eficientes que favorezcan la rentabilidad y proporcionen capacidad para aprovechar las oportunidades de los mercados internos y externos.
- Fomentar el desarrollo equilibrado de los territorios rurales mediante espacios de participación proactiva y articulada de todos sus actores, que propicien un mayor dinamismo e incorporación de la producción de pequeña escala a los circuitos comerciales, la mejoría de las economías rurales, de los indicadores sociales y la sostenibilidad de los recursos naturales.
- Aumentar los esfuerzos intersectoriales para prevenir, mitigar y adaptarse al cambio climático, con una gestión agroambiental de excelencia, que favorezca la sostenibilidad de los procesos productivos y una mayor diferenciación de la oferta exportable.

Entre octubre de 2010 y febrero de 2011, el MAG de Costa Rica realizó consultas con los organismos privados empresariales, campesinos y otros de las diferentes regiones para promulgar la “Declaratoria de interés público y oficialización de la Política de Estado” de octubre de 2011 (Decreto No. 36764).

La Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ) es responsable de proteger y promover la actividad arrocera nacional en forma integrada. Su objetivo es abastecer el 80% de la demanda interna de arroz con producción nacional, buscando organizar, regular y promover la competitividad y rentabilidad de la actividad y así garantizar la seguridad alimentaria nacional. CONARROZ tiene diversas funciones: recomendar fechas de siembra y monitoreo de la producción por regiones, fomentar la calidad y productividad del arroz y disminuir costos de producción, establecer programas de capacitación, promover recursos y líneas de crédito para mejorar la infraestructura y tecnología para la molinería, recomendar el precio del arroz al productor en beneficio de consumidores, productores y agroindustriales, establecer y difundir un sistema de información ágil de precios y mercado internacionales e información agro climática regional, fomentar y capacitar a las cooperativas y asociaciones de productores, alentar la apertura de líneas de crédito con participación de la banca de desarrollo, mejorar las condiciones de pólizas de seguro, establecer una política de gestión de riesgos de producción de arroz, realizar

importaciones de arroz por desabasto interno, dar seguimiento a los instrumentos financieros respectivos y apoyar al sector arrocero en las negociaciones comerciales internacionales (CONARROZ, 2013).

El Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en Frijol (PITTA-Frijol) del MAG de Costa Rica tiene la finalidad de coordinar, orientar, organizar y ejecutar la innovación tecnológica en el cultivo de frijol; promover y organizar la producción local de semilla; rescatar y conservar variedades nativas, criollas y poblaciones silvestres (MAG, 2013).

En cuanto a la política comercial de granos básicos, Costa Rica ha creado mecanismos y establecido requisitos para importar maíz y frijol con arancel preferente cuando la cosecha nacional sea insuficiente para satisfacer el consumo nacional (COMEX, MEIC y MAG, 2011).

## EL SALVADOR

El “Plan de Agricultura Familiar 2011-2014” de El Salvador tiene el objetivo de disminuir la pobreza rural, enfocando sus acciones en los pequeños productores para incrementar la producción y volver a convertir al campo en motor del desarrollo económico. El plan es ejecutado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y consta de cuatro programas:

- Programa de Abastecimiento Nacional para la Seguridad Alimentaria y Nutricional (PAN), cuya meta es atender a 325.000 familias en condiciones de subsistencia, ampliando su acceso a alimentos y generando ingresos en el hogar mediante la dotación de insumos agrícolas (semillas y fertilizantes), asistencia técnica integral y apoyo crediticio.
- Programa de Agricultura Familiar para el encadenamiento productivo (PAF), dirigido a más de 70.000 familias rurales que producen alimentos para el mercado. Se les ofrece asistencia técnica para producir y vender, organización para consolidar la oferta en más y mejores mercados, líneas de crédito y seguros agropecuarios. La estrategia enfatiza el desarrollo de diez cadenas productivas con potencial de generar riqueza y desarrollo familiar: granos básicos, miel, acuicultura, fruta, ganadería, hortalizas, café, cacao, artesanías y turismo rural comunitario.
- Programa de Enlace con la Industria y el Comercio (PEIC), cuyo objetivo es fomentar los negocios entre grandes empresas y pequeñas y medianas asociaciones de agricultores familiares.
- Programa para la Innovación Agropecuaria (PIA) para proveer el conocimiento necesario a las cadenas de valor agropecuario a fin de aumentar y sostener su competitividad, incluyendo valor agregado e inteligencia de mercado, nuevas tecnologías, informática agropecuaria y bioenergía. También apoya la coordinación entre el Banco de Fomento Agropecuario y el servicio de extensión agropecuaria del CENTA para fomentar los créditos y seguros agropecuarios entre los productores.

El MAG de El Salvador estableció en 2012 una política de dotación de insumos agrícolas, semilla y fertilizantes a productores de maíz y frijol (MAG, 2011).

En la actividad comercial con el exterior se han firmado convenios para la comercialización de maíz blanco, sorgo y arroz, que incentivan a las empresas agroindustriales a utilizar la producción nacional. El precio base es negociado cada año entre productores e industriales. Los convenios prevén que los industriales accedan a cupos de importación en caso de desabasto. Ángel (2008) encontró que estos convenios dan mayor poder de negociación a los productores, incentivan la calidad, especialmente del arroz y sirven como foro para la cooperación entre los actores. No obstante, canalizan poco volumen de producción ya que el precio del mercado suele ser superior al estipulado en el convenio, por lo que los productores prefieren vender por las vías tradicionales (Ángel, 2008).

La política comercial de El Salvador se ha liberalizado desde 1990, con reducciones importantes de aranceles y eliminación de medidas no-arancelarias. Los aranceles de los granos básicos se han mantenido estables desde 2003 y no aplican al comercio dentro de la región, si bien siguen siendo obstaculizadas por requisitos no-arancelarios como los permisos sanitarios. Desde 1998 se adoptaron permisos de importación contingente por desabasto para maíz blanco y amarillo y arroz granza. (Ángel, 2008).

## GUATEMALA

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

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

Este Plan Operativo Anual establece acciones de política para promover la organización y las capacidades comunitarias, incluyendo capacitación, asistencia técnica y entrega de insumos para mejorar la producción de granos básicos, hortalizas, frutas y otros cultivos, y crédito para la producción de granos básicos por pequeños productores. Otra línea de acción es impulsar programas y proyectos productivos de granos básicos, hortalizas, hidrobiológicos y cultivos de potencial agroindustriales que impulsen fuentes de trabajo e inversión y dinamicen las economías rurales. Estas políticas fueron ratificadas por el Plan Operativo Anual 2013.

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

En cuanto a la política comercial, el país tomó medidas para limitar la importación de maíz blanco después de la firma del DR-CAFTA, estableciendo un arancel de 25% que desalienta su importación salvo cuando los precios domésticos son muy altos. No obstante, la mayor parte de las importaciones de maíz son de la variedad amarilla, sujeta a un arancel de 5% en situaciones de desabasto nacional y de 15% en situaciones normales. El volumen máximo de maíz importado se

negocia entre los productores organizados y los industriales, en mesas presididas por el gobierno. Según Fuentes López y otros (2005), esta medida no ha logrado reducir las importaciones, pero el producto sólo llega procesado al mercado nacional

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

## HONDURAS

La Estrategia del Sector Público Agroalimentario 2011-2014 y su Plan de Implementación son coordinados por la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) con el objetivo de reducir la pobreza y la pobreza extrema rurales en 10%. Los objetivos operativos incluyen el desarrollo del Censo Nacional Agropecuario, fortalecimiento institucional del sector público, integración y fortalecimiento del sector privado mediante la integración vertical de un mayor número de cadenas productivas y la integración horizontal para facilitar la complementariedad. También propone mejorar los procesos de comercialización y la competitividad interna y externa, fortalecer las capacidades de los productores, aumentar la producción mediante la aplicación de las capacidades adquiridas, mejorar la productividad con nuevas técnicas, mejorar la sanidad e inocuidad agroalimentaria con respecto a estándares internacionales y fortalecer la investigación y aplicación de tecnología agropecuaria.

Respecto de los granos básicos, la estrategia busca las siguientes metas específicas: facilitar un incremento de 15% en la producción en 2014 y de 10% en la reserva estratégica de maíz y frijol (SAG, 2010). Para lograr estas metas la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria de SAG ha reportado acciones en pro de los granos básicos que incluyen el establecimiento al año 2014 de cuatro plantas productoras de semillas manejadas por productores artesanales y distribución de bonos de solidaridad productiva a 160.000 productores al año 2014 para facilitar su acceso a insumos. Esta política prevé que al menos el 30% de los productores beneficiados sean mujeres, que la producción de semilla certificada de granos básicos genere nuevos empleos y que los productores sean capacitados en tecnología de cultivos adaptados a la sequía (SAG, 2010).

En cuanto a la política comercial, Honduras usa un sistema de bandas de precios con aranceles variables *ad valorem* para la importación de sorgo, maíz y derivados. Asimismo, ofrece “convenios de absorción” que reducen los aranceles de ciertos granos básicos a importadores que adquieran determinada cantidad de producción nacional. El mecanismo funciona a partir de un precio de referencia de maíz y sorgo nacionales, negociado entre productores y procesadores. Una vez que la oferta nacional de estos granos se agota, se abren cupos contingentes para importarlos con un arancel preferente.

## NICARAGUA

A partir de 2006, el gobierno de Nicaragua empezó a ejecutar el Plan Sectorial de Desarrollo Rural (PRORURAL). Ahora se ejecuta una segunda etapa llamada “Plan Sectorial de Desarrollo Rural Incluyente 2010-2014 (PRORURAL Incluyente)”. Su objetivo es elevar el nivel de vida de las familias rurales, especialmente a los pequeños y medianos productores y las comunidades indígenas y afrodescendientes, y procurando el uso sostenible de los recursos naturales en pro de un desarrollo rural integral (MAGFOR, 2009).

La nueva etapa del plan pone mayor énfasis en el fomento de la asociación (cooperativismo), el cambio climático y las políticas agroambientales, la capitalización de los hogares rurales pobres, la seguridad y soberanía alimentaria y nutricional, la innovación tecnológica entre pequeños y medianos productores y la agregación de valor de la producción primaria. El plan comprende tres programas nacionales:

- El Programa de Alimentos busca elevar la producción primaria de alimentos, mejorar el acceso y consumo de alimentos sanos e inocuos en la población rural y reducir su inseguridad alimentaria y nutricional, con énfasis en las mujeres campesinas y jornaleras, comunidades étnicas y pueblos indígenas.
- El Programa de Agroindustria Rural busca incrementar el valor agregado de la producción primaria, la generación de empleo y el mejoramiento del ingreso mediante el fortalecimiento y la promoción de medidas postcosecha, la mejora de productos y procesos de transformación, especialmente entre jóvenes, mujeres y hombres de las familias rurales, pueblos indígenas y comunidades étnicas.
- El Programa Forestal busca establecer el manejo sostenible de los ecosistemas forestales con enfoque multifuncional, fomentando la participación de la ciudadanía, con énfasis en los pequeños y medianos productores agropecuarios y forestales, comunidades étnicas, mujeres y jóvenes. También busca la promoción de bosques en pie al mercado de carbono/REDD.

En relación con los granos básicos, el subprograma de maíz y frijol busca un aumento de 20% en sus rendimientos, mejorar la calidad de vida e ingresos de los pequeños y medianos productores, incluyendo su capacidad de agregar valor a sus productos primarios en la cadena agro-industrial. El subprograma incluye la construcción de centros de acopio e infraestructura de almacenamiento, capacitación y asistencia técnica, uso de semilla genéticamente mejorada, manejo post cosecha, asociatividad para fortalecer la visión empresarial, desarrollo de inversión, tecnología y promoción comercial. El fortalecimiento de capacidades incluye aspectos técnico-productivos, calidad e inocuidad, presentación, cumplimiento de normas técnicas y normas obligatorias, gerencia y mercadeo de micro y pequeñas empresas procesadoras de derivados del maíz y frijol (IDR, 2009).

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) está impulsando el aumento de la producción de arroz con el objetivo de volver al país auto sostenible en los próximos años y exportar a otros países. Su Programa de Semilla promueve el uso de tecnología de punta para aumentar la producción en el corto plazo (INTA, 2009).

En cuanto a la política comercial, el gobierno estableció medidas de libre importación (arancel cero) para diferentes variedades de frijol en 2010 y de maíz blanco en 2011 debido al desabasto, mientras que el arroz tiene un arancel de 85%.

## PANAMÁ

El Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) implementa el "Plan de Acción Estratégico del Sector Agropecuario 2010-2014", como parte del Plan Estratégico de Gobierno que pretende hacer de Panamá el "Hub de las Américas" en 2020, potenciando su ubicación geográfica privilegiada y otras ventajas comparativas. Este plan del sector agropecuario descansa en cinco ejes de desarrollo (MIDA, 2010):

- Seguridad alimentaria y canasta básica, que prioriza la producción competitiva de la canasta básica de alimentos para facilitar su adquisición por la población de menores ingresos.

- Reconversión productiva para mejorar la productividad y competitividad del sector con eficiencia económica, social y ambiental y fortalecimiento de la infraestructura para aprovechar las oportunidades de nuevos mercados. Se enfatiza la formación de agronegocios, así como la calidad e inocuidad de alimentos. Existen diez subprogramas dentro de este eje: desarrollo de cadenas agroalimentarias; fomento a la agro exportación; fomento a la investigación e innovación tecnológica; impulso a la gestión ambiental; fomento a la producción de semilla; sanidad agropecuaria; inocuidad de alimentos; impulso del sector agroindustrial; fomento de la infraestructura para minimizar pérdidas de post cosecha; gestión de recursos hídricos.
- Programa de Mejoramiento del Sistema de Comercialización para disminuir costos, corregir distorsiones del mercado e incrementar la capacidad de manejo, conservación y almacenamiento de productos, incluyendo infraestructura y normas de mercado.
- Desarrollo rural desde la perspectiva territorial mediante el fortalecimiento de la institucionalidad, la diversificación productiva, el uso amigable de los recursos naturales y la participación social.
- Modernización institucional del sector público agropecuario integrado a fin de aumentar su capacidad de respuesta y de diálogo y concertación con el sector privado.

En el contexto mundial de aumento de precios de la canasta básica en 2008, el gobierno adoptó diversas medidas incluyendo mejoras en contratos de compra, líneas de insumos y asistencia técnica, financiamiento agropecuario, seguro agropecuario, fondo de garantía, fideicomiso de competitividad agropecuaria, programas de formación y capacitación, rebaja de aranceles al 0%. Se establecieron el Programa de Solidaridad Alimentaria y el Programa Agro-Compita con beneficios para arroceros y agricultores en general (MIDA e IICA, 2009).

Como el arroz es uno de los principales bienes agrícolas producidos y consumidos en Panamá y su producción fue afectada por una plaga, el gobierno decretó ese mismo año cupos extraordinarios para la importación. (MIDA e IICA, 2009). Dada esta situación, el programa Agro-Compita fue ampliado para garantizar al productor de arroz la compra de 100% de su producción con la posibilidad de obtener un mejor precio por 50% de ella; una tasa de interés de 2% en préstamos del Banco Nacional y el Banco de Desarrollo Agropecuario; aumento de la cobertura del seguro de 75% a 90% en caso de siniestro; financiamiento del MIDA de 100% a la asistencia técnica contratada por los productores no mayor al 3% del costo de producción; financiamiento de 100% de proyectos de infraestructura de riego a las superficies menores de 50 hectáreas, 50% para superficies de hasta 500 hectáreas y 25% para mayores de 500 hectáreas (MIDA e IICA, 2009).

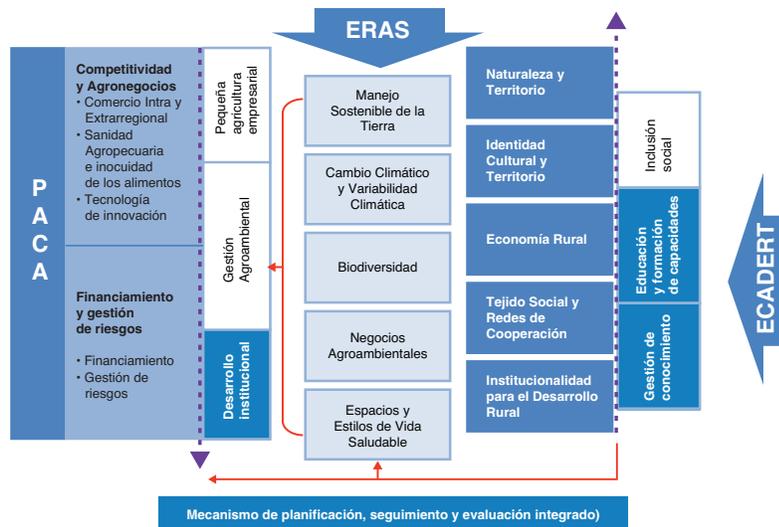
La situación de crisis obligó al gobierno a ajustar compromisos comerciales de granos básicos. Con la OMC se acordó un contingente de 9.711 toneladas de arroz con arancel de 15% y excluyeron el arroz de los acuerdos comerciales con Taiwán, Costa Rica y Singapur (MIDA e IICA, 2009). En el acuerdo de Promoción Comercial con los Estados Unidos establecieron acceso libre de aranceles a volúmenes específicos para alimentos de la canasta básica, incluyendo; exención de arancel para 298.700 toneladas de maíz de los Estados Unidos en 2010 con un aumento anual compuesto de 3%; eliminación progresiva durante 15 años de los aranceles de 40% que paga el maíz al margen de cuotas, a partir de 2012; exenciones arancelarias para 12.190 toneladas de arroz de los Estados Unidos en 2010, con un aumento anual compuesto de 6% y eliminación gradual de los aranceles al arroz entre los 10 y 20 años posteriores a dicho acuerdo (*The White House*, 2012).

## ESTRATEGIAS REGIONALES

El Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) diseñó la “Política Agrícola Centroamericana” (PACA) 2008-2017 con participación de los sectores público, privado y social de los siete países (CAC, 2007). Su objetivo es “promover una agricultura centroamericana sostenible, moderna, competitiva, equitativa, articulada regionalmente, concebida como sector ampliado, con capacidad de adaptarse a nuevos roles y oportunidades, así como de fomentar la complementariedad entre actores públicos y privados”. Tiene dos ejes: la competitividad y agro-negocios, cuyas áreas prioritarias son el comercio intraregional y extraregional, sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos y tecnología e innovación; y financiamiento rural y gestión de riesgos. Asimismo, se definieron tres ejes transversales: pequeña agricultura empresarial, gestión ambiental y desarrollo institucional.

Esta política se articula con otros instrumentos regionales como la Estrategia Centroamericana de Desarrollo Rural y Territorial (ECADERT) y la Estrategia Regional Agroambiental y de Salud de Centroamérica (ERAS) (véase el diagrama 1).

**DIAGRAMA I**  
**CENTROAMÉRICA: MARCO DE POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS REGIONALES DEL SECTOR AGROPECUARIO**



Fuente: SELA (2012).

La ECADERT fue resultado de una serie de consultas y talleres nacionales, regionales y locales rurales organizada por el CAC. Su estrategia tiene cinco ejes articuladores: institucionalidad para el desarrollo rural territorial; tejido social y redes de cooperación territoriales; economía rural de los territorios; identidad cultural del territorio; naturaleza y territorios. Cuenta con tres ejes transversales: equidad e inclusión social en los territorios rurales; educación y formación de capacidades; y gestión del conocimiento.

La Estrategia Regional Agroambiental y de Salud de Centroamérica (ERAS) es una iniciativa intrasectorial consensuada y liderada por el CAC, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y el Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica y la República Dominicana (COMISCA) del SICA. Se sustenta en cinco ejes: manejo sostenible de tierras; cambio climático y variabilidad climática; biodiversidad; negocios agroambientales; espacios y estilos de vida saludable.

Otra política regional relevante es la Estrategia Regional de Cambio Climático (ERCC), resultado de consultas nacionales y regionales. Su objetivo es “contribuir a prevenir y reducir los impactos negativos del cambio climático, mediante el aumento de la resiliencia y de la capacidad de adaptación, a fin de reducir la vulnerabilidad humana, social, ecológica y económica, crear las capacidades para incidir y contribuir a la reducción de las amenazas climáticas y además contribuir voluntariamente a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero según lo permitan las circunstancias nacionales.” Comprende seis áreas de objetivos estratégicos y operacionales: vulnerabilidad y adaptación a la variabilidad y cambio climático, y gestión del riesgo, mitigación, fortalecimiento de capacidades, educación, concienciación, comunicación y participación ciudadana, transferencia de tecnologías y negociaciones y gestión internacional (CCAD-SICA, 2010).

La ERCC incluye un componente de agricultura y seguridad alimentaria con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la agricultura a la variabilidad y cambios del clima e incorporar la adaptación en las políticas regionales. Entre las medidas para alcanzar este objetivo se encuentran: fortalecimiento de la investigación sobre las relaciones entre clima y agricultura, un compendio de metodologías para evaluar la vulnerabilidad actual y futura de la agricultura y la seguridad alimentaria al cambio climático, la organización de cursos anuales de capacitación al personal técnico-científico de centros de investigación agropecuaria, promoción de marcos legislativos e institucionales para el desarrollo y fortalecimiento de los seguros agrícolas y de la oferta de información climática para el mercado de seguros, incluyendo el financiamiento de las aseguradoras para mejorar tales servicios (CCAD-SICA, 2010).

Uno de los instrumentos regionales recientes es la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Centroamérica y la República Dominicana 2012-2025, cuya formulación estuvo a cargo del CAC y el Consejo de la Integración Social Centroamericana (CIS) de la Secretaría de Integración Social Centroamericana (SISCA). Su objetivo es “contribuir a que toda la población de los Estados que conforman el SICA disponga, acceda, consuma y utilice los alimentos de manera permanente y oportuna, en suficiente cantidad, variedad, calidad e inocuidad para satisfacer sus necesidades y preferencias; propiciando la coordinación y diálogo que impulse y promueva la articulación de los sectores y actores relevantes de los ámbitos regional, nacional y local.” (SELA, 2012) (véase el cuadro 12).

**CUADRO 12**  
**CENTROAMÉRICA: LEYES, POLÍTICAS, ESTRATEGIAS E INSTANCIAS NACIONALES DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL**

Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Rep. Dominicana
Política de SAN (2011)	Política Nacional de SAN 2011-2021; Política de Estado Agroalimentaria, de Desarrollo Rural Territorial 2010-2021; Plan Nacional de SAN 2011-2015.	Plan Nacional de Seguridad Alimentaria a 2005; Política Nacional de SAN 2011-2015; Anteproyecto de Ley de SAN 2012.	Ley del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SINASAN) (2005), Reglamento de la Ley del SINASAN (2006); Política Nacional de SAN.	Ley del SAN (2011); Política Nacional de Nutrición; Estrategia de SAN (ESAN).	Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria a 2009; Política Sectorial de Seguridad y Soberanía Alimentaria y Nutricional (2009), Estrategia Nacional de Soberanía y SAN (2009); Plan de acción de la Estrategia Nacional de Soberanía y SAN (2009).	Ley de Creación de la Secretaría Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SENAPAN); Plan Nacional de SAN 2009-2015.	Consejo de Seguridad Alimentaria a 2008; Anteproyecto de la Ley de Soberanía y SAN (2011).

Fuente: SELA (2012)

El Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PRESANCA II) del SICA es responsabilidad del SISCA y actualmente es ejecutado por la FAO y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Su finalidad es reducir la vulnerabilidad alimentaria y nutricional de las poblaciones más pobres de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, particularmente la de las mujeres y niños y fortalecer la integración centroamericana con orientaciones regionales y políticas nacionales de seguridad alimentaria y nutricional.

El Tratado de Libre Comercio entre la Republica Dominicana, Centroamérica y los Estados Unidos (DR-CAFTA) entró en vigor en distintas fechas para cada país a partir de 2006. En lo que respecta a los granos básicos, el maíz blanco fue excluido de la negociación, por lo que la región no está comprometida de reducir sus aranceles de importación. Quedaron establecidas cuotas de importación para volúmenes de grano libres de aranceles, aunque los cupos son pequeños con respecto a la producción de cada país. El frijol rojo quedó protegido con una salvaguarda agrícola especial y un período de desgravación arancelaria de 15 años, con excepción de Guatemala, que eliminó el arancel de forma inmediata. Para el frijol negro, el período de desgravación es de 15 años, con excepción de El Salvador, que lo fijó en 12 años (RED SICTA, IICA y COSUDE, 2009). Para el arroz granza se negoció un contingente arancelario para importar 54.600 toneladas sin impuestos en 2006, volumen que irá incrementándose en 6.200 toneladas cada año hasta 2023. Para el arroz pardo, grano tamaño medio, partido y otros se negoció un contingente arancelario para importar 10.500 toneladas sin impuestos en 2006, volumen que incrementándose cada año en 500 toneladas (MAGA, 2005).

El estudio del proyecto RED SICTA, IICA y COSUDE (2007) señala que la producción de maíz y frijol se ha tornado complicada por diversos factores como la política arancelaria y la firma de acuerdos comerciales regionales y bilaterales, la reducción o eliminación de la banca estatal de fomento y de la investigación y asistencia tecnológica y la mayor presencia del capital internacional en industrias de procesamiento y comercializadoras.

## IV. GRANOS BÁSICOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

La productividad de los cultivos depende de las características geográficas del lugar de producción, como el tipo de suelo, clima, altitud, disponibilidad de agua y ecosistemas naturales, de los insumos y la tecnología utilizados, así como de las características socioeconómicas de los productores. El rendimiento de los cultivos es especialmente sensible a la variabilidad de la temperatura y la precipitación anual e intraanual (mes por mes), incluyendo eventos extremos como golpes de calor, heladas, sequías, lluvias intensas, tormentas y huracanes.

En el presente capítulo se estima la relación entre los rendimientos de los granos básicos con la temperatura y la precipitación mensuales, según los registros disponibles para la década de 2000. El análisis se realiza a nivel de departamentos, o provincias en Costa Rica y Panamá, distritos en Belice, y en el caso de Honduras, por regiones agrícolas. Posteriormente se estiman los efectos potenciales de dos escenarios climáticos futuros sobre los rendimientos de estos productos en dichas unidades geográficas. Los escenarios son denominados B2 y A2, propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)<sup>7</sup>, y se emplea el método de estimación de modelos de funciones de producción.

### METODOLOGÍA

El enfoque de modelos de funciones de producción se basa en establecer una relación entre el nivel de producción o rendimiento y los factores que lo determinan, principalmente insumos, precios, tecnología y ambiente (Segerson y Dixon, 1998). Fleischer, Lichtman y Mendelsohn (2007) proponen que la función de producción ( $Q$ ) depende de variables endógenas y exógenas y de la capacidad productiva de los agricultores. Las variables endógenas ( $x$ ) incluyen trabajo, capital, fertilizantes y otros insumos. Las exógenas ( $z$ ) comprenden variables climáticas, geográficas y condiciones de suelo, entre otras. Las características de los agricultores ( $m$ ) incluyen variables de capital humano. La relación entre las variables se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q_t = f(m_t, z_t, x_t) \quad (1)$$

Donde  $Q_t$  representa la producción o el rendimiento por hectárea de un producto agropecuario determinado y el subíndice  $t$  indica el tiempo. Mediante la estimación de la función de producción que incluya variables climáticas como temperatura y precipitación es posible simular el efecto en la producción debidos a dichas variables.

<sup>7</sup> El Panel Intergubernamental de Cambio Climático fue establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988. Su función es analizar de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación. Participan aproximadamente 2.500 científicos y representantes de aproximadamente 100 gobiernos. ([http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.htm#1](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.htm#1)).

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

En el análisis de funciones de producción, la relación entre los rendimientos y las variables climáticas tiene una forma cuadrática, es decir el efecto que tiene la temperatura y precipitación sobre la producción no es lineal. Por ejemplo, partiendo de una situación inicial de bajas temperaturas, la producción incrementaría en respuesta a aumentos de esta variable, hasta llegar a un rango de temperatura óptima para el desarrollo de la planta, después de dicho nivel de temperatura la producción decrecería. Una relación similar ocurre con la lluvia.

Los efectos de las variables climáticas en los rendimientos agrícolas se obtienen mediante la ecuación estimada de la relación histórica entre estas variables y los rendimientos. Como segundo paso, se introduce los escenarios climáticos en la función establecida con la información histórica. Lo anterior permite obtener una estimación de los rendimientos agrícolas ante las tendencias futuras del clima. No se realizó una predicción de la producción de los cultivos porque tendría el inconveniente de que se requiere del pronóstico de superficie cultivada que depende del cambio de uso de suelo bajo los escenarios climáticos y de cambios tecnológicos.

Este tipo de análisis aísla el impacto potencial del cambio climático, manteniendo los otros factores estables, así simulando cambios en los rendimientos en caso de que no se tomaran medidas de adaptación. Así, sirve para alertar sobre la vulnerabilidad y exposición del sector y la necesidad de emprender acciones de adaptación. Es importante tomar en cuenta esta orientación del análisis para no sobreestimar los daños previstos (Mendelsohn y otros, 1994)<sup>8</sup>.

## BASES DE DATOS

Las variables utilizadas en este análisis incluyen la información climática, agropecuaria, geográfica, económica y sociodemográfica disponible a nivel de departamento. Como ya se mencionó, la palabra “departamento” se usa para designar genéricamente las divisiones administrativas territoriales en el primer nivel subnacional cuando se refiere al conjunto de la región, e incluyen las provincias de Costa Rica y Panamá, los distritos de Belice y las regiones agrícolas de Honduras. Ha sido posible generar estimaciones específicas para las comarcas de Kuna Yala y Ngöbe-Bugle de Panamá. Para la comarca de Emberá-Wounaan se recomienda utilizar los resultados del Darién.

En este análisis se utilizaron modelos de panel, cuyos datos permiten hacer observaciones individuales, en este caso de estos 95 departamentos<sup>9</sup>, a lo largo del tiempo. Este tipo de datos ofrecen ventajas de especificación sobre los datos de sección cruzada, pues proveen más información, incrementan los grados de libertad<sup>10</sup> y reducen la colinealidad<sup>11</sup> entre las variables explicativas, por lo que mejoran la eficiencia de las estimaciones econométricas (Hsiao, 2003). También permiten estimar efectos a través del tiempo, a diferencia de los datos de sección cruzada. El modelo aquí utilizado es de efectos aleatorios, que permite suponer que cada departamento tiene un intercepto específico, de modo que su individualidad se controla en el análisis.

Un paso importante en este análisis fue homogenizar la información de las variables a la década 2000 y a la misma escala geográfica por departamentos. A continuación se describen las bases de datos utilizadas y los ajustes realizados para homologarlas.

---

<sup>8</sup> Este sesgo es llamado a veces “**dumb farmer scenario**” para indicar que omite una serie de adaptaciones que los agricultores hacen habitualmente en respuesta a variaciones climáticas.

<sup>9</sup> Los departamentos de Honduras fueron agrupados en siete regiones agrícolas de acuerdo a la clasificación de las Encuestas Agrícolas Básicas de este país.

<sup>10</sup> Los grados de libertad se definen como la diferencia entre el número de datos y el número de variables que explican el modelo, para una estimación estable es preferible tener una gran cantidad de datos respecto a coeficientes a estimar.

<sup>11</sup> La colinealidad es la correlación entre variables explicativas del modelo.

Las variables dependientes son los rendimientos por hectárea de maíz, frijol y arroz de cada departamento. Estos datos fueron proporcionados por los ministerios de agricultura de los países, constatando que las series históricas solamente fueron disponibles a escala departamental para la última década. En algunos casos se requirió un procesamiento especial para estimar datos no disponibles a esta escala (véase cuadro 14 en el capítulo IV). La disponibilidad temporal de datos de rendimientos dio la pauta para la colección del resto de los datos. Se incluyeron los datos de precios pagados al productor por país en dólares por tonelada en el período 2001-2009, tomados de la base de datos SIAGRO de la CEPAL, y en el caso de Belice son de FAOSTAT. Los mayores incrementos de precios en todos los países se dieron entre 2008 y 2009 como consecuencia de su aumento generalizado en el mundo. Otras variables económicas consideradas son el PIB y el PIB agrícola reportados por CEPAL. Las variables de localización geográfica son latitud y longitud medidas en grados y altitud en metros sobre el nivel del mar. Estas variables fueron tomadas de varias fuentes electrónicas, incluyendo las páginas web de los institutos de estadística y geografía.

Como variable de capital humano se incluyó la tasa de alfabetización de 2001 a 2009, información proveniente de los ministerios de estadística y de los informes nacionales de desarrollo humano. Diversos estudios para Brasil, Israel, Japón, Kenia, Corea, Grecia, Colombia, Tailandia y Nepal demuestran que la educación es decisiva para incrementar la productividad (Ramírez, 2011). Chou y Lau (1987) demuestran que un año adicional de estudio se traduce en un aumento de 2,5% de la producción agrícola, utilizando una muestra de hogares rurales en Tailandia. La misma relación positiva entre educación y productividad agrícola se ha encontrado en Guatemala (Philips y Márble, 1986) y en Pakistán (Azhar, 1991). Esta relación es explicada de la siguiente manera por Mellor y B. Johnston (1984): la inversión en capital humano facilita la adopción de nuevas tecnologías como riego, mecanización y uso de nuevos insumos, fertilizantes y pesticidas. La tasa de alfabetización de adultos para el período de estudio presentó grandes diferencias, entre 93,7% en Costa Rica, mientras que en Guatemala es de 69,2%. Para estimar la demanda de granos, se utilizó información sobre la población por departamento.

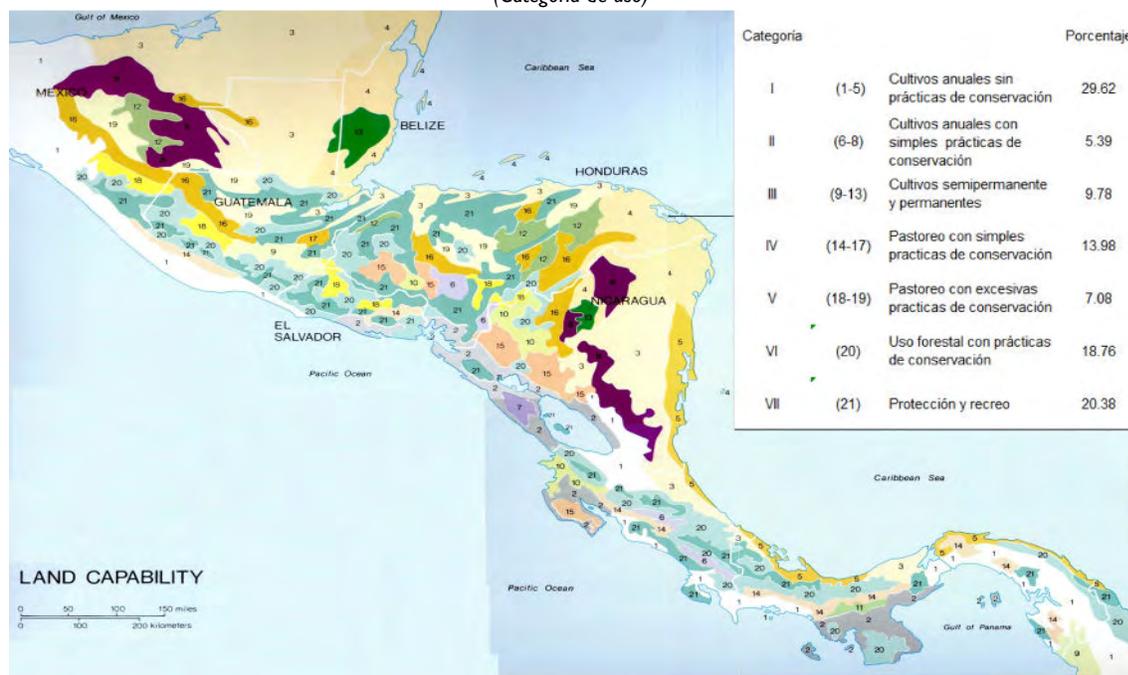
Para tipos de suelo se utilizó el análisis de Hall (Hall y Pérez Brignoli, 2003), recomendado por expertos del CATIE porque considera el mejor uso de la tierra según sus características naturales y deriva de ellas el ordenamiento óptimo para su uso sostenido (Vargas 1992)<sup>12</sup>. Esta clasificación de uso potencial de la tierra consta de siete categorías (véase el mapa 7). La categoría I comprende los suelos de altos rendimientos porque las condiciones agroecológicas son favorables para la siembra y labranza. En la categoría II se agrupan los suelos con algunas limitaciones, incluyendo los de tipo edáfico, los propensos a inundación, los excesivamente drenados o los sujetos a largas temporadas lluviosas. La categoría III incluye suelos que requieren medidas de conservación como canales de drenaje, terrazas y siembras en contorno. La categoría IV comprende suelos no aptos para cultivo, sino para pastos con un manejo muy cuidadoso (pasto sembrado, manejado, sin sobrepastoreo y a veces sólo para corte). Los suelos de la categoría V son aptos para pastoreo de bajo rendimiento y requieren intensas prácticas de conservación, por lo que demandan grandes inversiones. Estos terrenos presentan limitaciones edáficas e incluyen suelos muy arcillosos, con topografía de gran

---

<sup>12</sup> El uso de la tierra comprende dos tipos: el uso actual y el uso potencial o capacidad de uso. El uso actual se relaciona con las actividades actualmente realizadas por el ser humano, las cuales pueden ser irracionales e inadecuadas relativo a la capacidad del suelo. El uso potencial es el mejor uso que se podría dar a la tierra con base en sus características naturales sin perjudicar su uso sostenido.

pendiente y susceptibles a erosión severa. La categoría VI comprende suelos de uso forestal que pueden ser dedicados a la producción intensiva y permanente de madera con prácticas de conservación de la tierra. El uso irracional de estos suelos origina consecuencias irreversibles en la biomasa. La categoría VII comprende suelos que no reúnen las condiciones mínimas para cultivo, pastoreo o actividad forestal; son tierras de gran pendiente, de fuerte precipitación, neblina y viento; deben ser declaradas como espacios protegidos para mantener y proteger la vida silvestre, las cuencas hidrográficas, la producción de agua y la biodiversidad (Vargas, 1992).

**MAPA 7**  
**CENTROAMÉRICA: CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA**  
(Categoría de uso)



Fuente: Hall y Pérez Brignoli, 2003

Con esta clasificación se construyeron siete variables<sup>13</sup>, una por cada categoría, para diferenciar el uso potencial del suelo de cada departamento. Algunos departamentos incluyen varias categorías de suelo. De acuerdo con Vargas (1992), entre mayor sea el número de la categoría, mayores son las limitaciones en el uso de la tierra. La mayor superficie de la región, alrededor de 29%, corresponde a la categoría I, la de mayor rendimiento. Le sigue la categoría VII, protección y recreo, con 20%. La categoría VI, uso forestal con prácticas de conservación, representa alrededor de 19%. La categoría IV, pastoreo con prácticas de conservación, representa 14%. Las categorías III (cultivos permanentes y semipermanentes), V (pastoreo con prácticas de conservación intensivas) y II (cultivos anuales con prácticas de conservación elementales) representan 10%, 7% y 5%, respectivamente (véase el mapa 7).

Al contar con estas series de datos productivos, económicos y sociales, fue necesario tener la base de datos climáticos con la misma temporalidad. Lo óptimo hubiera sido contar con mapas de isotermas e isoyetas basadas en las series generadas por las estaciones meteorológicas de la región y así generar información georeferenciada a escala departamental. No obstante, estos mapas aun son extremadamente limitados y no automatizados. Debido a esta limitación se siguió la recomendación del Centro de Ciencia de la Atmósfera de la UNAM, en la iniciativa ECC CA, de usar las bases de datos climáticos de WorldClim y de *Climatic Research Unit* (CRU) de la Universidad de East Anglia.

<sup>13</sup> A cada clasificación de suelo se le asigna un valor de 1 cuando un departamento presenta ese tipo de suelo y 0 cuando no.

La información del WorldClim tiene la ventaja de considerar la orografía con una resolución de 30 segundos de arco o 0,0083°, lo que permite estimar datos de temperatura y precipitación para zonas que no cuentan con registros meteorológicos. Esta base ha sido utilizada por ECCCA en sus estudios de biodiversidad, ecosistemas, hidroelectricidad y patrones intraanuales de clima y aridez (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA 2011; CEPAL, COSEFIN CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a, 2012b, 2012c; CEPAL, CEL, MARN ES, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012). Su limitación es que es una base con el promedio de 1950 a 2000 lo que no coincide con la disponibilidad de datos agrícolas, y al ser un promedio no refleja la variabilidad anual.

Por esta razón se decidió usar la base de datos del CRU TS3.1, la cual fue utilizada en diversos análisis en la ECCCA. Su ventaja es que cuenta con series anuales y mensuales desde 1901 hasta 2009, lo que permite contar con información climática del mismo período donde hay disponibilidad de datos agrícolas. Aunque esta base contiene datos de temperatura y precipitación mensuales de más de cuatro mil estaciones meteorológicas de todo el mundo, sus desventajas son que no detalla la orográfica y tiene una baja resolución de 30 minutos de arco o 0,5°. Estas características requirieron dos procesos de ajuste a esta base antes de poder utilizarla.

Como primer paso para contar con valores climáticos por departamento, distritos o provincias el Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET) generó la serie de tiempo por cada división territorial solicitada, para lo cual dispuso de dos bases de información la base de contorno de los mapas de Centroamérica y la base del CRU TS3.1 en el mismo sistema de georeferenciación, con lo cual se procedió a realizar la intersección de los valores de cada celda de las rejillas climáticas y los departamentos, con la proyección resultante se determinó la superficie de cada departamento en cada una de las rejillas y determinar sus valores climáticos para cada departamento.

Como segundo paso, y debido a la baja resolución orográfica de la base de datos del CRU, fue necesario verificar y ajustar los datos que generó el INSMET con información de las estaciones meteorológicas de cada departamento. En particular, los datos del CRU mostraron diferencias relativas a las estaciones y la base de datos WorldClim en los niveles de temperatura, especialmente en zonas de mayor altitud, mientras que en otras no reflejaba el patrón mensual real de la precipitación.

Para realizar estos ajustes se utilizaron los datos de las estaciones meteorológicas de El Salvador, Guatemala, Honduras y Panamá e información disponible en internet de estaciones de Belice y Costa Rica, cuyos datos son el promedio de distintos años de los noventa. Para el caso de Nicaragua se utilizó la información disponible en los anuarios estadísticos, los cuales contienen información de temperatura y precipitación por mes. La información utilizada se muestra en el cuadro 13.

**CUADRO 13**  
**INFORMACIÓN DISPONIBLE DEL CRU TS3.1 Y ESTACIONES METEREOLÓGICAS**

Temperatura (°C) y Precipitación (mm)			
Años	CRU TS3.1	WorldClim	Estaciones
1950-2000		✓	
1991-2000	✓		✓
2001-2009	✓		

El INSMET recomendó usar la metodología de ajuste de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) (WMO, 1983) con una fórmula para la temperatura basada en diferencias y otra para la precipitación basada en tasas. Este es un procedimiento utilizado ampliamente para llenar vacíos de información o comprobar valores de los registros de clima sobre los cuales pueden haber dudas, como suele suceder al comparar datos de dos bases distintas y se observa que la diferencia (en temperatura) o la relación (precipitación) tienden a ser constantes (WMO, 1983). Al aplicar las metodologías de diferencias o tasas para ajustar las series es necesario que las series comparadas estén estrechamente relacionadas a nivel geográfico y temporal para que la comparación sea significativa.

Con la información disponible, los datos de temperatura del CRU TS3.1 se ajustaron con la metodología de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1983):

Para temperatura la formula de ajuste es:

$$(A) \quad x_{j,m} = a_{j,m} + (\overline{b_m} - \overline{a_m})$$

Donde:

$x_{j,m}$  es el valor de la temperatura ajustado de la base CRU TS3.1 del año  $j$  (en el período 2001-2009) en el mes  $m$  a calcular.

$a_{j,m}$  es el valor de la temperatura de la base CRU TS3.1 del año  $j$  (en el período 2001-2009) en el mes  $m$ .

$\overline{b_m} = \frac{\sum_{i=1991}^{2000} b_{i,m}}{n}$  es el promedio de la temperatura del período 1991-2000 de las estaciones meteorológicas para el mes  $m$ .

$b_{i,m}$  es el valor de la temperatura de las estaciones meteorológicas del año  $i$  (en el período 1991-2000) en el mes  $m$ .

$\overline{a_m} = \frac{\sum_{i=1991}^{2000} a_{i,m}}{n}$  es el promedio de la temperatura del período 1991-2000 para el mes  $m$  de la base del CRU TS3.1.

$a_{i,m}$  es el valor de la temperatura de la base CRU TS3.1 del año  $i$  (en el período 1991-2000) en el mes  $m$ .

Para la precipitación la formula que corrige la información es:

$$(B) \quad y_{j,m} = c_{j,m} \cdot \left( \frac{\overline{d_m}}{\overline{c_m}} \right)$$

Donde:

$y_{j,m}$  es el valor ajustado de la precipitación de la base CRU TS3.1 del año  $j$  (en el período 2001-2009) en el mes  $m$  a calcular.

$c_{j,m}$  es el valor de la precipitación de la base CRU TS3.1 del año  $j$  (en el período 2001-2009) en el mes  $m$ .

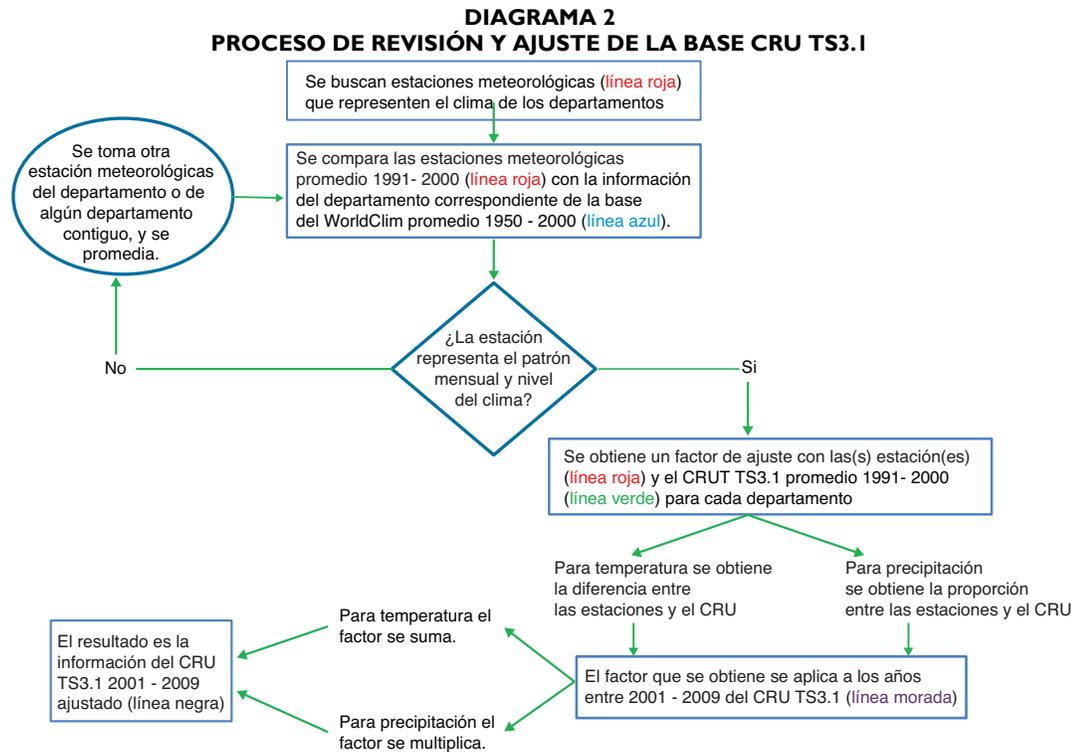
$\overline{d_m} = \frac{\sum_{i=1991}^{2000} d_{i,m}}{n}$  es el promedio de la precipitación del período 1991-2000 de las estaciones meteorológicas para el mes  $m$ .

$d_{i,m}$  es el valor de la precipitación de las estaciones del año  $i$  (en el período 1991-2000) en el mes  $m$ .

$\overline{c_m} = \frac{\sum_{i=1991}^{2000} c_{i,m}}{n}$  es el promedio de la precipitación del período 1991-2000 para el mes  $m$  de la base del CRU TS3.1.

$c_{i,m}$  es el valor de la precipitación de la base CRU TS3.1 del año  $i$  (en el período 1991-2000) en el mes  $m$ .

El procedimiento de ajuste para cada departamento en el caso de la base de datos CRU TS3.1 fue el siguiente (véase el diagrama 2).



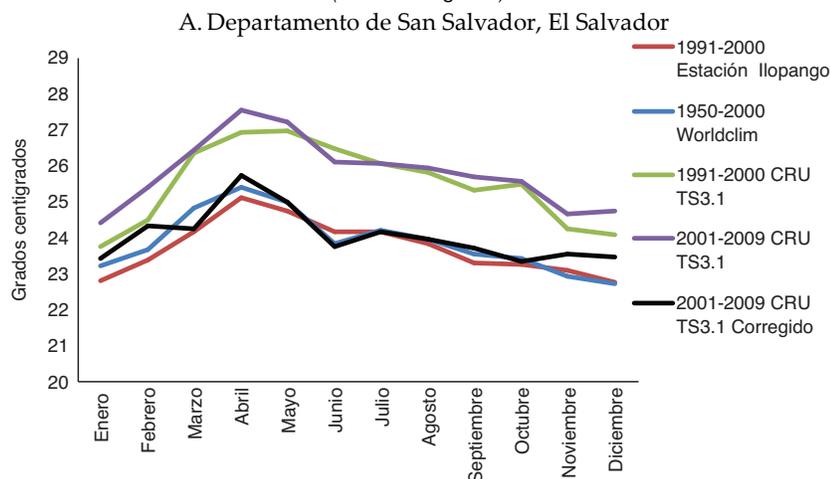
A continuación, se detallan los pasos realizados y se muestran unos ejemplos de del procedimiento para la temperatura y para la precipitación:

- Para cada departamento se localizaron las estaciones meteorológicas correspondientes y se obtuvo el promedio de la temperatura y precipitación para cada mes del período 1991-2000.
- Para verificar que los datos de las estaciones representaran a los departamentos, la información fue cotejada gráficamente con los datos de la base de WorldClim bajada de escala para los departamentos de Centroamérica. Esta última base fue validada por la iniciativa ECC CA y se consideró que representa razonablemente el clima de la región.
- Para los departamentos sin estaciones meteorológicas se utilizó la información de estaciones contiguas y características similares.
- En el análisis gráfico se identificaron casos en los que el patrón de las variables de clima de algunas estaciones no corresponde al patrón de los datos de WorldClim. En estos casos se consideró la información de estaciones meteorológicas cercanas al departamento en cuestión para promediarla. El resultado fue una mejor representación del nivel de temperatura y los patrones de precipitación. Los gráficos 29 y 30 muestran los resultados de la comparación entre las estaciones y la base de WorldClim:
  - La gráfica 29 (A) muestra que la temperatura media mensual de la estación de Ilopango entre 1991 y 2000 (línea roja) es similar a la temperatura generada en WorldClim (línea azul claro) para el departamento de San Salvador en el período de 1950-2000. En el caso de la provincia de Chiriquí, Panamá, se usó el promedio de tres estaciones para obtener una representación similar a la de WorldClim (véase el gráfico 29 (B)).
  - En el caso del ajuste de la precipitación mensual, el gráfico 30 (A) muestra dos ejemplos. La serie de la estación meteorológica de INSIVUMEH de Guatemala

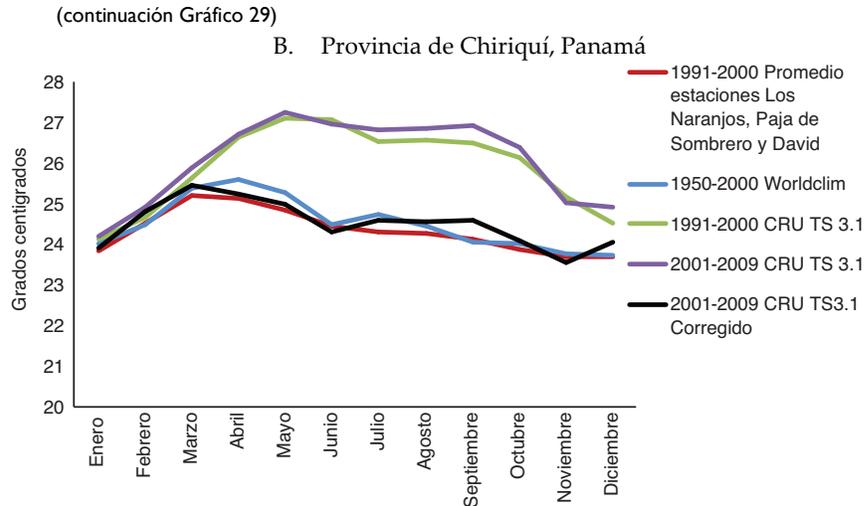
(línea roja) presenta similitud con el patrón de precipitación mensual del departamento de Guatemala generado por la base del WorldClim. En el caso del departamento de Lempira (gráfico 30 (B)) en Honduras, se utilizó el promedio de más de una estación meteorológica para generar una mejor representación del patrón.

- El siguiente paso fue obtener el factor de ajuste de la temperatura (diferencia) y precipitación (tasa) según la metodología de la OMM. Estos factores fueron calculados para la década de los noventa para que la validación fuera lo más cercana al promedio del WorldClim:
  - Para temperatura el ajuste es la diferencia entre los datos de las estaciones meteorológicas (línea roja en el gráfico 29) y los de la base del CRU TS3.1 del promedio del período 1991-2000 (línea verde del gráfico 29). Una diferencia negativa indica que las magnitudes del CRU TS3.1 son mayores que las de las estaciones y viceversa.
  - Para precipitación el factor de ajuste es el cociente o la tasa entre el valor registrado en las estaciones (línea roja en el gráfico 30) y el del CRU TS 3.1 del promedio del período 1991-2000 (línea verde en gráfico 30).
- Para ajustar la temperatura, la diferencia obtenida en el paso anterior se sumó a cada año del período 2001-2009 de la base del CRU TS3.1, representada en la gráfica 29 por la línea morada (promedio 2001-2009) (véase ecuación A). La serie ajustada está representada por la línea negra. En el caso de la precipitación el cociente obtenido en el paso anterior se multiplica por el valor de cada uno de los años del período 2001-2009 de la base del CRU TS3.1 (línea morada del gráfico 30) (véase ecuación B); de esta manera se tiene la serie ajustada del CRU TS3.1 (línea negra); si el promedio de la precipitación de los datos de la estación meteorológica es igual al promedio de la precipitación del CRU TS3.1, el cociente es igual a 1, por lo que el dato del CRU TS 3.1 de los años entre 2001-2009 no cambia. Si el cociente es mayor a 1, significa que la lluvia registrada en las estaciones es mayor que la reportada por el CRU TS3.1; en este caso el ajuste de la lluvia es al alza; por el contrario, si el cociente es menor a 1, la precipitación se ajusta a la baja.

**GRÁFICO 29**  
**EL SALVADOR Y PANAMÁ: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE DOS DEPARTAMENTOS, COMPARANDO ESTACIONES METEOROLÓGICAS, WORLDCLIM Y CRU TS3.1, DOS DÉCADAS**  
 (Grados centígrados)

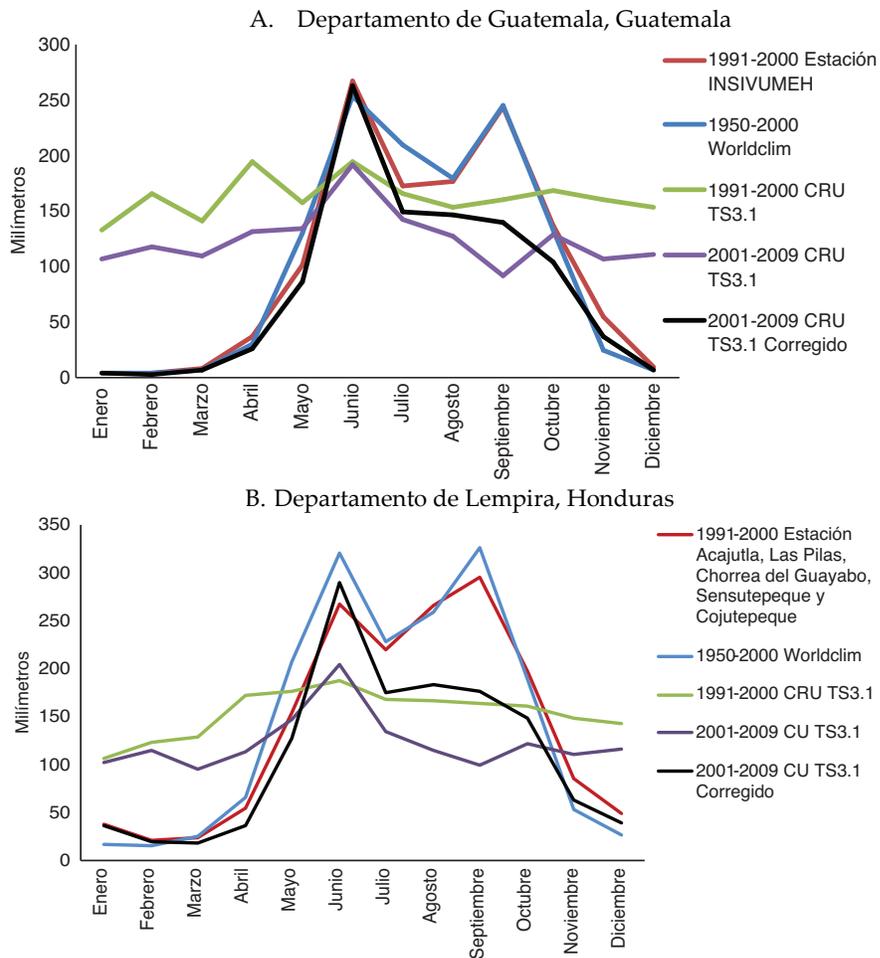


(continúa)



Fuente: Elaboración propia con información del WorldClim, CRU TS3.1 y las estaciones meteorológicas.

**GRÁFICO 30**  
**GUATEMALA Y HONDURAS: PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL DE DOS DEPARTAMENTOS, COMPARANDO ESTACIONES METEOROLÓGICAS, WORLDCLIM Y CRU TS3.1, DOS DECADAS**  
 (Milímetros)



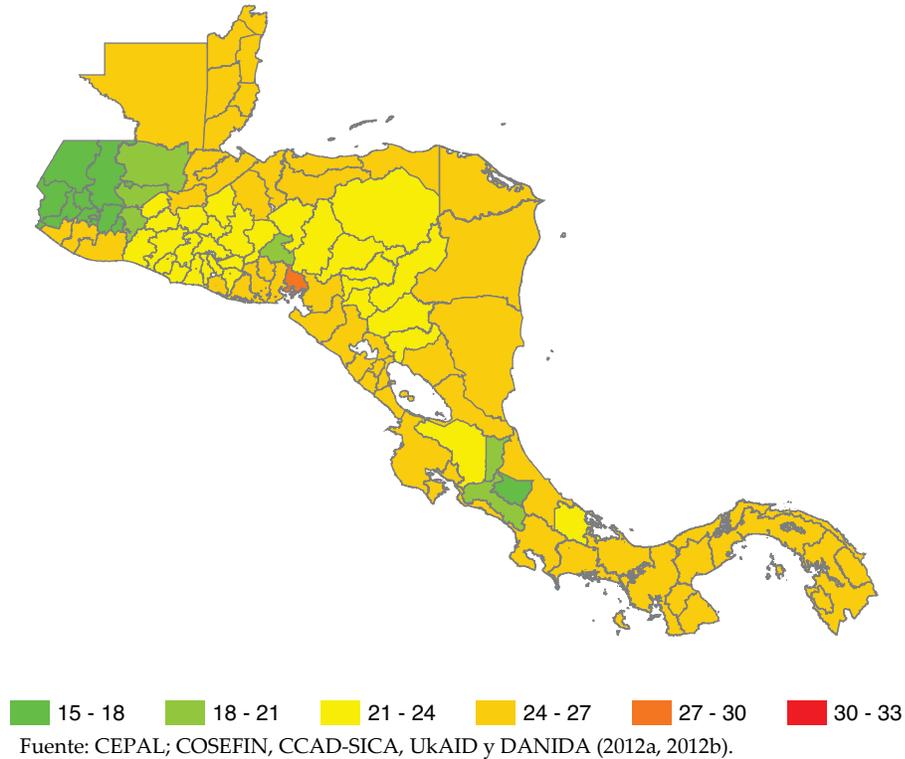
Fuente: Elaboración propia con información del WorldClim, CRU TS3.1 y las estaciones meteorológicas.

Las correcciones generadas por este procedimiento también se pueden ilustrar con los mapas generados de las bases de datos respectivos. En el mapa 8 se muestra la temperatura media por departamento con información de WorldClim para el período 1950-2000 (CEPAL, COSEFIN, CCAD-SICA, UKAID y DANIDA, 2012a). Se observan zonas más frías como el Altiplano Occidental Guatemalteco y el Valle Central de Costa Rica, y zonas más calientes en la costa del Atlántico y gran parte de la zona del Pacífico. En el mapa 9 (A) se muestra la base de temperatura generada por el CRU TS3.1, promedio 2001-2009. Se observa que la zona más fría corresponde a Nicaragua, mientras que la más caliente es la de El Peten, los seis distritos de Belice, Choluteca, Francisco Morazán y Yoro en Honduras; el resto de los departamentos se ubica en un rango de 24 °C a 27 °C. En el mapa 9 (B) se muestra la base de temperatura del CRU TS3.1 después del ajuste. Se pueden apreciar las similitudes con los datos del WorldClim: el altiplano Guatemalteco es la zona más fría con rangos de 21 °C a 24 °C, igual a algunos departamentos de la zona centro de El Salvador, Guatemala, Honduras y Costa Rica.

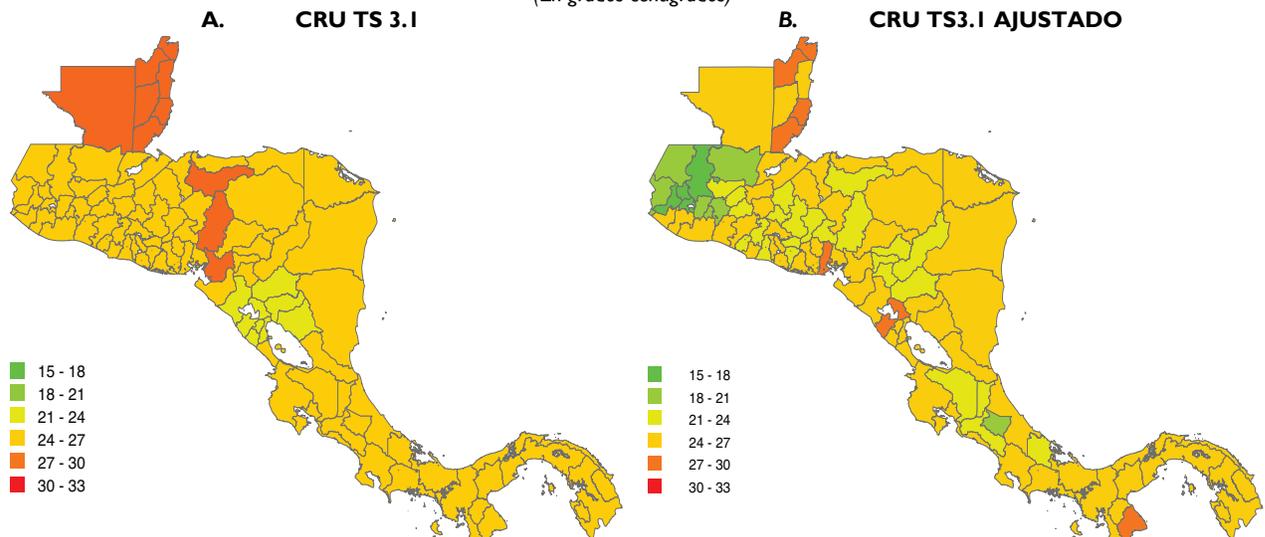
En el mapa 10 se representa la distribución de la lluvia por departamentos en el período 1950-2000, según WorldClim. El mayor volumen ocurrió en la costa del Atlántico y en la costa del Pacífico de Costa Rica y Panamá, mientras que el menor se registró en la zona central de Guatemala y Honduras. En el mapa 11 (A) se muestran los datos generados por el CRU TS3.1, los cuales ubican a gran parte de los departamentos en el rango de 65 mm a 110 mm mensual media anual. El mapa 11 (B) muestra el CRU TS3.1 ajustado, donde se observa que los departamentos del Atlántico y de Costa Rica y Panamá tuvieron los mayores niveles de precipitación, mientras que los departamentos del Pacífico y las regiones centrales de Honduras y Nicaragua registraron niveles más bajos.

Al completar el proceso de ajuste de la climatología, se pudo constituir la base de datos con el conjunto de las variables. Un resumen de todos los datos utilizados se presenta en el cuadro 14. En la construcción de las funciones de producción, los rendimientos en toneladas por hectárea (t/ha) de los granos seleccionados son la variable dependiente (la cual se busca explicar) y las variables explicativas fueron la temperatura promedio mensual y la precipitación acumulada mensual, variables geográficas (altitud, latitud, longitud, tipos de suelos), económicas (precios al productor, PIB) y sociales (tasa de alfabetización en adultos y población).

**MAPA 8**  
**CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO DE LA BASE DEL**  
**WORLDCLIM, PROMEDIO 1950–2000**  
*(En grados centígrados)*

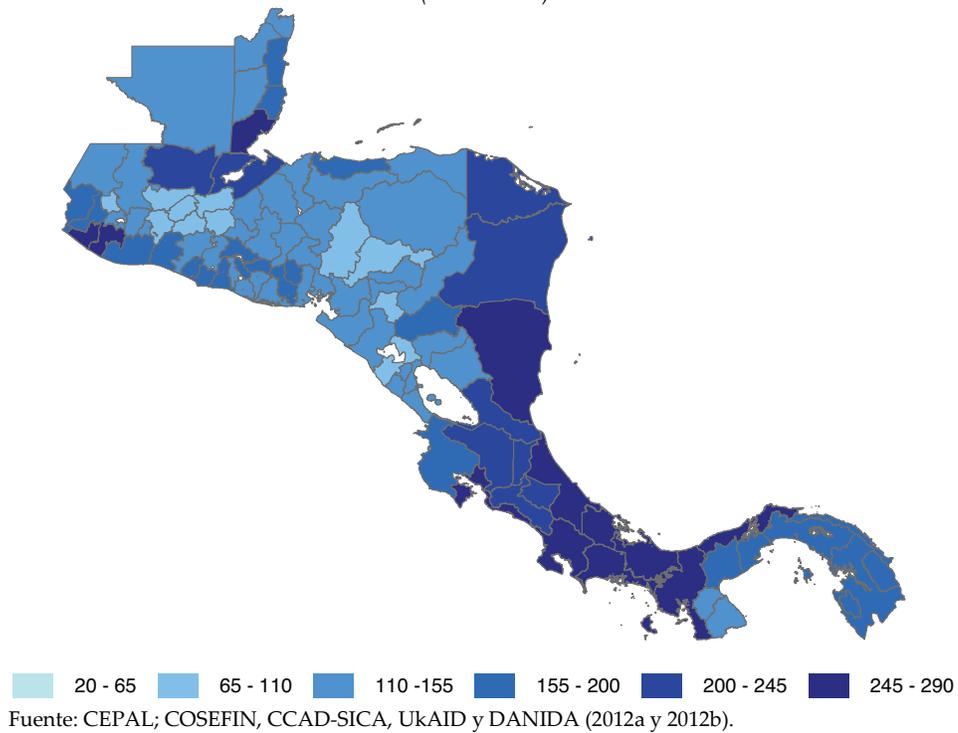


**MAPA 9**  
**CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO DE LA BASE DEL CRU**  
**TS3.1, PROMEDIO 2001–2009**  
*(En grados centígrados)*

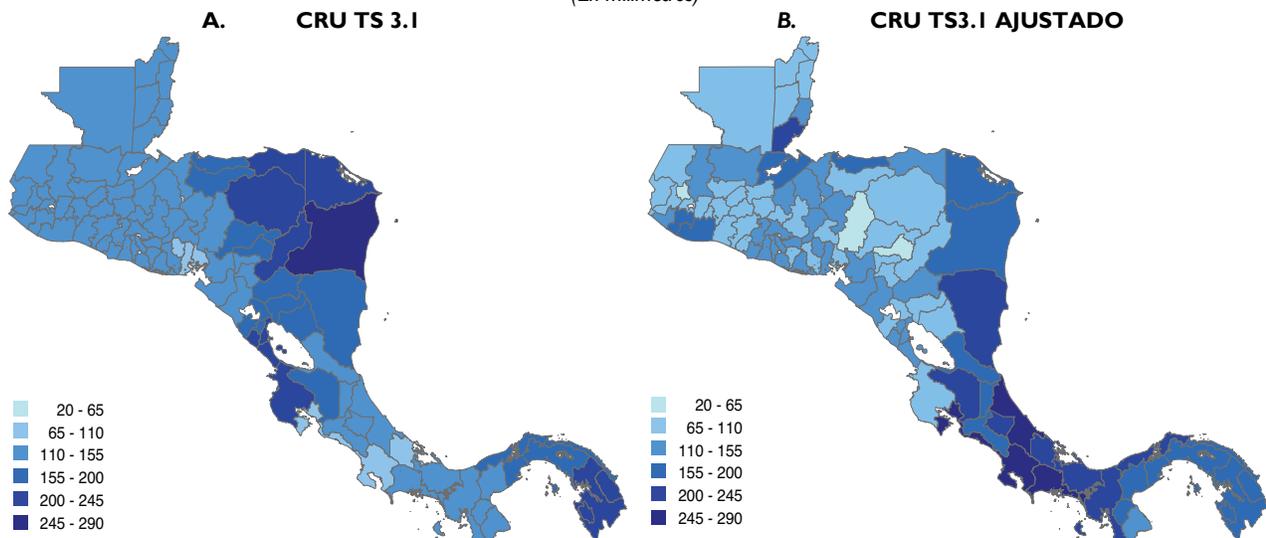


Fuente: Elaboración propia con información del CRU TS3.1

**MAPA 10**  
**CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO DE LA BASE DEL**  
**WORLDCLIM, PROMEDIO, 1950-2000**  
*(En milímetros)*



**MAPA 11**  
**CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO DE LA BASE DEL CRU**  
**TS3.1, PROMEDIO 2001-2009**  
*(En milímetros)*



**CUADRO 14**  
**CENTROAMÉRICA: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, 2001-2009**

Variable	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Rendimiento de arroz (t/ha)	553	3,15	1,60	0,54	8,79
Rendimiento de frijol (t/ha)	534	0,73	0,29	0,09	1,82
Rendimiento de maíz (t/ha)	662	1,82	0,77	0,36	4,25
Temperatura febrero (°C)	765	23,78	3,16	13,64	30,32
Temperatura mayo (°C)	765	25,28	2,99	15,61	30,17
Temperatura julio (°C)	765	24,27	2,97	14,80	29,35
Temperatura octubre (°C)	765	23,81	3,00	13,82	28,33
Precipitación febrero (mm)	765	21,48	32,89	0,06	252,44
Precipitación mayo (mm)	765	174,38	120,78	27,21	932,27
Precipitación julio (mm)	765	203,44	122,58	7,56	841,04
Precipitación octubre (mm)	765	224,79	144,83	33,71	961,03
Altitud (msnm)	765	598,58	602,11	0	2505,00
Latitud (grados)	765	13,09	2,53	7,77	18,40
Longitud (grados)	765	-86,96	3,52	-91,80	-78,15
Suelo I	765	0,61	0,49	0	I
Suelo II	765	0,12	0,32	0	I
Suelo III	765	0,20	0,40	0	I
Suelo IV	765	0,40	0,49	0	I
Suelo V	765	0,12	0,32	0	I
Suelo VI	765	0,46	0,50	0	I
Suelo VII	765	0,51	0,50	0	I
Precios arroz (dólares)	765	274,30	66,62	188,52	576,27
Precios frijol (dólares)	765	232,24	67,40	135,84	508,74
Precios maíz (dólares)	765	700,56	212,48	383,57	1502,39
Tasa de alfabetismo a/	765	78,40	11,36	42,70	97,92
PIB	765	16147	8942	900	31649
PIBA	765	1752	1050	94	3786
Población (personas)	765	499589	580853	9544	3074758

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las variables de rendimientos tienen menos observaciones ya que hay departamento sin registros o no tienen registros todos los años.

a/ % de personas de 15 años y mayores

## RESULTADOS DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCION HISTORICAS

El resultado de las estimaciones de las funciones de producción se presenta en el cuadro 15. Los coeficientes estimados miden los efectos de la temperatura, la precipitación y las variables geográficas, económicas y sociales sobre los rendimientos. Después de diversas pruebas, se determinó utilizar los datos de temperatura promedio y precipitación acumulada de febrero, mayo, julio y octubre para cubrir todo el ciclo agrícola, y especialmente las dos épocas de cultivo de mayor producción, la primera y la postrera. Se revisaron los signos de las variables de clima, buscando que la mayoría tuvieran signo positivo en el término lineal y signo negativo en el término cuadrático. También se buscó que los valores óptimos de las variables de clima fueran consistentes con la fenología de los granos básicos, dados los coeficientes obtenidos de las ecuaciones. Por último, se verificó que las proyecciones de los rendimientos arrojaran resultados lógicos, considerando la literatura disponible sobre los efectos potenciales de los escenarios de cambio climático.

En el caso de la temperatura y la precipitación se incluyeron términos cuadráticos para poder capturar los efectos no lineales del clima sobre los rendimientos. Así, coeficientes cuadráticos negativos significan que existe un nivel óptimo de una variable climática, pero si este nivel se reduce o se aumenta significativamente, la producción resultante sería menor. Los términos cuadráticos permiten trazar el aumento inicial de rendimientos desde niveles menos que ideales de temperatura

y lluvia hasta el punto de inflexión de máximos rendimientos, a partir de los cuales los aumentos posteriores tienen efectos adversos sobre la producción. La mayoría de los coeficientes relacionados con el clima generados en las funciones de producción no son significativos individualmente, lo cual puede deberse a la colinealidad introducida por los términos cuadráticos (Segenson y Dixon, 1998). Es decir, la correlación entre diversas variables utilizadas limita el poder explicativo de cada una y es posible que el t-estadístico (prueba individual de significancia) de los coeficientes resulte no significativo. Sin embargo, la ecuación en su conjunto posee capacidad de predicción, ya que la prueba de Wald  $\chi^2$  indica que los coeficientes son estadísticamente significativos en conjunto.

En el cuadro 15 se presentan las funciones de producción generadas para los tres cultivos que representan el efecto de las variables climáticas, geográficas, económicas y sociales sobre los rendimientos de los granos básicos. De los coeficientes estimados, el tipo de suelo I presenta signos positivos para frijol y maíz; el tipo de suelo II es positivo para frijol. Esto se debe a que estos suelos son bien drenados, tienen elevada capacidad de retención de agua y presentan condiciones agroecológicas favorables. El arroz se cultiva en una amplia gama de suelos, así que presenta signo positivo en varias categorías. Cuando el suelo es de signo negativo no significa que los granos no se siembren en ellos, sino que los rendimientos son menores.

En cuanto a las variables geográficas, para el coeficiente de altitud el signo resulta negativo para frijol y arroz, indicando que a mayor altura los rendimientos disminuyen, mientras que para el maíz la altitud no resultó relevante. Este coeficiente no fue significativo individualmente. Para incorporar la latitud y la longitud a la función de rendimientos, la mejor manera es representarlas como variables de interacción, donde el efecto de cada una varía en distintos niveles. Para los tres granos básicos el coeficiente tiene signo negativo y es significativo: a cierto nivel de longitud y a menor latitud, los rendimientos son mayores, y en cierto nivel de latitud a menor longitud encontraremos mayores rendimientos.

Las variables económicas de PIB y precios fueron transformadas en logaritmo natural ( $\ln$ ). El PIB es una variable de ingreso de la población; su coeficiente en el caso del maíz es negativo y para frijol y arroz es positivo. Por ejemplo, un aumento de 5% del PIB incrementaría aproximadamente los rendimientos de arroz en 0,015 t/ha debido a que aumentaría el ingreso de la población y por lo tanto la demanda de alimentos, lo que es un estímulo a mejorar los rendimientos. En cuanto a los precios, los coeficientes para el maíz y el arroz son positivos, y significativo para éste último a nivel individual. En estos casos, los productores tienen incentivos a invertir para aumentar sus rendimientos y así incrementar su producción con el propósito de elevar sus ingresos al vender los granos en el mercado. Así, un aumento de 10% del precio del arroz aumentaría los rendimientos aproximadamente en 0,04 t/ha.

Los coeficientes para la tasa de alfabetización son positivos para los rendimientos de los tres granos y significativo en el caso del arroz a nivel individual. Como se mencionó, la educación se correlaciona positiva y significativamente con la adopción de técnicas agrícolas. Por último, el coeficiente del logaritmo natural de la población es positivo, sugiriendo que un aumento en población podría estimular mayores rendimientos de maíz y arroz, ya que significaría una mayor demanda de alimentos.

**CUADRO 15**  
**CENTROAMÉRICA: ESTIMACIONES DE FUNCIONES DE PRODUCCIÓN HISTÓRICAS**

	(1)	(2)	(3)
	Rendimiento de maíz	Rendimiento de frijol	Rendimiento de arroz
Precipitación febrero	-0,00739* (-2,47)	-0,00206 (-1,54)	-0,00467 (-1,09)
Precipitación febrero <sup>2</sup>	0,0000389 (1,88)	0,0000630 (0,66)	0,0000274 (1,24)
Precipitación mayo	-0,000577 (-1,01)	-0,000599* (-1,98)	-0,00159 (-1,50)
Precipitación mayo <sup>2</sup>	0,00000229 (0,27)	0,00000452 (1,02)	0,0000196 (1,41)
Precipitación julio	0,00101 (1,95)	0,000606* (2,34)	0,00173 (1,64)
Precipitación julio <sup>2</sup>	-0,00000893 (-1,22)	-0,00000445 (-1,24)	-0,0000202 (-1,40)
Precipitación octubre	-0,000595 (-1,15)	-0,000187 (-0,68)	-0,00135 (-1,27)
Precipitación octubre <sup>2</sup>	0,00000552 (0,87)	0,00000186 (0,56)	0,0000139 (1,09)
Temperatura febrero	0,0692 (0,32)	0,206 (1,61)	0,205 (0,36)
Temperatura febrero <sup>2</sup>	-0,00125 (-0,28)	-0,00471 (-1,83)	-0,00536 (-0,47)
Temperatura mayo	0,158 (0,53)	-0,212 (-1,19)	0,543 (0,68)
Temperatura mayo <sup>2</sup>	-0,00320 (-0,54)	0,00354 (1,04)	-0,0115 (-0,75)
Temperatura julio	0,394 (1,63)	0,340* (2,31)	0,521 (0,84)
Temperatura julio <sup>2</sup>	-0,00809 (-1,61)	-0,00659* (-2,22)	-0,0117 (-0,95)
Temperatura octubre	-0,113 (-0,43)	0,159 (0,87)	-0,433 (-0,56)
Temperatura octubre <sup>2</sup>	0,000769 (0,14)	-0,00287 (-0,77)	0,00718 (0,45)
Altitud		-0,0000175 (-0,20)	-0,000854 (-1,68)
Latitud x longitud	-0,00109*** (-3,40)	-0,000633*** (-5,36)	-0,00212** (-3,24)
Suelo I	0,0577 (0,36)	0,00328 (0,05)	-0,0235 (-0,06)
Suelo II	-0,0625 (-0,31)	0,103 (1,54)	-0,518 (-1,26)
Suelo III	-0,243 (-1,44)	-0,0612 (-1,03)	-0,0830 (-0,23)
Suelo IV	-0,132 (-1,01)	-0,0306 (-0,68)	0,473 (1,72)
Suelo V	0,0411 (0,22)	0,00843 (0,13)	0,185 (0,47)
Suelo VI	0,140 (0,96)	-0,0704 (-1,42)	0,542 (1,79)
Suelo VII	-0,157 (-1,19)	0,00855 (0,17)	-0,00181 (-0,01)
ln PIB	-0,00832 (-0,09)	0,0711 (1,88)	0,302 (1,45)
ln Población	0,0885 (1,22)	-0,0196 (-0,69)	0,0135 (0,08)
Tasa de alfabetismo	0,00820 (1,67)	0,00347 (1,53)	0,0444*** (3,95)
ln Precios	0,144 (1,66)	-0,0582 (-1,34)	0,419* (2,08)
Constante	-7,034** (-2,58)	-5,735*** (-3,98)	-14,74 (-1,78)
Observaciones	662	534	553
Wald Chi <sup>2</sup>	100,86**	146,57**	112,38**
R2	0,39	0,50	0,36

Fuente: Elaboración propia.

Notas: En la estimación de arroz sólo se incluyó la longitud.

ln significa logaritmo natural.

Valores absolutos del t-estadístico entre paréntesis, \* significativo al 10%; \*\* significativo al 5%; \*\*\* significativo al 1%.

El impacto potencial de cambios de temperatura y precipitación en los rendimientos del período 2001-2009 puede detectarse mediante la estimación de los efectos marginales (véase el cuadro 16). Estos últimos se estimaron como porcentaje del cambio en los rendimientos promedio asociados a un aumento de 1 °C o un aumento de 1 mm de lluvia relativo al promedio de estas variables para toda la región, manteniendo las otras variables constantes. Las estimaciones sugieren que un aumento de la temperatura sería perjudicial, sobre todo en febrero, mayo y octubre. Por ejemplo, un incremento de 1 °C en febrero o mayo podría reducir el rendimiento del frijol en 3 y 4% respectivamente, pero podría aumentarlo entre 1.7 y 2.7% si se diera en julio y octubre. Los rendimientos del maíz y del arroz parecieran sensibles a un incremento de 1 °C en octubre. Una reducción de la precipitación de 100 milímetros (mm) en julio reduciría los rendimientos entre un 3% y un 6% si el resto de las variables no cambiaran. Pero un incremento de precipitación en octubre sería perjudicial para los rendimientos de los tres cultivos, entre un 1% y un 2% ante un incremento de 100 mm de precipitación.<sup>14</sup>

**CUADRO 16**  
**CENTROAMÉRICA: ESTIMACIONES DE EFECTOS MARGINALES SOBRE LOS RENDIMIENTOS**  
*(En porcentajes relativo a un aumento de 1 °C y 1 mm)*

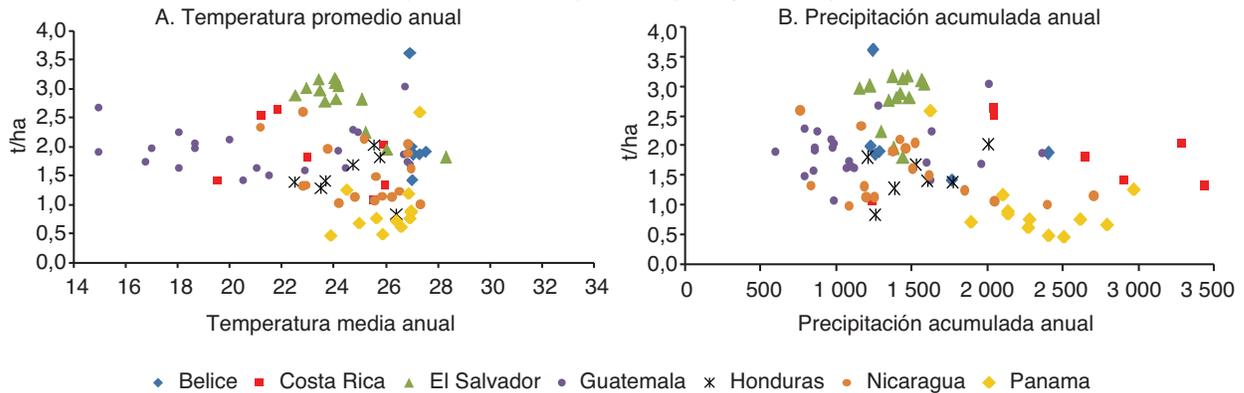
	Rendimiento de maíz	Rendimiento de frijol	Rendimiento de arroz
Temperatura febrero	0,54	-3,27	-1,79
Temperatura mayo	-0,17	-3,98	-1,62
Temperatura julio	0,21	1,71	-1,97
Temperatura octubre	-4,21	2,67	-2,61
Precipitación febrero	-0,32	-0,25	-0,10
Precipitación mayo	-0,03	-0,06	-0,03
Precipitación julio	0,04	0,06	0,03
Precipitación octubre	-0,02	-0,01	-0,02

Fuente: Elaboración propia.

Los rendimientos de maíz, las condiciones de temperatura y precipitación y la relación entre estas variables varían entre países y departamentos. En el gráfico 31 se muestra la dispersión de los datos de estas variables para el período 2001-2009. Los departamentos de El Salvador concentran los rendimientos más altos y los de las provincias de Panamá están entre los más bajos. Se observa que gran parte de los rendimientos superiores a las 1.8 t/ha se concentran en departamentos con temperatura promedio anual entre 22 y 26 °C y una precipitación anual acumulada entre 700 y 1.700 mm. El maíz también se produce en departamentos con precipitación mucho mayor, pero con rendimientos menores. Guatemala y Nicaragua tienen departamentos con precipitación menor al resto, inferior a 1.000 mm; ambos países y Costa Rica tienen departamentos con las temperaturas más bajas, inferiores a 22 °C. Estos datos indican que los rendimientos de maíz se relacionan con el clima como lo indica la literatura sobre su fenología. Aun cuando algunos departamentos presentan características climáticas similares, sus rendimientos son diferentes, lo cual puede deberse a diferencias en otras variables como tipo de suelo, tecnología o exposición a eventos climáticos extremos.

<sup>14</sup> Estos efectos son un cálculo que se deriva de la función de producción que se estimó para toda la región, si los efectos marginales fueran estimados para cada departamento estos podrían ser diferentes.

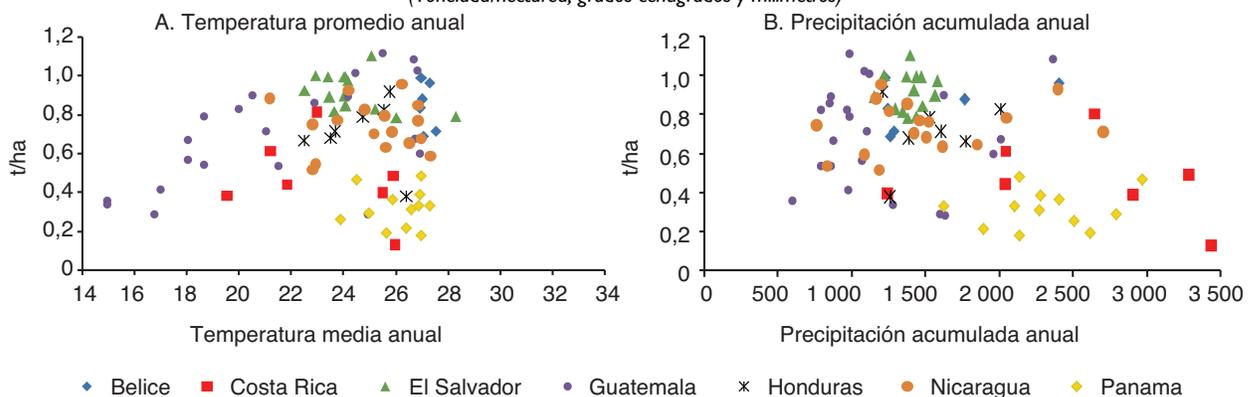
**GRÁFICO 31**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO, 2001-2009**  
 (Tonelada/hectárea, grados centígrados y milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

Los rendimientos de frijol también varían entre países y departamentos. Los mayores rendimientos son los de El Salvador, Belice y algunos departamentos de Guatemala; los menores son los de Panamá, algunos de Guatemala y Limón en Costa Rica. En el período de estudio algunos departamentos de Guatemala presentan rendimientos promedio mayores a 1,0 t/ha (Suchitepéquez, Chiquimula, El Petén y Zacapa), pero hay otros con rendimientos inferiores al promedio (Retalhuleu, El Quiché, Quetzaltenango, entre otros). En el gráfico 32 se aprecia que los departamentos con rendimientos de frijol superiores a 0,7 t/ha son los que tienen temperatura promedio anual de 22 °C a 27 °C y precipitación acumulada anual entre 900 mm y 2.000 mm. Departamentos donde la temperatura es menor o la precipitación es mayor tienden hacia rendimientos menores. La relación que se observa entre rendimientos de frijol y clima es la que se indica en la literatura sobre su fenología. Es una planta muy sensible a temperaturas extremas (Ruíz y otros, 1999) y pese a que requiere niveles de humedad de media a alta, especialmente durante la floración, demasiada agua le provoca enfermedades.

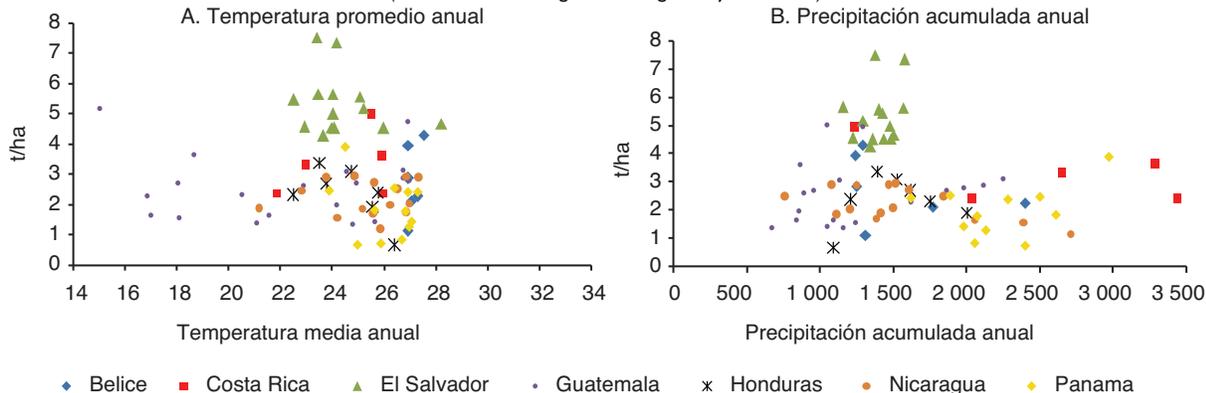
**GRÁFICO 32**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO, 2001-2009**  
 (Tonelada/hectárea, grados centígrados y milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 33 se muestra la dispersión de los rendimientos de arroz entre los departamentos de la región. Los de El Salvador son los más altos, y se da en condiciones climáticas de un rango de 22 a 26°C y una precipitación acumulada entre 1.000 y 1.600 mm. La gran mayoría del resto de los departamentos presentan rendimientos que oscilan entre 1 y 5 t/ha con amplios rangos de temperatura de 20 a 27°C y de precipitación de 1.000 a 2.500 mm. En el caso del arroz, se debe tomar en cuenta que en la región se cultiva tanto arroz seco como bajo riego.

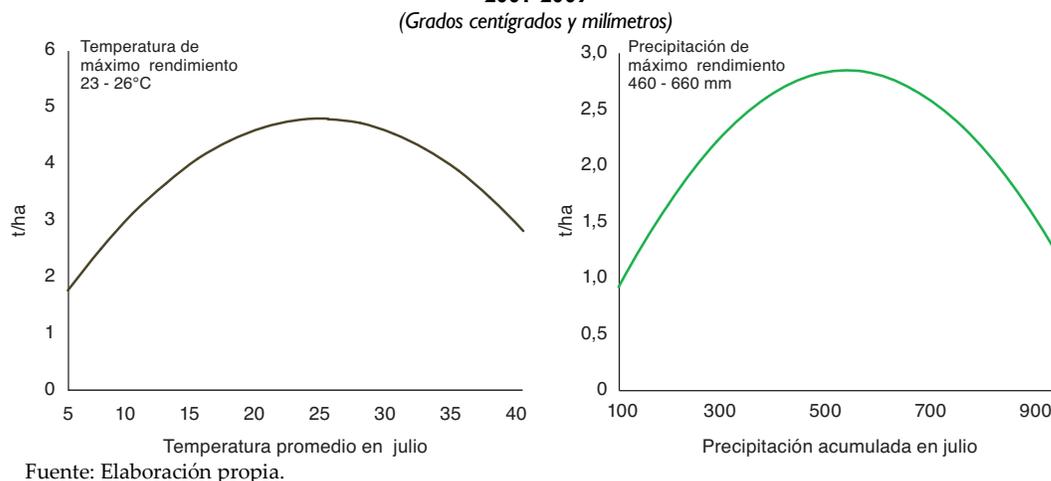
**GRÁFICO 33**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE ARROZ POR DEPARTAMENTO, 2001-2009**  
 (Tonelada/hectárea, grados centígrados y milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes de la función de producción indican el nivel de rendimiento para distintos valores de las variables explicativas de temperatura y precipitación. En el gráfico 34 se presenta el ejemplo de la estimación del rendimiento del maíz ante diferentes niveles de temperatura promedio y precipitación acumulada promedio para el mes de julio, calculado a partir de los coeficientes de las variables de clima de este mes de la estimación de la función de producción histórica (véase el cuadro 15), manteniendo constantes los demás términos en sus valores promedio del período 2001-2009. Se puede observar que la temperatura promedio de julio para el máximo rendimiento es aproximadamente entre 23 y 26°C y la precipitación entre 460 mm y 660 mm<sup>15</sup>. La temperatura promedio de julio en la región fue de 24,3 °C, con un rango entre 14,8 y 29,4°C entre todos los departamentos y la precipitación promedio fue 203 mm, con un rango de 122 a 841 mm.

**GRÁFICO 34**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE MAÍZ ANTE VARIACIONES EN TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN**  
**2001-2009**  
 (Grados centígrados y milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

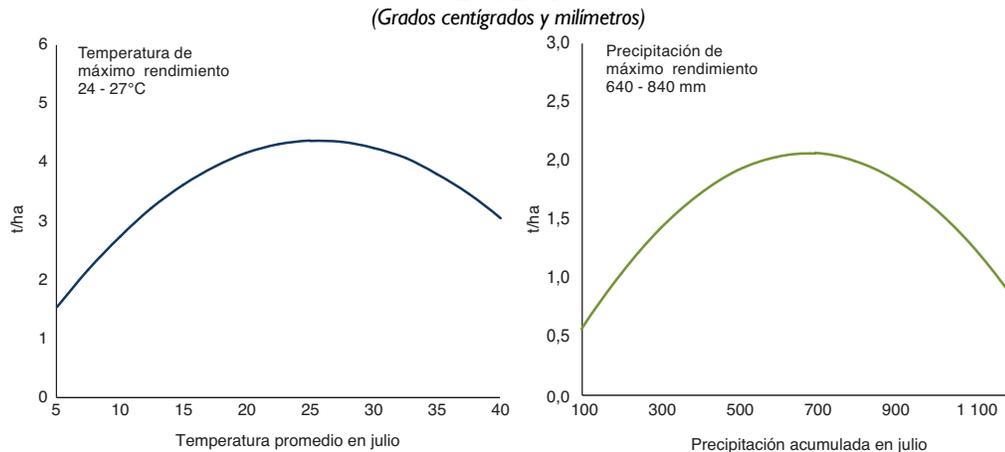
La simulación para el frijol se presenta en el gráfico 35. El rendimiento óptimo se obtiene cuando la temperatura de julio se ubica aproximadamente entre 23 °C y 27,5°C con un rango de precipitación acumulada entre 550 mm y 800 mm<sup>16</sup>. La temperatura promedio de julio en la región

<sup>15</sup> Para obtener el rango de máximo rendimiento del maíz se maximizó la función y para la relación con la temperatura de julio se usó un criterio de +/- 1,5 °C a partir del punto máximo y para la precipitación de julio el criterio fue +/- 100 mm.

<sup>16</sup> Para obtener el rango de máximo rendimiento del frijol se maximizó la función y para la relación con la temperatura de julio se usó un criterio de +/- 1,5 °C a partir del punto máximo y para la precipitación de julio el criterio fue +/- 100 mm.

fue de 24,3 °C, con un rango entre 14,8 y 29,4°C entre todos los departamentos y la precipitación promedio fue 203 mm, con un rango de 122 a 841 mm. Se destaca que los rendimientos del frijol son más sensibles que los del maíz a la temperatura de julio, mientras que los del maíz son más sensibles a la precipitación. Esto se representa en la inclinación de las curvas de rendimientos en los gráficos.

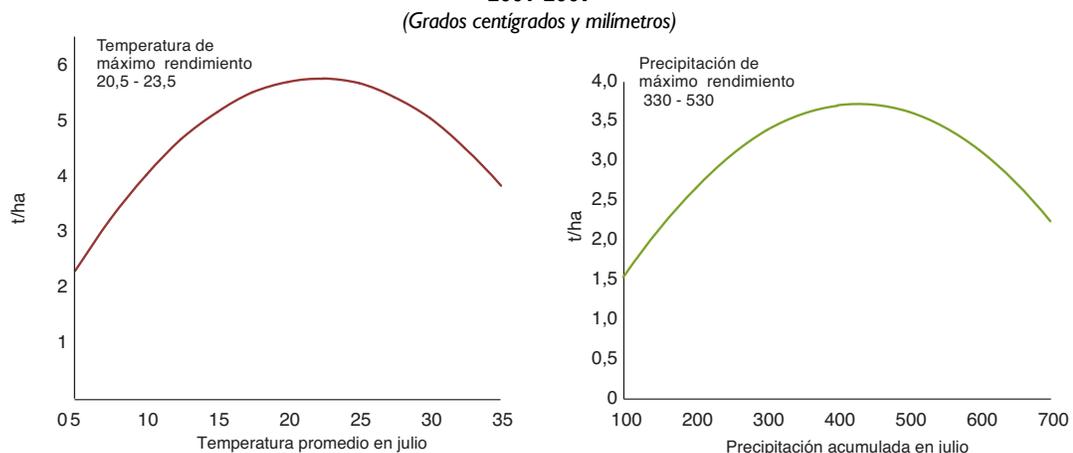
**GRÁFICO 35**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE FRIJOL ANTE VARIACIONES EN TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN 2001-2009**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 36 se presentan los rendimientos de arroz para distintos niveles de temperatura y precipitación acumulada promedio de julio, utilizando los coeficientes de las funciones de producción y fijando el resto de las variables en sus valores promedio del período 2001-2009. El rendimiento óptimo se alcanza aproximadamente con una temperatura de 21 a 23,5 °C y un nivel de precipitación acumulada de 350 a 510 mm<sup>17</sup>. La alta inclinación de la curva de temperatura refleja que el arroz se desarrolla en regiones tropicales y subtropicales con poca o ninguna tolerancia a las heladas. Su crecimiento se detiene con temperaturas inferiores a 10 °C. Puede cultivarse en áreas con poca humedad, siempre y cuando haya suficiente agua para riego, sin embargo la planta se desarrolla mejor con humedad media a alta (FAO-Ecocrop, consulta web).

**GRÁFICO 36**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE ARROZ ANTE VARIACIONES EN TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN 2001-2009**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>17</sup> Para obtener el rango de máximo rendimiento del frijol se maximizó la función y para la relación con la temperatura de julio se usó un criterio de +/- 1,5 °C a partir del punto máximo y para la precipitación de julio el criterio fue +/- 100 mm.

## ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Para estimar el impacto potencial del cambio climático sobre los rendimientos de maíz, frijol y arroz, este análisis utilizó dos escenarios de emisiones de GEI, uno menos pesimista (B2) y otro más pesimista (A2)<sup>18</sup>, propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Para cada escenario se utilizaron dos modelos de circulación general: los promedios de los modelos ECHAM4 y HADCM3 (para B2) y de ECHAM4 y HADGEM (para A2). Según los acuerdos entre los socios de la iniciativa “La economía del cambio climático en Centroamérica”, se realizaron análisis para los cortes de 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100. Cada corte representa los promedios de diez años alrededor de dicho año: 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 retos metodológicos, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como predicciones ni como magnitudes exactas.

De acuerdo con el IPCC (Magrin y otros, 2007), Centroamérica ha presentado una alta variabilidad climática, especialmente en niveles acumulados de lluvia anual y en la incidencia de eventos extremos. Las series de clima históricas indican que Centroamérica ya ha experimentado una alza de temperatura promedio de aproximadamente 0,5 °C en los últimos 50 años. Entre 1980 y 2011, el crecimiento fue de aproximadamente 0,35°C con fluctuaciones anuales alrededor de esta trayectoria. Entre 1980 y 1990 la temperatura media fue 24,8°C y entre 2001 a 2011 fue 25,1°C. En el escenario menos pesimista (B2) la temperatura regional podría aumentar durante este siglo unos 2,5 °C respecto al promedio del período 1980-2000. En el escenario más pesimista (A2), que supone una continuación de la tendencia actual de emisiones crecientes, la temperatura podría aumentar 4,2 °C en promedio (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a y 2012b).

La precipitación ha mostrado una tendencia fluctuante y de disminución en la región oeste del istmo. Entre 1980 y 2005 varió entre 2.000 mm y 2.800 mm con un promedio de 2.400 mm, pero entre 2005 y 2011 se observó un descenso con un promedio de 2.100 mm. Estudios específicos (Aguilar y otros, 2005) reportan tendencias contrastantes en la precipitación de la región, con fuertes diferencias de distribución espacial entre las regiones Pacífico y Caribe. La gran variabilidad de la precipitación es causada principalmente por la interacción entre los sistemas de viento y la topografía, e incluye fenómenos como huracanes, tormentas tropicales y El Niño–Oscilación Sur (ENOS), lo cual tiene los mayores impactos socioeconómicos (Trenberth y Stepaniak, 2001<sup>19</sup>; CEPAL, UKAID, CCAD/SICA, 2012a). Toda esta variabilidad impacta directamente a la producción agrícola.

Los expertos consideran que analizar el papel del cambio climático en los eventos hidrometeorológicos es muy complejo y presenta gran incertidumbre. El IPCC sugiere que se deben considerar tanto los cambios en la media como en la varianza y la forma de las distribuciones de probabilidad de diferentes volúmenes de lluvia o todos estos factores juntos (IPCC, 2011). En

---

<sup>18</sup> La caracterización del escenario A2 sugiere un mundo muy heterogéneo, autosuficiente y conservación de las entidades locales, con un desarrollo económico orientado a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas; Escenario B2: Mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social, medio ambiental, con un nivel de desarrollo económico intermedio y cambio de tecnología (IPCC, 2000b).

<sup>19</sup> 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 está disponible en el Informe de Factibilidad (CEPAL y DFID, 2009). Más información sobre ENOS se encuentra en el capítulo VIII sobre eventos extremos climáticos del Reporte Técnico (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

Centroamérica se ha iniciado un esfuerzo de análisis de la variabilidad de la precipitación, utilizando los registros diarios de lluvia acumulada de las principales estaciones meteorológicas en las últimas cuatro décadas. En el futuro será importante desarrollar capacidades de análisis de la atribución parcial del cambio climático en dichos eventos (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a). La trayectoria futura de los niveles de precipitación es más incierta que la de temperatura. En el escenario menos pesimista (B2) al corte 2100, la precipitación disminuiría 3% en Panamá, 7% en Guatemala, entre 10% y 13% en Costa Rica, Belice, El Salvador y Honduras y 17% en Nicaragua, con un promedio regional de 11%. El escenario más pesimista (A2) sugiere una disminución de la precipitación de 18% en Panamá, 35% en Nicaragua y entre 27% y 32% en Costa Rica, Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras, con un promedio regional de 28%. No obstante, aún con una reducción menor de la precipitación bajo el escenario B2 habría un efecto del alza de la temperatura en la evapotranspiración, lo que redundaría en menor disponibilidad de agua, especialmente en la segunda parte del siglo, afectando los ecosistemas, la agricultura y la generación de hidroelectricidad (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a; CEPAL, CEL, MARN ES, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012).

Otro análisis de la serie de la ECCCA exploró los potenciales cambios en los patrones intraanuales de temperatura y precipitación. Estos cambios son particularmente importantes para la producción agrícola, ya que el ciclo de siembra, cultivo y cosecha se ha acoplado cercanamente al patrón histórico de lluvias y temperatura. En ciertas zonas se ha aprovechado para obtener dos o tres cosechas, oportunidad que no se da en todas partes del mundo. En el gráfico 37 se puede apreciar que la primera siembra se da entre abril y julio y la postrera a partir de agosto, con una tercera siembra, el apante, en algunas regiones, principalmente en Nicaragua.

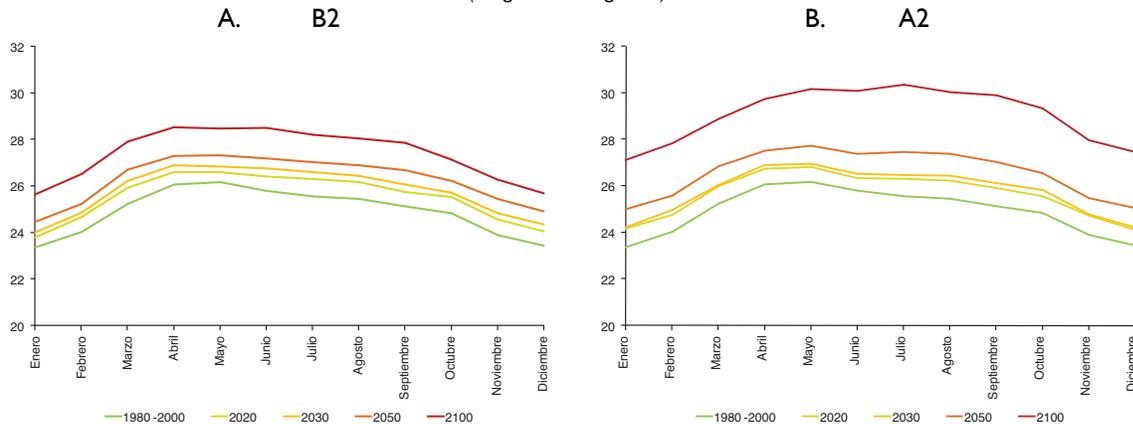
**GRÁFICO 37**  
**CENTROAMÉRICA: TEMPORADA DE SIEMBRA DE GRANOS BÁSICOS**



Fuente: Elaboración propia con información de Sistema Mesoamericano de Alerta Temprana para la Seguridad Alimentaria (MFEWS)

Este calendario refleja el patrón intraanual de lluvia que inicia generalmente en mayo, presenta la canícula en agosto y posteriormente retoma mayores niveles por varios meses. Las estimaciones de cambios en el patrón intraanual con los escenarios de cambio climático muestran un progresivo aumento de la temperatura en todos los meses (véase gráfico 38). No se detectaron cambios mayores en el patrón mes a mes, aunque en Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras la temperatura aumentaría relativamente más entre abril y octubre con A2.

**GRÁFICO 38**  
**CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, ESCENARIO B2 Y A2, PROMEDIO 1980-2000 A 2100**  
(En grados centígrados)



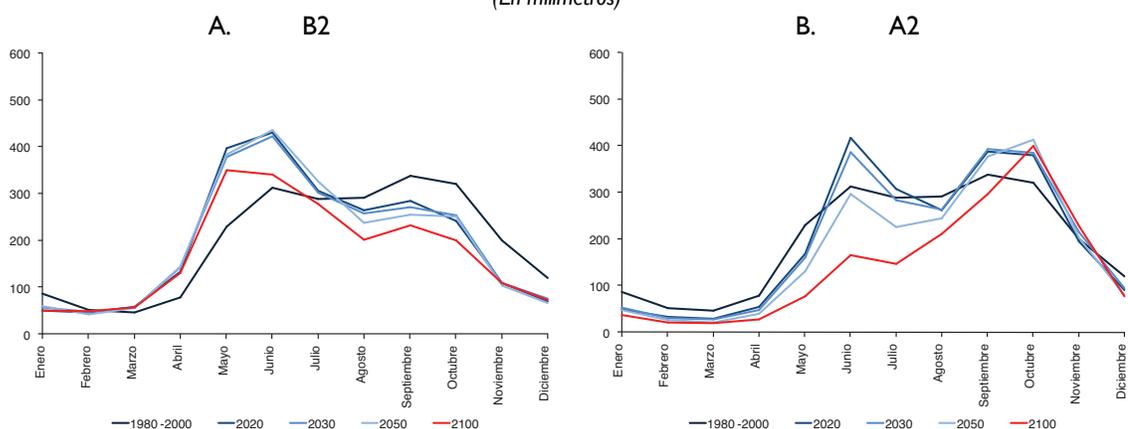
Fuente: CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

En el mismo estudio se analizaron los cambios del patrón intraanual de precipitación. En el período histórico 1980-2000, la temporada de lluvia a escala regional comprendía desde mayo hasta octubre, con dos períodos de lluvia mayor y un período intermedio con una reducción relativa, la canícula o veranillo, en julio y agosto. Se observa que hay regiones de la costa Atlántica que presentan lluvias entre octubre y mayo cuando el resto de la región experimenta su época seca.

Relativo al período histórico, en el escenario B2 al corte 2020, los niveles de lluvia serían mayores de mayo a julio, con un máximo en junio; en los siguientes meses disminuiría progresivamente a niveles menores que los históricos. Así, la forma de la temporada lluviosa sería más de tipo unimodal, con mayor lluvia entre mayo y julio. Para el corte 2100, la precipitación del primer período sería menor que la que habría en los cortes entre 2020 a 2050, con el máximo nivel anual en mayo, seguido por una progresiva reducción hasta agosto, con un breve período de canícula, una leve recuperación en septiembre y una continuación de la reducción hasta finales del año (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a). En el escenario A2, las próximas dos décadas podrían traer a Centroamérica mayor precipitación en junio y julio, una canícula bien marcada y un segundo período de lluvia más intensa de septiembre a octubre, acentuándose el patrón bimodal. Posteriormente se reduciría casi toda la temporada, especialmente entre mayo y agosto, aumentando paulatinamente hasta un máximo en octubre para terminar en noviembre. Hacia el año 2100, el patrón de precipitación se tornaría unimodal. Aunque los dos escenarios terminan el siglo con diferentes meses de mayor lluvia, en ambos casos se reducen el número de meses con mayores niveles de precipitación. Igualmente, es importante anotar que los cambios estimados no son unidireccionales, en ambos casos se estima que en las próximas décadas podrían haber picos de mayor niveles de lluvia en algunos meses relativo al patrón histórico (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a).

Como se muestra en el gráfico 39, la precipitación ha presentado históricamente un patrón bimodal, con los mayores volúmenes entre mayo y junio y entre mediados de agosto y octubre. Este patrón ha determinado los períodos de siembra de granos básicos en la mayoría de los países centroamericanos (véase de nuevo el gráfico 37). Se prevé que en las próximas décadas el patrón se modifique, de modo que las temporadas de siembra podrían tener que modificarse como medida de adaptación. Los resultados presentados muestran escenarios sin modificación de las fechas de siembra u otras medidas de adaptación para contrarrestar los efectos adversos del cambio climático, las cuales se tendrán que determinar y tomar.

**GRÁFICO 39**  
**CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL, ESCENARIOS B2 Y A2, PROMEDIO 1980-2000, A 2100**  
(En milímetros)



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

Es importante señalar que estas estimaciones contienen varios elementos de incertidumbre como son los escenarios de las emisiones de GEI futuras, la variabilidad climática y su interacción con el cambio climático y la incertidumbre inherente a los Modelos de Circulación General Acoplados al Océano (AOGCMs por sus siglas en inglés) y sus versiones regionales, cuyos resultados ante idénticas condiciones de emisiones y horizontes arrojan rangos de variación amplios.

## IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DEL MAÍZ

Los impactos potenciales sobre los rendimientos de maíz en los escenarios B2 y A2 se estimaron tomando en cuenta los coeficientes de las funciones de producción históricas (véase de nuevo el cuadro 15, ecuación 1) permitiendo que los promedios de temperatura y lluvia acumulada mensuales varíen según dichos escenarios, mientras los valores del resto de las variables se mantienen constantes en los promedios del período 2001-2009. Así no considera cambios en los modos de producción, en la extensión de la superficie sembrada, ni acciones de adaptación.

Los resultados se presentan en el cuadro 17, gráficos 40 y 41 y mapas 12 y 13. Bajo el escenario B2 al corte de 2020, el rendimiento promedio de la región podría disminuir un 4% con las siguientes variaciones entre los países: 1% en Guatemala; 3,5% en El Salvador; 4,8% en Honduras; 5% en Costa Rica; 6% en Nicaragua y 7% en Panamá y Belice. Hacia 2050, las reducciones serían de 3,9% en Guatemala hasta 14,4% en Panamá. Hacia finales del siglo, los países más afectados serían Belice, Nicaragua, Panamá y Honduras, cuyos rendimientos disminuirían más de 24% y a nivel regional se estima una reducción de 17%.

En el escenario más pesimista (A2), la disminución de los rendimientos sería mayor que en B2, sobre todo a partir del corte de 2030. En 2100, la caída del promedio regional sería el doble que en B2. Al corte 2020, el rendimiento promedio regional disminuiría en 9% y los países más afectados serían El Salvador, Costa Rica y Nicaragua con reducciones de 11%. Hacia 2050, el rendimiento promedio regional bajaría 16%, con variaciones de 6% en Panamá a 21% en Belice, Nicaragua y Honduras. Hacia finales del siglo, la reducción del promedio regional sería de 35% con variaciones que irían de 22% en Guatemala a 45% en Nicaragua, la mayor disminución en la región. Seis países podrían sufrir reducciones mayores a una tercera parte. Panamá seguiría teniendo los menores rendimientos relativos, mientras Guatemala tendría los mayores beneficiándose de las temperaturas más bajas en sus tierras altas.

Los gráficos 40 y 41 presentan las trayectorias de los rendimientos de maíz por departamento. Las estimaciones muestran disminuciones en casi todos los casos, especialmente a partir de 2050, más pronunciadas con A2. Igualmente se evidencia un efecto de mayor dispersión en los rendimientos, particularmente para Costa Rica, El Salvador y Guatemala, y Honduras en cierto grado. Hacia 2100 con B2, los rangos del cambio porcentual de los rendimientos departamentales agrupados por países serían los siguientes: Belice entre -24% y -34%; Costa Rica entre 3% y -27%; El Salvador entre -9% y -47%; Guatemala entre 19% y -39%; Honduras entre -13% y -36%; Nicaragua entre -11% y -38% y Panamá entre -17% y -46%. Así, al interior de la región y de los países seguiría habiendo diferencias. Por ejemplo, los departamentos del Altiplano Occidental Guatemalteco y de El Salvador tendrían los mayores rendimientos hacia finales del siglo. En el primer caso, los departamentos Totonicapán, Quetzaltenango, El Quiché, Sololá, Chimaltenango, Huehuetenango, Sacatepéquez y San Marcos pudieran haber experimentado incrementos que los ubicarían con rendimientos mayores a 1,7 t/ha. Pero otros departamentos guatemaltecos, como Izabal, El Petén y Suchitepéquez los verían disminuir en más de 25%. El Salvador podría tener rendimientos superiores a 2,2 t/ha en 11 departamentos. Ambos países mantendrían los mayores rangos de rendimiento a escala departamental, como ha sido en el período histórico.

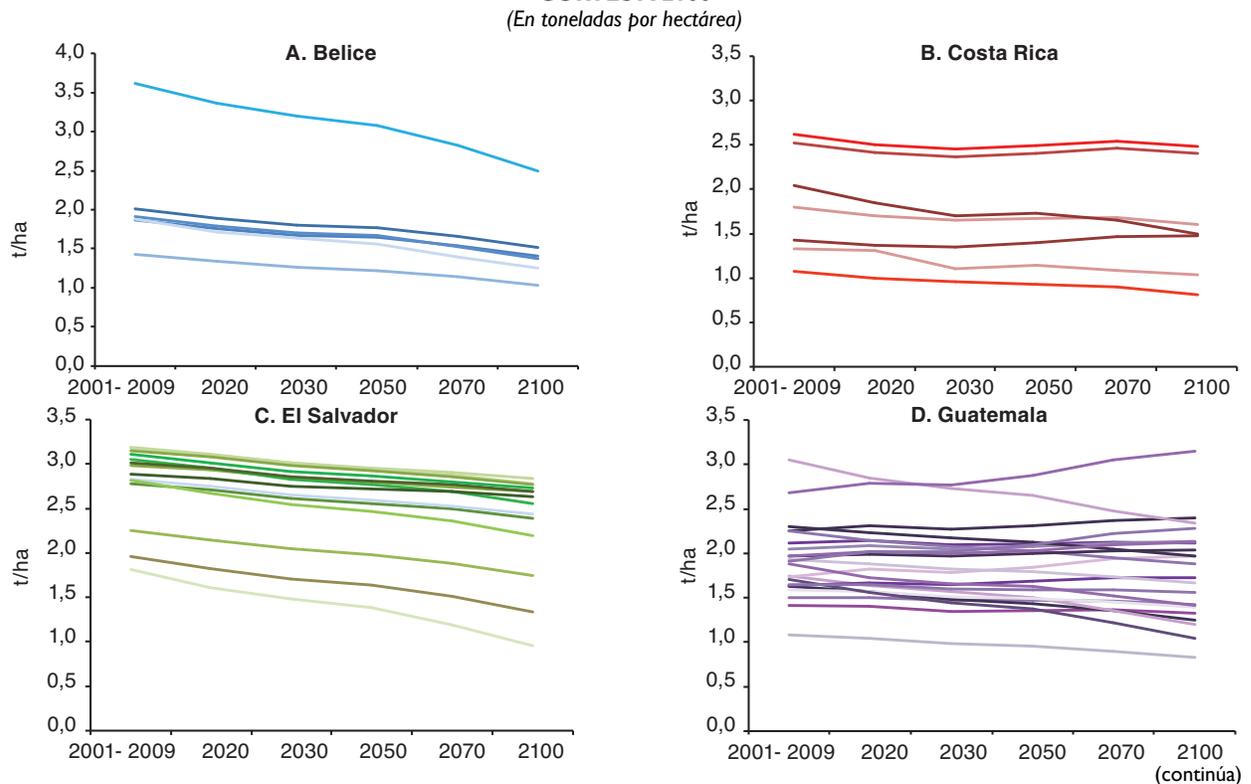
En el escenario A2 a 2100, los rangos de cambios en los rendimientos de los departamentos agrupados por país serían como sigue: Belice entre -36% y -55%; Costa Rica entre -12% y -49%; El Salvador entre -27% y -79%; Guatemala entre 23% y -70%; Honduras entre -32% y -61%; Nicaragua entre -29% y -69% y Panamá entre -30% y -67%. En Guatemala Quetzaltenango, El Quiché, Chimaltenango, Totonicapán y Sololá pudieran experimentar aumentos, mientras que Izabal, Suchitepéquez, El Petén, Chiquimula y Escuintla presentarían reducciones mayores a 50%. El impacto relativamente menor previsto para el Altiplano Occidental Guatemalteco no significa que sea necesariamente una opción aumentar su superficie de producción sin considerar aspectos como el uso de suelo para bosques y otros ecosistemas, la topografía accidentada y los riesgos de erosión y la necesidad de cuidar las cuencas hidrográficas. Igualmente, las estimaciones no toman en cuenta el impacto de las actividades agrícolas sobre su ambiente y su propia sostenibilidad, como la degradación del suelo y su erosión, que podrá también afectar los rendimientos sobre varias décadas.

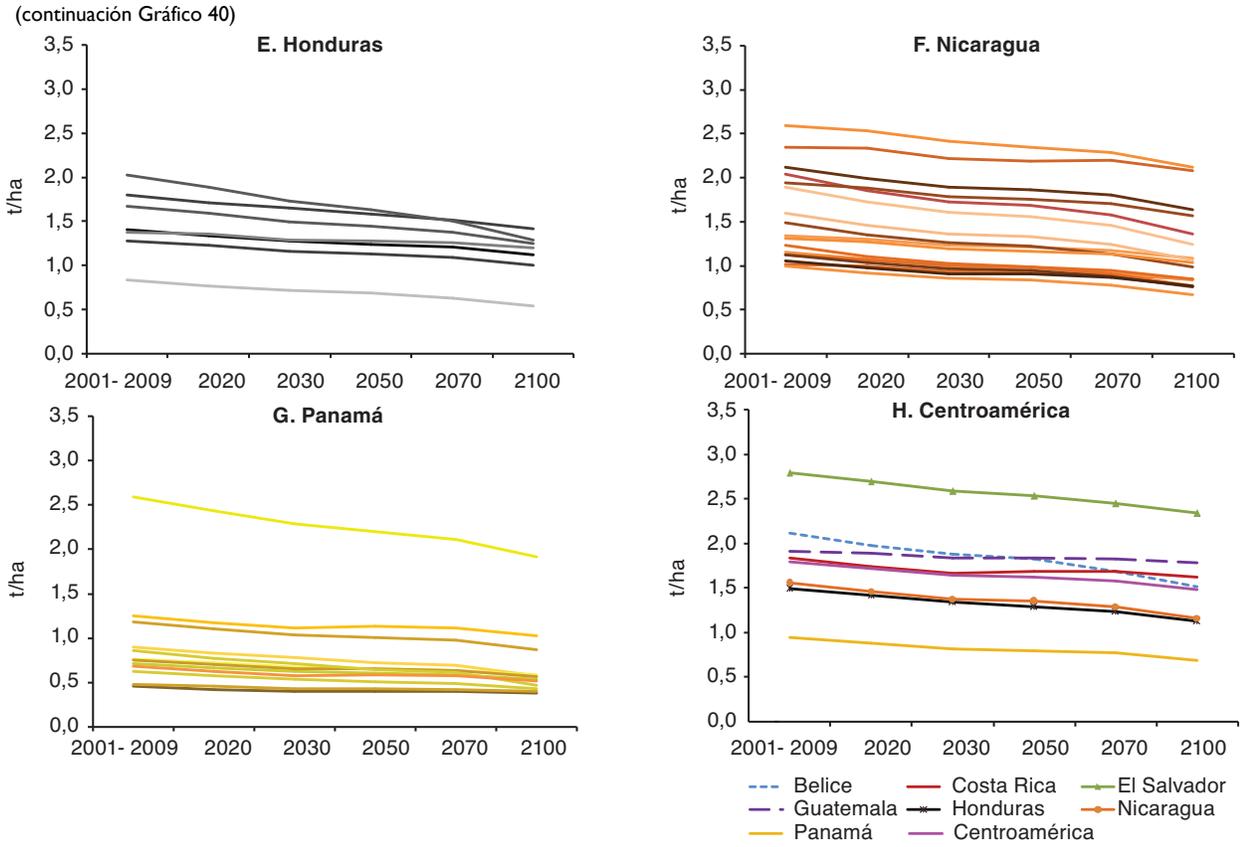
**CUADRO 17**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE MAIZ EN ESCENARIOS B2 Y A2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**

	Promedio de rendimientos 2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
	(t/ha)	(En porcentajes)				
<b>Escenario B2</b>						
Belice	2,16	-6,76	-11,22	-13,79	-20,36	-28,13
Costa Rica	1,83	-5,11	-9,78	-8,60	-8,60	-12,51
El Salvador	2,79	-3,46	-7,18	-9,33	-12,24	-16,18
Guatemala	1,91	-1,00	-3,83	-3,94	-4,77	-7,07
Honduras	1,49	-4,76	-9,91	-12,93	-16,73	-23,69
Nicaragua	1,55	-6,10	-11,65	-13,62	-17,51	-26,00
Panamá	0,94	-6,92	-12,56	-14,40	-16,77	-25,10
Centroamérica	1,81	-3,99	-8,19	-9,53	-12,07	-17,27
<b>Escenario A2</b>						
Belice	2,16	-10,44	-11,99	-21,16	-32,23	-43,35
Costa Rica	1,83	-11,11	-5,95	-15,82	-26,48	-30,12
El Salvador	2,79	-11,50	-8,87	-18,20	-26,60	-37,40
Guatemala	1,91	-7,39	-6,71	-11,35	-14,86	-21,77
Honduras	1,49	-10,89	-11,03	-20,51	-30,23	-42,28
Nicaragua	1,55	-11,06	-10,58	-20,74	-33,36	-45,01
Panamá	0,94	-2,04	-2,01	-5,78	-28,03	-43,22
Centroamérica	1,81	-9,15	-8,07	-15,67	-25,13	-34,94

Fuente: Elaboración propia.

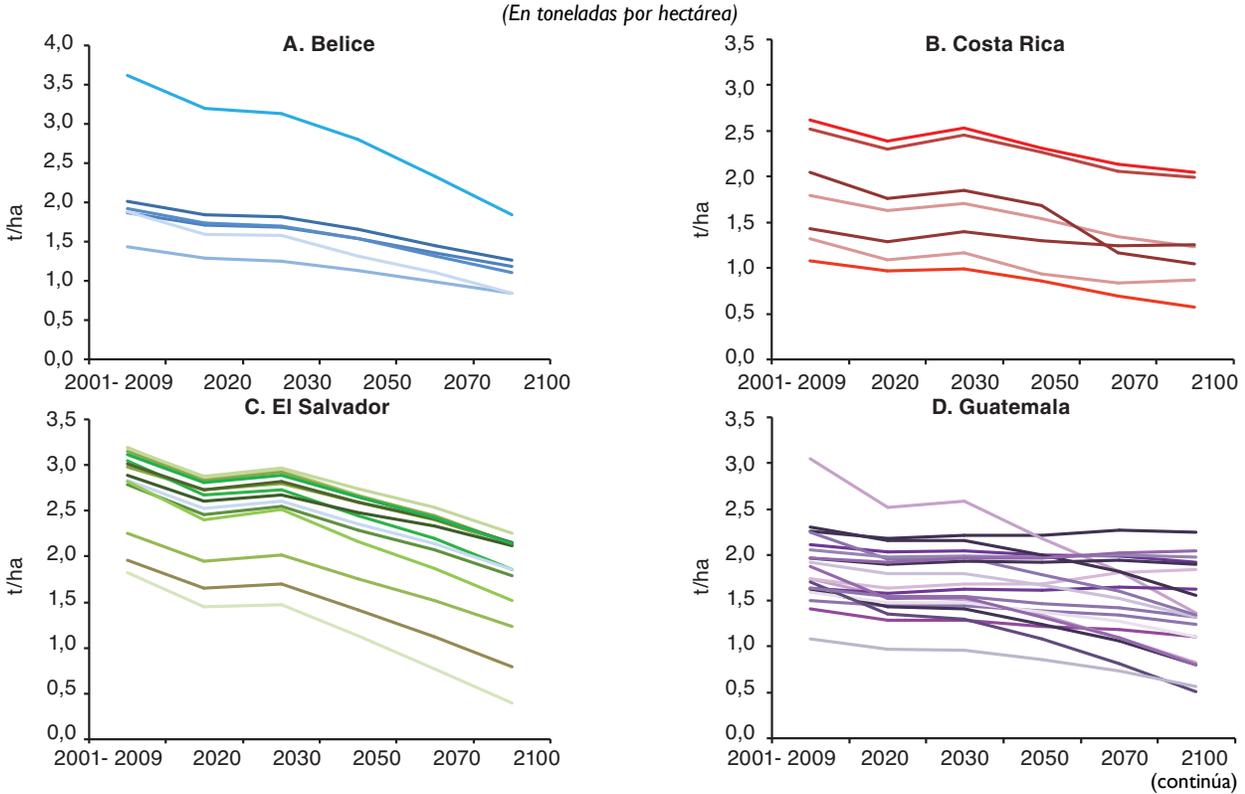
**GRÁFICO 40**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE MAIZ EN ESCENARIO B2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**



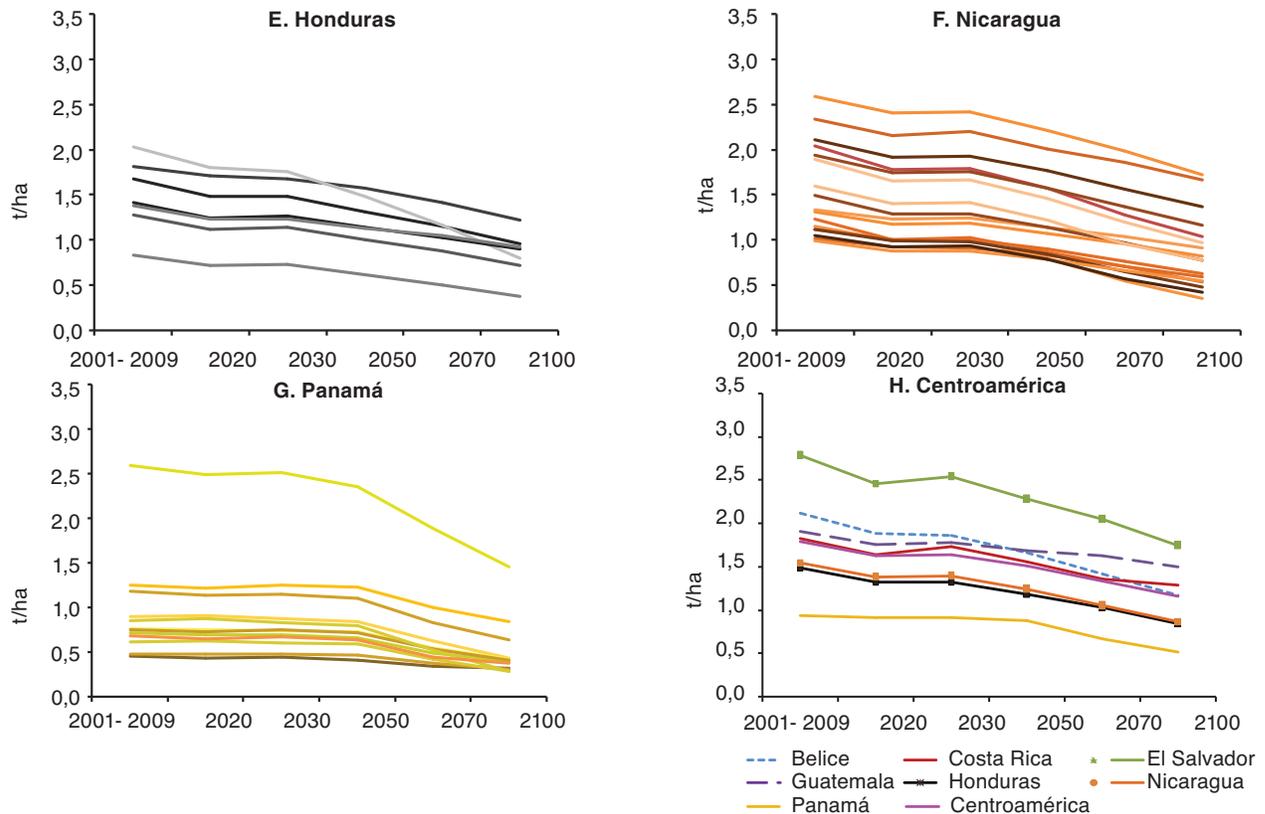


Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 41**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ EN ESCENARIO A2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**  
 (En toneladas por hectárea)



(continuación Gráfico 41)



Fuente: Elaboración propia.

En los mapas 12 y 13 se muestran los rendimientos promedio de maíz en Centroamérica del período 2001-2009 y su evolución bajo los escenarios B2 y A2. Los mayores rendimientos del período histórico se ubican en las regiones Pacífico de Guatemala y El Salvador, Cayo en Belice, Heredia en Costa Rica, Los Santos en Panamá y Nueva Segovia en Nicaragua. Los menores rendimientos se registran en diversas provincias de Panamá.

En el escenario B2 y corte 2020 (véase el mapa 12), los menores rendimientos se darían en la región sur de Honduras, Managua, Río San Juan y la región Atlántico Norte de Nicaragua y en Panamá. Los de Belice disminuirían, mientras que aumentarían en el Altiplano Occidental y departamentos centrales de Guatemala. Para 2030, El Salvador y el sur de Guatemala tendrían rendimientos mayores de 2,5 t/ha. Los rendimientos serían menores a 1,5 t/ha en la región Central y Pacífico de Honduras, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Zacapa, Chiquimula e Izabal en Guatemala y la mayor parte de Nicaragua, Costa Rica y Panamá. El resto de los departamentos de Centroamérica tendría rendimientos entre 1,5 t/ha y 2,5 t/ha.

Para el corte de 2050, los mayores cambios ocurrirían en Honduras con rendimientos menores a 1,5 t/ha en la mayor parte del país. Hacia 2070, los departamentos de Stann Creek y Toledo de Belice podrían tener rendimientos menores a 1,5 t/ha, mientras que Herrera en Panamá los tendría menores a 1 t/ha. Pero en el Altiplano Occidental Guatemalteco y en El Salvador se mantendrían por arriba de 2,0 t/ha. Hacia 2100, el departamento de Quetzaltenango en Guatemala y gran parte de El Salvador tendría rendimientos mayores de 2,5 t/ha. En el otro extremo, 22 departamentos tendrían rendimientos inferiores a 1,0 t/ha, incluyendo Zacapa en Guatemala, la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), Chinandega, León,

Managua, Boaco, Chontales y Río San Juan en Nicaragua, Guanacaste en Costa Rica, Bocas del Toro, Veraguas, Herrera, Coclé, Colón, Panamá, Darién, Ngöbe Buglé, Kuna Yala y Emberá-Wounaan en Panamá, la Región Sur en Honduras y La Unión en El Salvador.

En el mapa 13 se muestran los rendimientos estimados bajo el escenario A2. Hacia 2020 podrían disminuir en las regiones Norte y Nor Oriental de Honduras, en los distritos del centro de Belice, en gran parte de Costa Rica, en RAAS, Chontales, Río San Juan y Nueva Segovia en Nicaragua y en los departamentos de Zacapa, El Progreso, Chiquimula y Retalhuelu de Guatemala. Por el contrario, en los departamentos del centro y del Altiplano en Guatemala aumentarían ligeramente (en el mapa permanecen en el mismo rango). Las estimaciones para 2030 indican que algunos departamentos de El Salvador, Quetzaltenango y Escuintla de Guatemala y Cayo en Belice serán los únicos con rendimientos mayores a 2,5 t/ha. Gran parte de Panamá, Zacapa en Guatemala, el sur de Honduras, RAAN, Managua, Chontales y Río San Juan en Nicaragua y Guanacaste en Costa Rica tendrían los menores rendimientos de la región (menores a 1 t/ha). El resto de Centroamérica presentará rendimientos entre 1 t/ha y 2,5 t/ha.

Hacia 2050, 22 departamentos de la región tendrían rendimientos mayores de 2,0 t/ha, incluyendo Guatemala, Chimaltenango, Totonicapán, Escuintla y Quetzaltenango en Guatemala, Cayo en Belice, Jinotega y Nueva Segovia en Nicaragua, Heredia y San José en Costa Rica, Los Santos en Panamá y San Vicente, La Libertad, Cuscatlán, Sonsonate, San Salvador, Santa Ana, Chalatenango, Cabañas, La Paz, Usulután y Ahuachapán en El Salvador. Otros 32 departamentos podrían tener rendimientos entre 1,0 y 1,5 t/ha, entre ellos El Petén, Izabal, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Jalapa, y Suchitepequez en Guatemala, Morazán y La Unión de El Salvador, la región Occidental, Central Occidental, Centro Oriental, Nor Oriental y Norte de Honduras, Madriz, Estelí, León, Carazo y Rivas de Nicaragua, Cartago de Costa Rica, Chiriquí y Herrera de Panamá y Stann Creek y Toledo en Belice; finalmente 21 departamentos tendrían rendimientos inferiores a 1,0 t/ha, específicamente Bocas del Toro, Veraguas, Coclé, Colón, Panamá, Darién, Emberá-Wounaan, Ngöbe Bugle y Kuna Yala en Panamá, la región Sur en Honduras, Zacapa en Guatemala, Guanacaste y Limón en Costa Rica y la RAAN, RAAS, Chinandega, Managua, Boaco, Chontales y Río San Juan en Nicaragua. Para el corte de 2070, la región central y el Altiplano de Guatemala y en El Salvador se experimentarían rendimientos entre 1,5 t/ha y 2,5 t/ha, con excepción de Quetzaltenango y La Libertad que tendrían rendimientos de más de 2,5 t/ha. En toda la región Atlántico de Centroamérica serían menores a 1,5t/ha, y 31 departamentos tendrían rendimientos menores a 1,0 t/ha, incluyendo en gran parte de Panamá, Guanacaste y Limón en Costa Rica, RAAN, RAAS, Boaco, Chontales, Río San Juan, Rivas, León, Managua, y Chinandega en Nicaragua, las Regiones Centro Occidental y Sur de Honduras, el Departamentos de la Unión en El Salvador, Stann Creek e Izabal y Zacapa en Guatemala. Por último, se estima que hacia finales del siglo gran parte de Centroamérica tendría rendimientos inferiores a 1,5 t/ha, en total 69 departamentos. A los departamentos con rendimientos menores a 1 t/ha del corte 2070 se agregarían Toledo en Belice, El Petén, Chiquimula y Suchitepequez en Guatemala, las regiones Norte, Occidental, Centro Oriental y Nor Oriental de Honduras, los departamentos de Estelí y Carazo de Nicaragua, y Chiriquí en Panamá. 12 departamentos podrían tener rendimientos mayores a 2,0 t/ha, específicamente Totonicapán, Sololá y Chimaltenango en Guatemala y Ahuachapán, Santa Ana, Sonsonate, La Libertad, San Salvador, Cuscatlán y San Vicente en El Salvador; y Quetzaltenango.

En los gráficos 42 y 43 se ilustran los cambios en la dispersión de los rendimientos estimados de maíz para cada departamento, relacionados con las proyecciones de temperatura y precipitación de ambos escenarios. En el período histórico, la mayoría de los departamentos tenían una

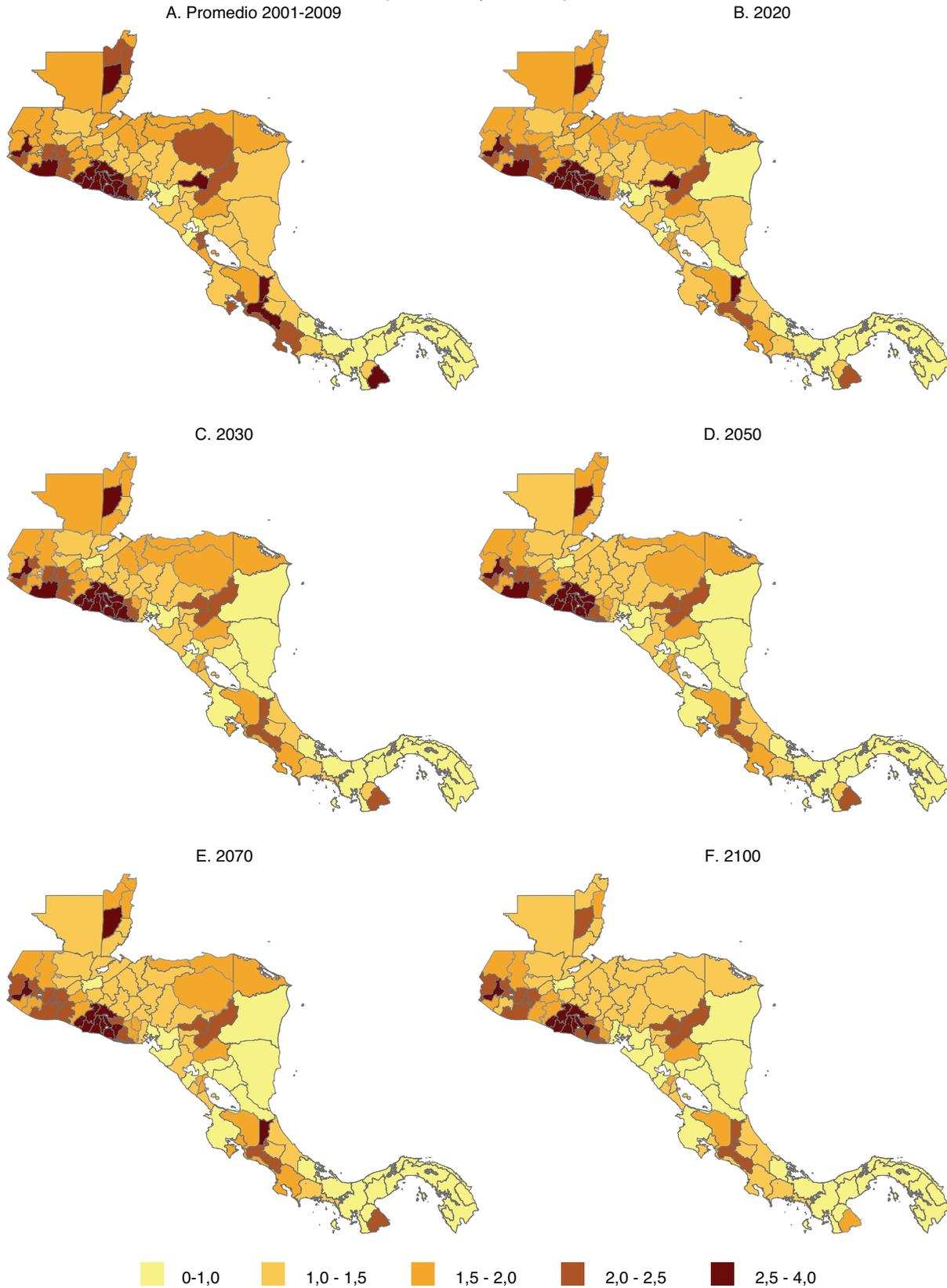
temperatura promedio anual entre 22 °C y 27 °C. Al avance del siglo, con B2 (véase el gráfico 42), la región experimentaría progresivamente mayores temperaturas, principalmente llegando al corte de 2100 a un rango entre 25 y 30 °C con un mínimo de 17,8 °C y un máximo de 31,5 °C. Con A2 (véase el gráfico 43), la mayoría de los departamentos experimentarían un rango de 27 a 32 °C, con un mínimo de 19,6 °C y un máximo de 32,8 °C. La temperatura de los departamentos con mayor altitud ubicados en Guatemala y Costa Rica seguirían siendo menores que los del resto de Centroamérica en ambos escenarios.

Con respecto a la precipitación acumulada anual, en el período histórico la mayoría de los departamentos estaba en el rango de 700 mm a 1.700 mm, con 28 departamentos arriba de 1.700 mm, y un máximo de 3.439 mm. Con B2 (véase el gráfico 42), los mayores cambios se experimentarían de 2070 en adelante. En este corte el máximo anual podría ser cercano a 3.000 mm y, para finales del siglo, el máximo sería inferior a 2.500 mm, con solamente 24 departamentos arriba de 1.700 mm. No obstante, la mayoría de los departamentos seguirían en el rango de 700 mm - 1.700 mm. En A2 (véase el gráfico 43), los cambios serían mayores y a más corto plazo, con un claro desplazamiento de las mediciones hacia la izquierda en los gráficos. En 2030, alrededor de 70% de los departamentos registrarían lluvias debajo de los 1.400 mm; en 2050 esta proporción experimentaría niveles debajo de 1.230 mm; y la cifra sería 980 mm a finales del siglo. La lluvia máxima en un departamento bajaría de 3.500 mm a 2.500 mm en 2050 y a cerca de 2.000 mm hacia finales del siglo.

En el período histórico, con un promedio de lluvia acumulada anual de 1.607 mm y una temperatura promedio de 24,1 °C, los rendimientos de maíz de 70% de los departamentos estaban en el rango de 1,2 t/ha a 3 t/ha, con 9% por arriba de 3 t/ha y 21% por debajo de 1,2 t/ha. Con B2, hacia 2050 el rango sería entre 0,9 t/ha y 2,5 t/ha, con 15% por arriba de 2,5 t/ha y 15% por debajo de 0,9 t/ha, con un promedio de precipitación acumulada anual regional de 1.580 mm y una temperatura promedio anual de 25,6 °C. Y hacia finales del siglo este rango podría quedarse entre 0,6 t/ha y 2,2 t/ha, con 20% por arriba de 2,2 t/ha y 10% por debajo de 0,6 t/ha, con un promedio regional de precipitación de 1.250 mm y una temperatura promedio de 27,1 °C. Por otro lado, al analizar el número de departamentos por debajo de un umbral de 1,5 t/ha estos van aumentando en el tiempo, en el período histórico 32 departamentos se encontraron debajo de este umbral, con B2 hacia 2050 serían siete departamentos más, y hacia finales del siglo serían 49 departamentos.

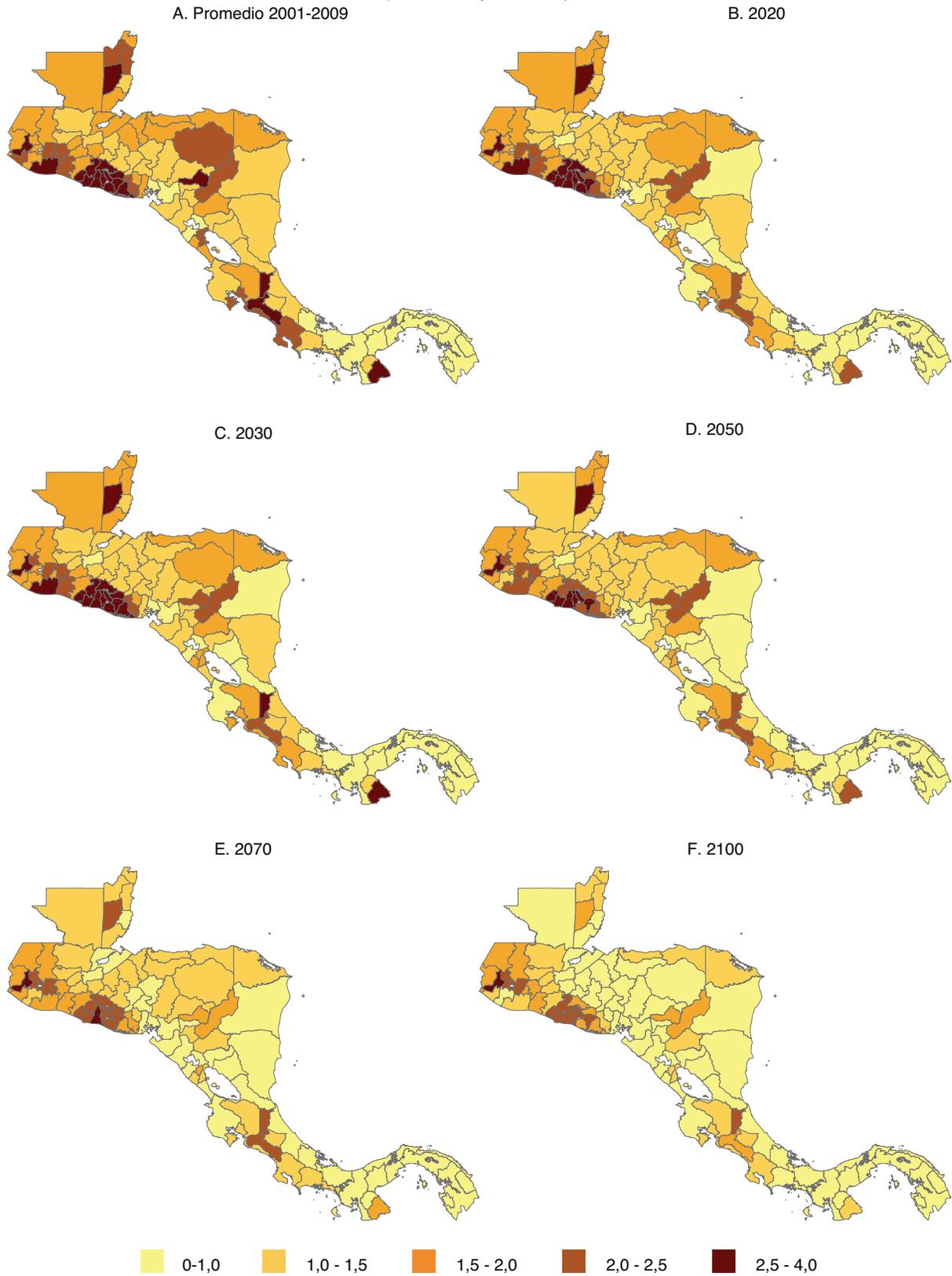
Con A2, para el corte 2020, con una precipitación acumulada anual promedio de 1.488 mm y una temperatura promedio anual de 24,9 °C, el rango de rendimientos sería entre 0,95 t/ha y 2,5 t/ha para 70% de los departamentos, con 14% por arriba de 2,5 t/ha y 16% por debajo de 0,95 t/ha. Hacia finales del siglo, el rango sería entre 0,5 t/ha y 2,0 t/ha, con 14% por arriba de 2 t/ha y 16% por debajo de 0,5 t/ha, con un promedio de precipitación regional de 844 mm y una temperatura promedio de 28,4 °C. Al tomar el umbral de 1 t/ha, se encontraron 11 departamentos por debajo de ese nivel en el período histórico, con A2 serían 16 departamentos en el corte 2020, y hacia final del siglo 40 departamentos tendrían menos de 1 t/ha. Destacan algunos departamentos de Guatemala y El Salvador con los rendimientos más altos a partir del corte 2050. En ambos gráficos, se observa que el conjunto de mediciones se desplazan hacia la izquierda y con una menor dispersión con el paso del tiempo y hacia abajo a niveles menores de rendimientos, mas levemente en B2 y de forma más marcada con A2.

**MAPA 12**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE MAIZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO B2, PROMEDIO 2001-2009 Y**  
**CORTES A 2100**  
(En toneladas por hectárea)



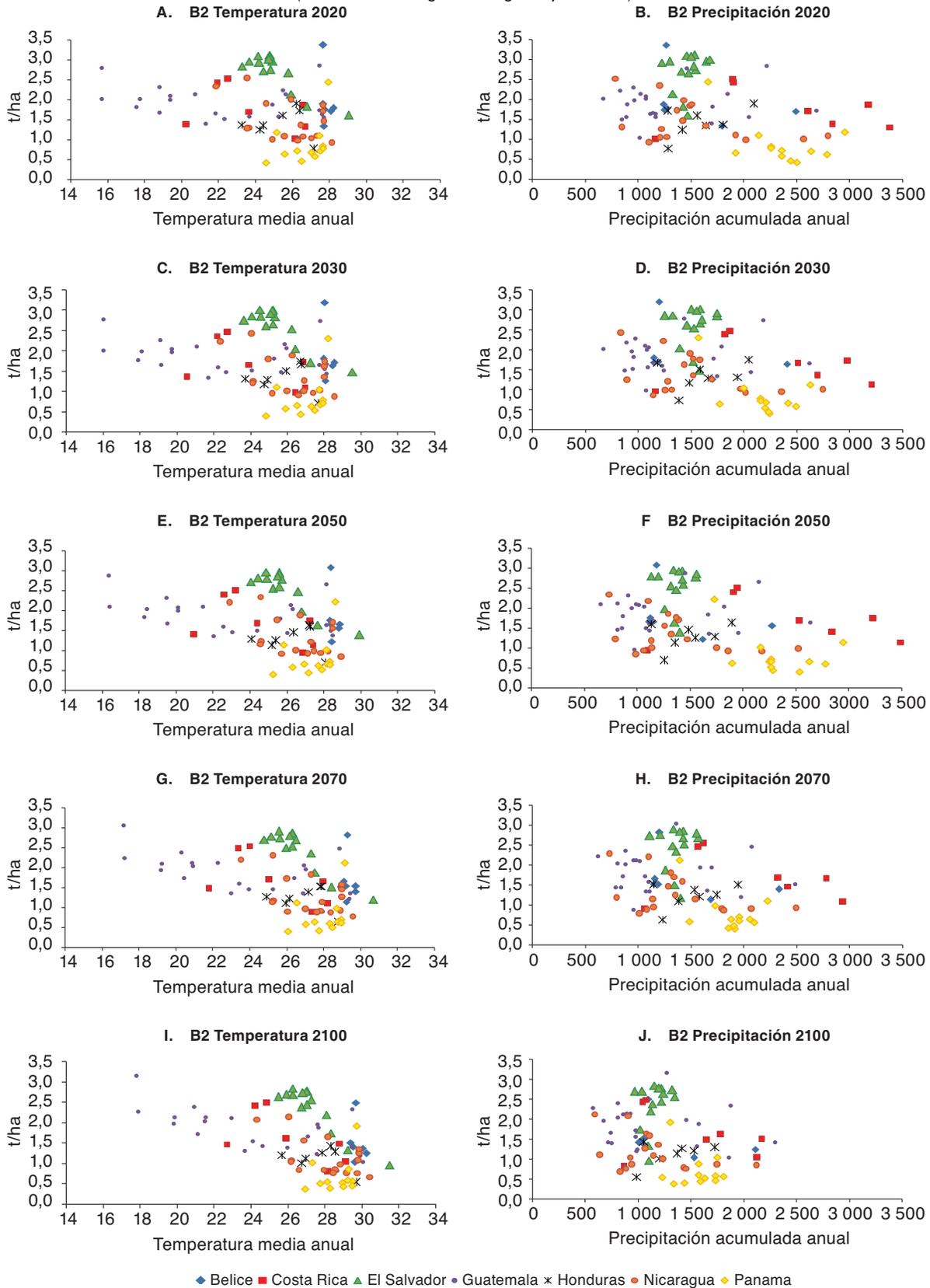
Fuente: Elaboración propia.

**MAPA 13**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE MAIZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO A2, PROMEDIO 2001-2009 Y**  
**CORTESA 2100**  
(En toneladas por hectárea)



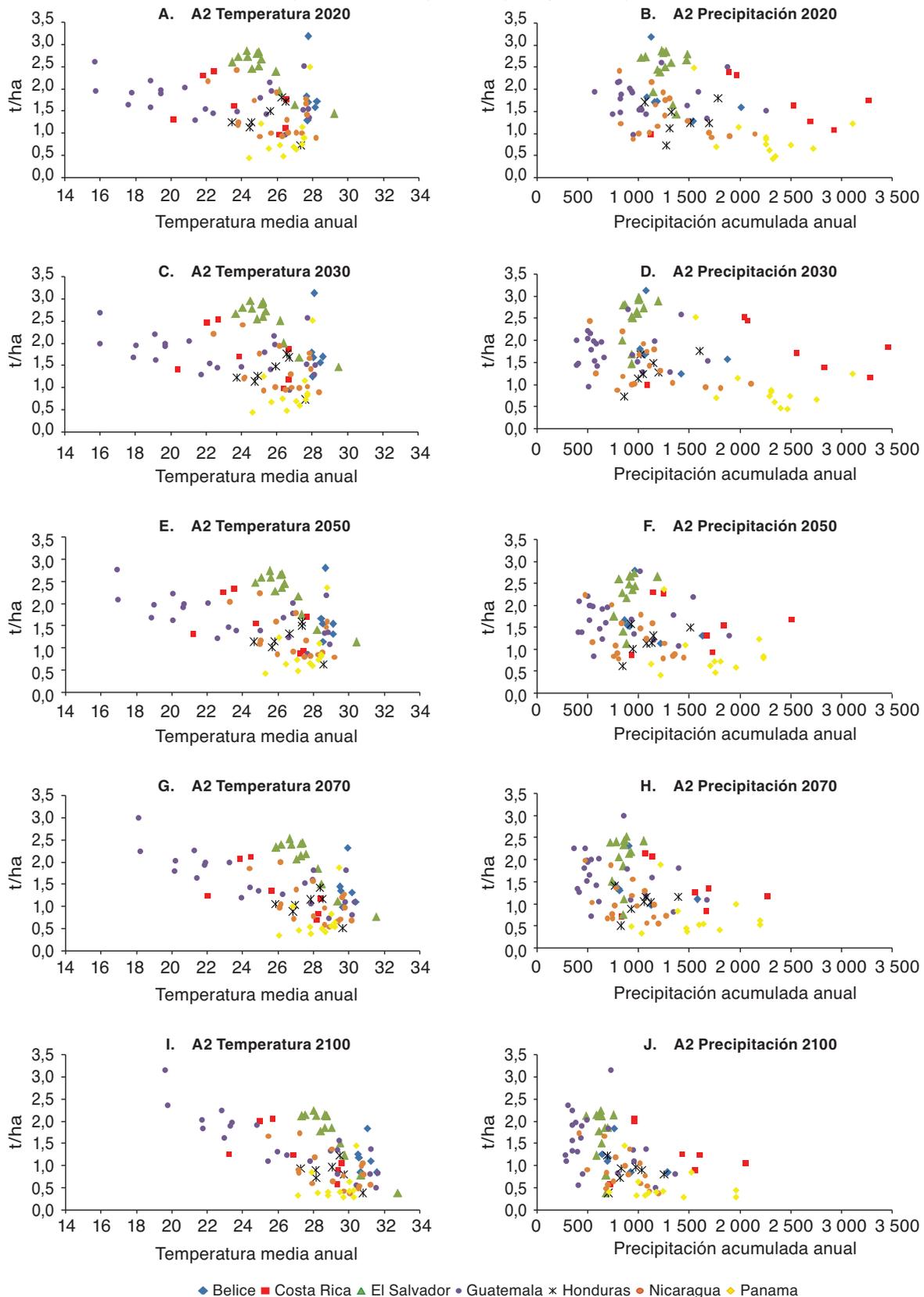
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 42**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO B2, CORTES A 2100**  
*(Tonelada/hectárea, grados centígrados y milímetros)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 43**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO A2, CORTES A 2100**  
*(Tonelada/hectárea, grados centígrados y milímetros)*



Fuente: Elaboración propia.

## IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DEL FRIJOL

El impacto que los dos escenarios de cambio climático podrá tener sobre los rendimientos del frijol se estimó considerando los coeficientes de las funciones de producción histórica (véase el cuadro 15, ecuación 2), permitiendo que los promedios de temperatura mensual y lluvia acumulada mensual varíen con dichos escenarios. Se mantuvieron constantes el resto de las variables con sus promedios del período 2001-2009. Así, las estimaciones no consideran posibles cambios tecnológicos ni medidas de adaptación.

Las estimaciones generadas en este análisis se presentan en el cuadro 18, gráfico 44 y 45 y mapas 14 y 15. En B2 al corte 2020, el promedio de rendimiento regional decrecería 3%, distribuido de la siguiente manera: una ganancia de 4% en Guatemala y pérdidas de 3% en Honduras, 4% en Panamá, 5% en El Salvador, 5,5% en Nicaragua, 7% en Belice y 8% en Costa Rica. Hacia 2050, los impactos se traducirían en una ganancia de 1,5% en Guatemala y reducciones en el resto de los países entre 7% en Honduras hasta un máximo de 16% en el caso de Panamá. En el corte 2100, los países más afectados serían Panamá con una reducción de 50%, Belice con 33%, y Costa Rica y Nicaragua con reducciones superiores al 25%.

**CUADRO 18**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE FRIJOL CON ESCENARIO B2 Y A2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**

	Promedio de rendimientos 2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
	(t/ha)	(En porcentajes)				
<b>Escenario B2</b>						
Belice	0,8	-6,92	-10,60	-13,10	-25,06	-32,98
Costa Rica	0,5	-7,71	-16,56	-9,61	-13,46	-28,37
El Salvador	0,9	-4,70	-7,36	-8,69	-13,72	-17,26
Guatemala	0,7	3,71	1,52	1,50	1,76	0,94
Honduras	0,7	-3,35	-6,68	-7,10	-12,70	-20,39
Nicaragua	0,7	-5,52	-12,01	-11,68	-15,95	-26,11
Panamá	0,3	-4,06	-22,08	-15,98	-28,09	-50,02
Centroamérica	0,7	-2,86	-7,88	-7,53	-12,26	-19,32
<b>Escenario A2</b>						
Belice	0,8	-9,06	-13,90	-23,38	-36,69	-53,57
Costa Rica	0,5	-15,65	-7,09	-20,16	-42,22	-47,64
El Salvador	0,9	-16,47	-13,19	-24,14	-35,00	-48,92
Guatemala	0,7	-6,99	-6,94	-8,79	-10,14	-17,44
Honduras	0,7	-11,77	-11,40	-19,00	-28,29	-42,04
Nicaragua	0,7	-14,45	-12,80	-22,74	-39,80	-54,39
Panamá	0,3	-1,03	-2,55	0,60	-43,00	-70,60
Centroamérica	0,7	-11,13	-10,20	-17,09	-29,99	-43,21

Fuente: Elaboración propia.

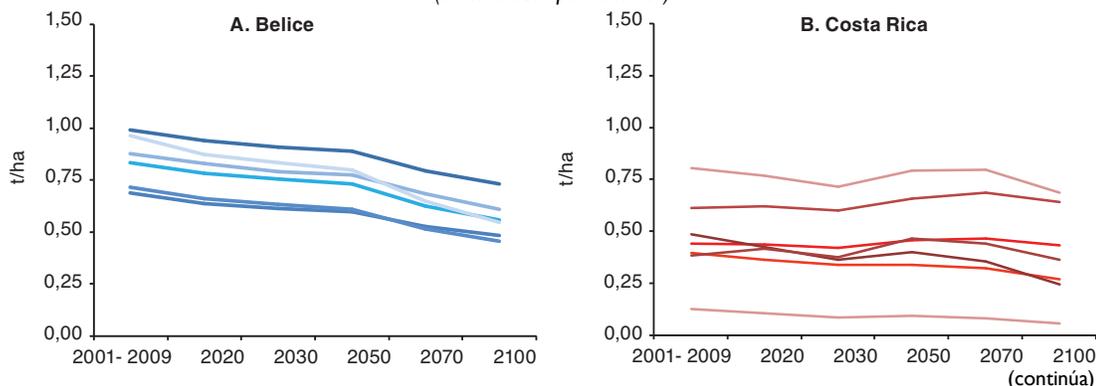
En el escenario A2, las pérdidas regionales serían más del doble que en B2 en cada corte, con excepción de 2030, y Guatemala no es exenta de experimentar reducciones. Al corte 2020, el rendimiento regional disminuiría en 11%. El Salvador, Costa Rica y Nicaragua serían los más afectados con reducciones entre 14% y 16%. Para 2050, el rendimiento regional bajaría 17%, con un rango entre un aumento leve de 0,5% en Panamá y una reducción de 24% en El Salvador. Se espera que hacia finales del siglo el rendimiento regional disminuya 43%, con una menor reducción en

Guatemala, con 17%, y la mayor en Panamá, con 71%. Cinco de los siete países experimentarían pérdidas mayores a 45%.

En los gráficos 44 y 45 se ilustran las trayectorias de los rendimientos de frijol por departamentos bajo ambos escenarios. Hacia 2100 el rango de cambio a nivel departamental por país con el escenario B2 respecto al promedio del período 2001-2009 sería: entre -26% y -43% en Belice, entre -2% y -58% en Costa Rica, entre -1% y -98% en El Salvador, entre un aumento de 90% y una reducción de -44% en Guatemala, entre -3% y -47% en Honduras, entre 13% y -48% en Nicaragua y entre -23% y -79% en el caso de Panamá. Es notable que los rendimientos disminuirán en casi todos los departamentos, salvo en el Altiplano Occidental Guatemalteco, donde se podría tener incrementos en 12 departamentos, incluyendo Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, El Quiché, Guatemala, Jalapa, Huehuetenango, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos, Totonicapán y Sololá en Guatemala (véase gráfico inserto en gráfico 44, D). Además Jinotega en Nicaragua y San José en Costa Rica también podrían experimentar aumentos. Al mismo tiempo, los departamentos que sufrirían pérdidas por más de 60% serían La Unión en El Salvador, Darién, Herrera, Los Santos, Veraguas y la comarca Wounaan-Emberá en Panamá. Sólo algunos departamentos de El Salvador y Guatemala mantendrían rendimientos superiores a las 0,8 t/ha. Los rendimientos más bajos serían los de Panamá, la mayoría inferiores a las 0,2 t/ha.

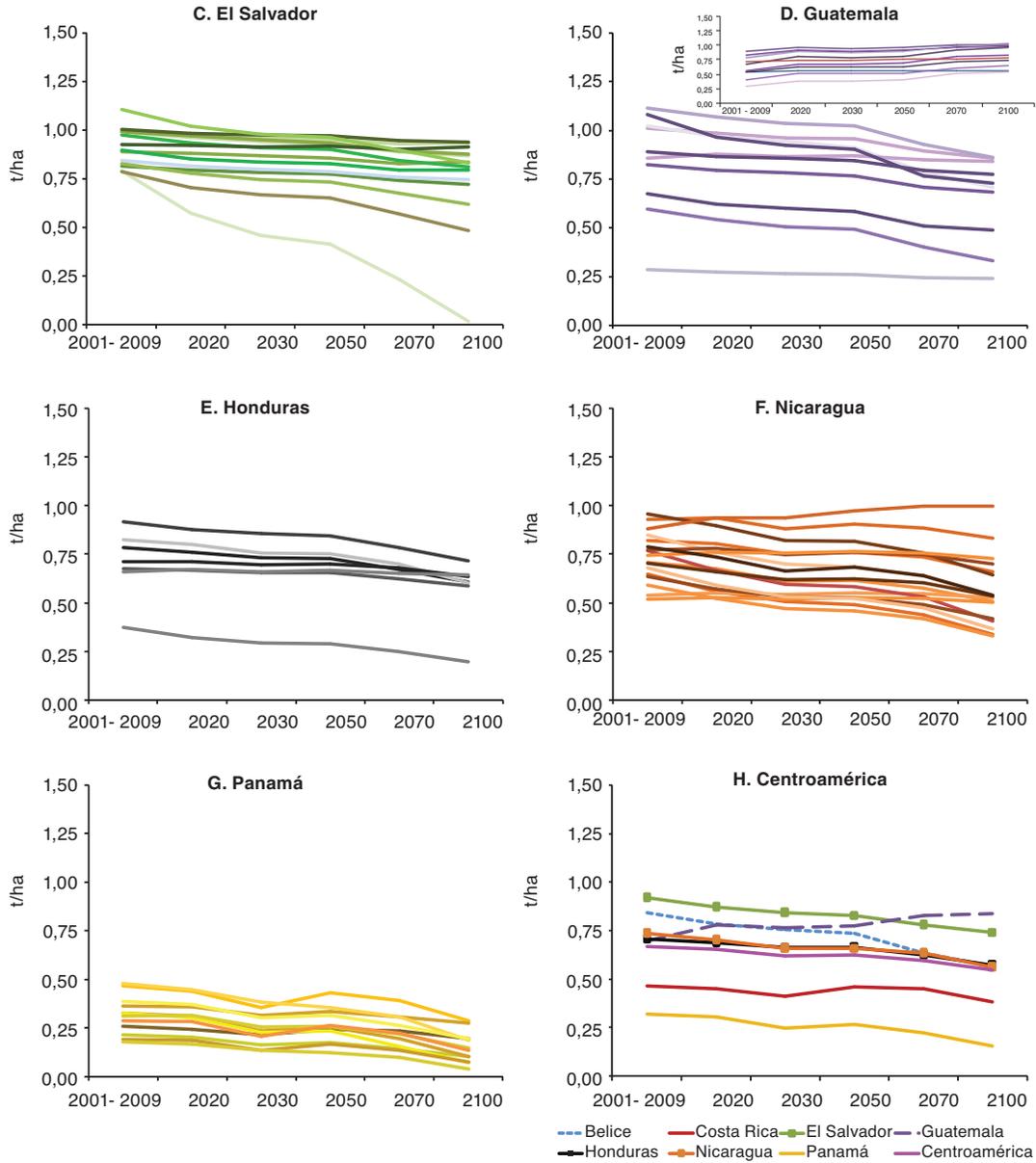
En el escenario A2 las reducciones en rendimientos son más marcadas y las diferencias de rendimiento entre los departamentos se hacen más grandes. Hacia finales del siglo, el rango de cambios en los rendimientos de los departamentos agrupados por país serían: en Belice entre -43% y -73%, Costa Rica entre -11% y -83%, El Salvador entre -28% y -100%, Guatemala entre un aumento de 100% y una reducción de 82%, Honduras entre -28% y -77%, Nicaragua entre -0% y -81% y Panamá entre -29 y -100%. Los rendimientos más bajos seguirían siendo los de Panamá, los cuales serían especialmente afectados en la segunda mitad del siglo y llegando hasta 0 t/ha en algunos casos. El caso más contrastante es el de Guatemala, donde siete departamentos del Altiplano, Chimaltenango, El Quiché, Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Sololá y Totonicapán, podrían experimentar incrementos en rendimientos superiores de 40% (véase gráfico inserto en gráfico 45, D), mientras que El Petén, Escuintla, Izabal y Suchitepéquez perderían más de 50%. Es importante anotar que aunque los resultados sugieren mayores rendimientos potenciales con los cambios en temperatura y lluvia, hay otros factores que considerar antes de determinar si es recomendable o no extender áreas de siembra, como son los tipos de suelos, la topografía y la presencia de bosques y otros ecosistemas.

**GRÁFICO 44**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE FRIJOL CON ESCENARIO B2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**  
(En toneladas por hectárea)



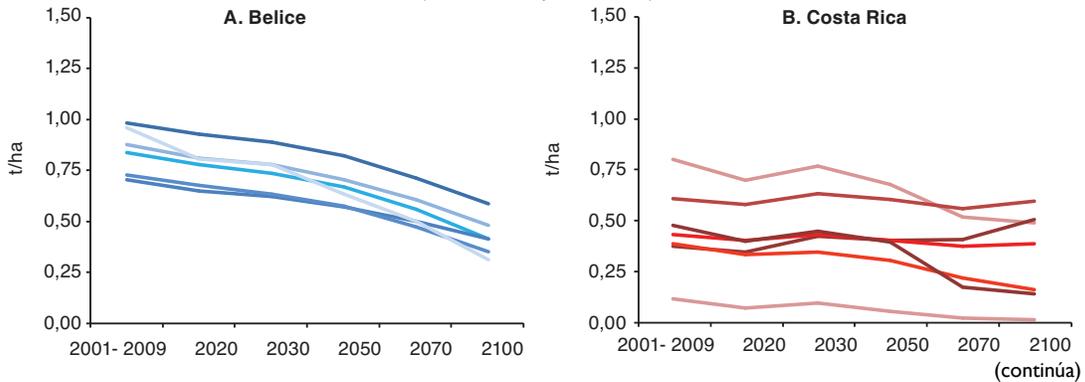
(continúa)

(continuación Gráfico 44)

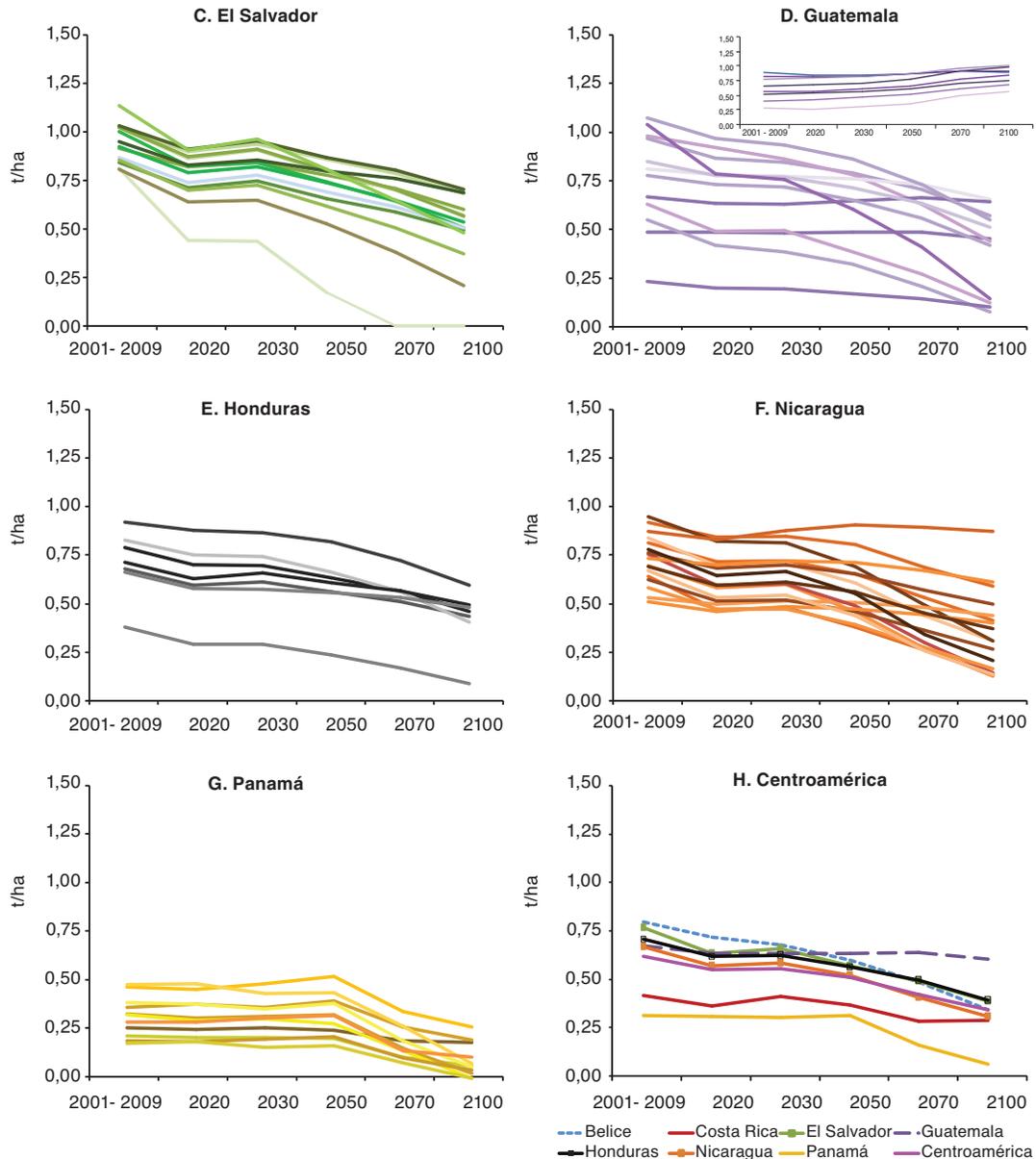


Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 45**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE FRIJOL CON ESCENARIO A2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**  
 (En toneladas por hectárea)



(continuación Gráfico 45)



Fuente: Elaboración propia

En los mapas 14 y 15 se presentan los rendimientos promedio de frijol del período 2001-2009 por departamento y la estimación bajo los escenarios B2 y A2. Los mayores rendimientos del período histórico se dieron en regiones de la costa del Pacífico y el norte de Guatemala, El Salvador, Belice y la costa Atlántico de Nicaragua y Honduras. En total 35 departamentos registraban rendimientos arriba de 0,8 t/ha, específicamente los departamentos de Suchitepéquez, Escuintla, El Petén, Chiquimula, Usulután, San Vicente, Santa Ana, La Libertad, San Salvador, Cuscatlán, Chalatenango, Cayo, Toledo, Chontales, la Región de Atlántico Norte y Jinotega, entre otros. En contraste, 8 departamentos presentaron promedios de rendimientos debajo de 0,3 t/ha. Los menores rendimientos tendieron a darse en Costa Rica, Panamá y parte del Altiplano Occidental Guatemalteco.

Las estimaciones para 2020 bajo B2 (véase el mapa 14) arrojan reducciones en rendimientos en los departamentos del este de El Salvador, el centro y occidente de Honduras, el Pacífico, norte y sur de Nicaragua y algunos del altiplano de Guatemala. En 2030 los rendimientos disminuirían

en la zona del Golfo de Fonseca, la zona sur de Nicaragua y el Azuero en Panamá hasta menos de 0,55 t/ha. En 2050 los rendimientos de algunos departamentos podrían recuperarse ligeramente, incluyendo Quetzaltenango, Chimaltenango en Guatemala y Estelí en Nicaragua. En 2070 20 departamentos tendrían rendimientos mayores a 0,8 t/ha: Huehuetenango, Quetzaltenango, Totonicapán, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, El Progreso, Zacapa, Chiquimula y Alta Verapaz en Guatemala, Ahuachapán, Chalatenango, La Libertad, San Salvador, Usulután, San Vicente, Santa Ana y Cuscatlán en El Salvador, y Jinotega y RAAN en Nicaragua. Los rendimientos habrían bajado en el Petén y la costa Atlántica de Honduras, el este de El Salvador y en Panamá. Los menores rendimientos se presentarían en algunos departamentos de Costa Rica y Panamá, Retalhuleu en Guatemala y la región sur de Honduras. En 2100, solamente 20 departamentos tendrían rendimientos superiores a 0,80 t/ha, incluyendo Huehuetenango, Alta Verapaz, Chimaltenango, Guatemala, Chiquimula, El Progreso, Quetzaltenango, Sacatepéquez, Totonicapán y Zacapa en Guatemala, Ahuachapán, Chalatenango, Cuscatlán, La Libertad, San Salvador, San Vicente, Santa Ana y Usulután en El Salvador, y RAAN y Jinotega en Nicaragua. Otros reducirían sus rendimientos respecto a 2070 al rango de 0,3 t/ha a 0,55 t/ha, incluyendo Toledo en Belice, Morazán en El Salvador, y RAAS, Río San Juan, Masaya y Carazo en Nicaragua. Dieciocho departamentos con rendimientos menores a 0,3 t/ha serían Retalhuelu en Guatemala, la región Sur de Honduras, La Unión en El Salvador, Guanacaste, Puntarenas y Limón en Costa Rica, y todas las provincias y comarcas de Panamá.

Las estimaciones de rendimiento de frijol en el escenario A2 se presentan en el mapa 15. En 2020 22 departamentos disminuirían el rango de rendimientos en él que se encuentran, incluyendo Chinandega, León, Boaco, Managua, Carazo y Rivas en Nicaragua; Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa e Izabal en Guatemala; Cayo y Toledo en Belice; Olancho y la región Sur de Honduras; y los departamentos de la región Pacífico de El Salvador; Alajuela en Costa Rica; y Los Santos en Panamá. Tres departamentos pasarían a un rango mayor de rendimientos, San Marcos, Totonicapán y Sacatepéquez en Guatemala. En 2030 solamente 23 departamentos tendrían rendimientos mayores a 0,80 t/ha, incluyendo la región Atlántico de Honduras y el Departamento de Belice, El Petén, Alta Verapaz, Jutiapa, Suchitepéquez y algunos de la región central de Guatemala, los de la región Pacífico de El Salvador y RAAN, Jinotega y Chontales en Nicaragua. Los departamentos con menores rendimientos serían Bocas del Toro, Veraguas, Coclé, Kuna Yala y Emberá-Wounaan en Panamá, Retalhuelu en Guatemala, Limón en Costa Rica y la región sur en Honduras.

Para 2050 la disminución de rendimientos de frijol se extendería por la región Pacífico de El Salvador y Nicaragua, así como por la RAAS de Nicaragua y el norte de Belice. Casi todos los departamentos de Costa Rica, con excepción de Alajuela y San José, y de Panamá tendrían rendimientos menores a 0,55 t/ha. En 2070 los rendimientos continuarían disminuyendo, sobre todo en Nicaragua, y se mantendrían en el mismo rango en el Altiplano de Guatemala. Finalmente, se estima que en 2100 siete departamentos de Guatemala y un departamento de Nicaragua conservarían rendimientos superiores a 0,8 t/ha, incluyendo Alta Verapaz, Guatemala, Huehuetenango, Totonicapán, Quetzaltenango, Chimaltenango y Sacatepéquez y Jinotega en el caso de Nicaragua. Los departamentos más afectados por reducciones en rendimientos serían los de Panamá, los departamentos de la costa de Costa Rica y Nicaragua, Izabal, Escuintla, Retalhuelu y Suchitepéquez en Guatemala, La Unión y Morazán en El Salvador, Toledo en Belice y la región sur de Honduras. 31 departamentos experimentarían rendimientos debajo de 0,3 t/ha, comparado con nueve en el período histórico.

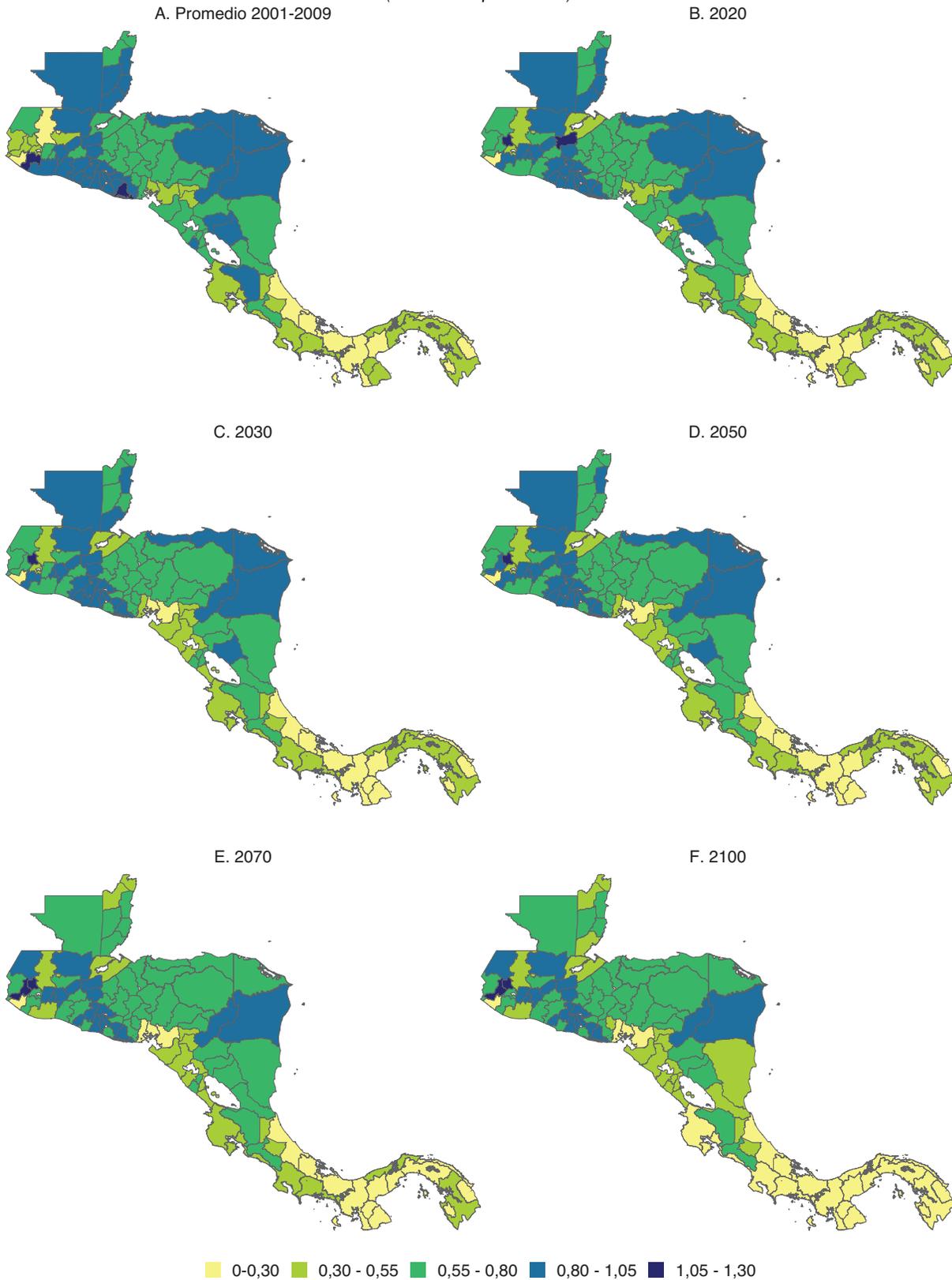
En los gráficos 46 y 47 se ilustran los cambios en la dispersión de los rendimientos de frijol estimados para cada departamento en ambos escenarios. En el gráfico 46 se muestra la relación entre los rendimientos y la temperatura y la precipitación bajo el escenario B2. En el período histórico, los rendimientos promedio de 70% de los departamentos se encontraban entre 0,4 t/ha y 1 t/ha, con 7% por arriba de 1 t/ha y 23% por debajo de 0,4 t/ha. Con el escenario B2, ya en el corte 2020 se estima que el rango sería entre 0,3 t/ha y 0,9 t/ha, con 20% arriba de 0,9 t/ha y 10% por debajo de 0,3 t/ha, considerando un promedio de precipitación acumulada anual de 1.650 mm y una temperatura promedio anual de 24,8 °C.

Hacia finales de siglo, los rendimientos en 70% de los departamentos podrían estar entre 0,2 t/ha y 0,85 t/ha, con 16% por arriba de 0,85 t/ha y 14% por debajo de 0,2 t/ha, con un promedio de precipitación regional de 1.250 mm y una temperatura de 27,1 °C. Al tomar el umbral de 0,55 t/ha, en el período histórico se encontraron por debajo de ese nivel 27 departamentos, con el escenario B2, en el corte 2020 24 departamentos tendrían rendimientos inferiores a 0,55 t/ha, y hacia finales del siglo, serían 38 departamentos. Aunque los cambios con el escenario B2 son menos marcados, se nota el desplazamiento de los rendimientos hacia la derecha y abajo en los gráficos con temperatura y hacia la derecha y abajo especialmente a partir del corte de 2050 en el caso de la lluvia.

En el escenario A2 para el corte 2020 (véase el gráfico 47) se estima que 70% de los departamentos experimentarían rendimientos entre 0,35 t/ha y 0,85 t/ha, con 12% por arriba de 0,85 t/ha y 18% por debajo de 0,35 t/ha, considerando un promedio de precipitación acumulada anual de 1.488 mm y una temperatura promedio anual de alrededor de 24,9 °C.

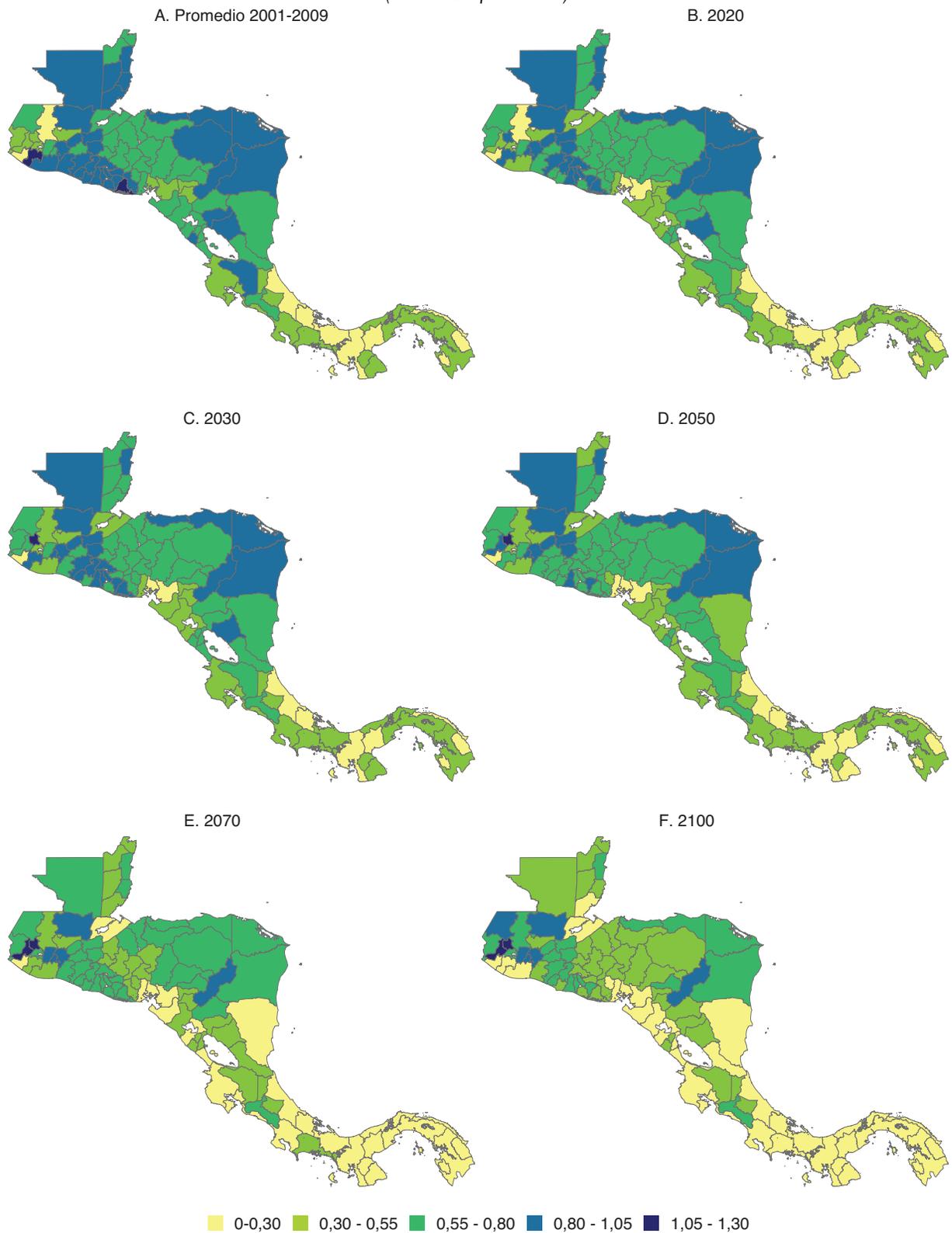
Hacia finales del siglo los rendimientos de 70% de los departamentos podría quedarse entre 0,13 t/ha y 0,7 t/ha, con 12% por arriba de 0,7 t/ha y 18% por debajo de 0,13 t/ha, considerando un promedio regional de precipitación de 844 mm y una temperatura promedio de 28,4 °C. Al tomar el umbral de rendimientos de 0,3 t/ha, en el período histórico se encontraron 9 departamentos por debajo de ese nivel, en el escenario A2 en el corte 2020 serían 11 departamentos con menos de 0,3 t/ha y en el corte 2100 30 departamentos. Los departamentos de Panamá y algunos de Costa Rica y Nicaragua tendrían los rendimientos más bajos, mientras que los de Guatemala tendrían los mayores. En el caso de estas dos series de gráficos, se nota un mayor desplazamiento de los registros hacia abajo con menores niveles de rendimientos y una menor dispersión horizontal, es decir menos registros de lluvias mayores y temperaturas menores. En el caso de los gráficos de temperatura se nota los departamentos del Altiplano guatemalteco en el extremo izquierdo con niveles menores.

**MAPA 14**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO B2, PROMEDIO 2001-2009 Y**  
**CORTES A 2100**  
 (En toneladas por hectárea)



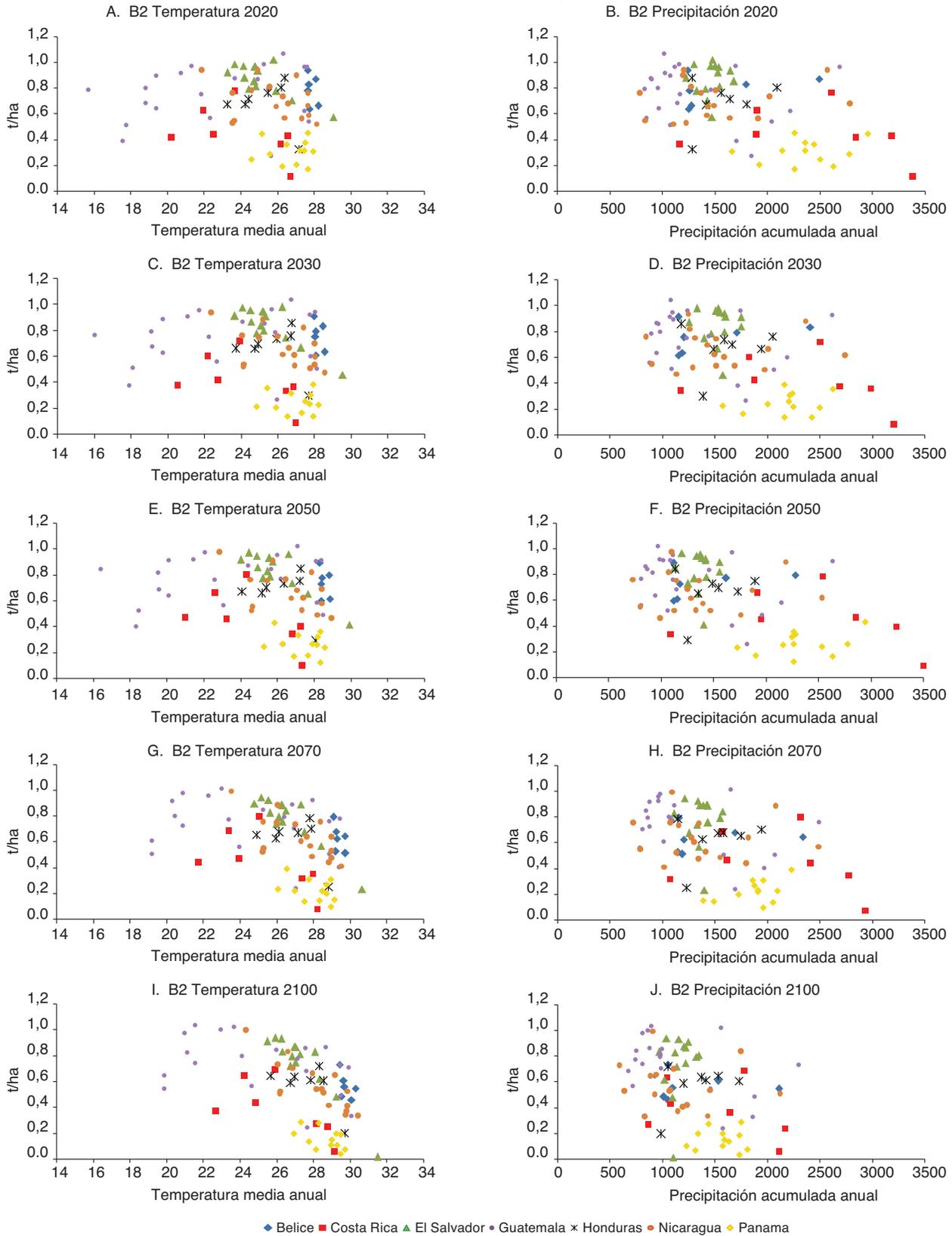
Fuente: Elaboración propia

**MAPA 15**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO A2, PROMEDIO 2001-2009 Y**  
**CORTES A 2100**  
(En toneladas por hectárea)



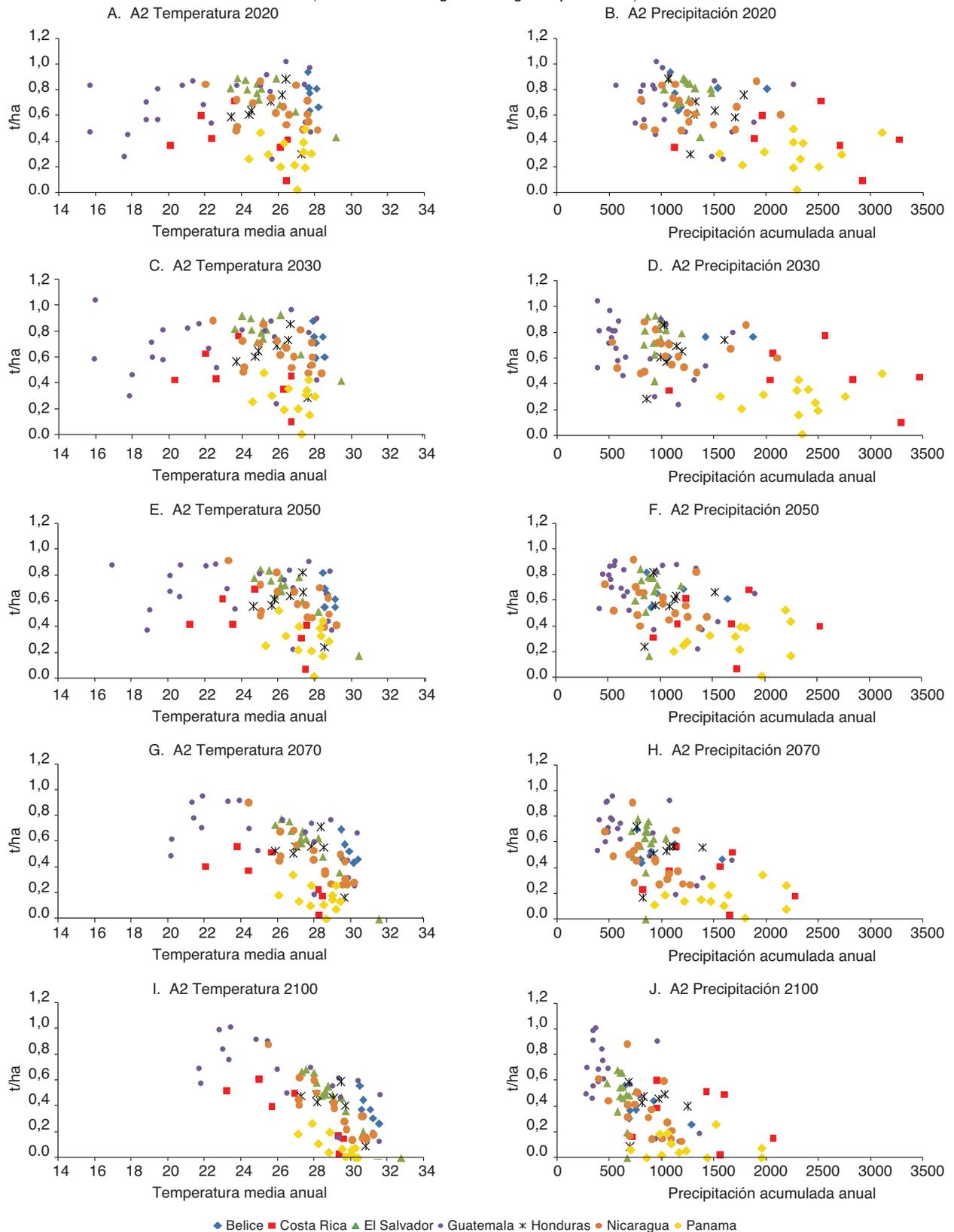
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 46**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO B2, CORTES A 2100**  
*(Tonelada/hectárea, grados centígrados y milímetros)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 47**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO A2, CORTES A 2100**  
*(Tonelada/hectárea, grados centígrados y milímetros)*



Fuente: Elaboración propia.

## IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DEL ARROZ

Los impactos potenciales sobre los rendimientos de arroz en los escenarios B2 y A2 se estimaron tomando en cuenta los coeficientes de las funciones de producción históricas (véase de nuevo el cuadro 15, ecuación 3) permitiendo que los promedios de temperatura y lluvia acumulada mensuales varíen según dichos escenarios, mientras los valores del resto de las variables se mantienen constantes en los promedios del período 2001-2009. Así no considera cambios en la tecnología, en la extensión de la superficie sembrada, ni acciones de adaptación.

Los resultados se presentan en el cuadro 19, gráficos 48 y 49 y mapas 16 y 17. En el escenario B2 al corte 2020, los rendimientos decrecerían 8% como promedio regional, con las siguientes estimaciones nacionales: 5% en Guatemala, 7% en Costa Rica y El Salvador, 8% en Honduras, 9% en Panamá y 11% en Belice y Nicaragua. En 2050 las reducciones irían desde un 10% en Guatemala hasta un 23% en Nicaragua, con un promedio regional de 15%. En el corte 2100, 4 países enfrentarían reducciones mayores a 30%, lo cual es el promedio regional. Incluyen a Honduras, Panamá, Belice y Nicaragua. Mientras que el país con menor reducción promedio sería Guatemala, con 20%.

**CUADRO 19**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE ARROZ CON ESCENARIO B2 Y A2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**  
(En porcentajes)

	Promedio de rendimientos 2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
	(t/ha)	(En porcentajes)				
<b>Escenario B2</b>						
Belice	2,8	-10,56	-12,97	-18,65	-31,76	-40,42
Costa Rica	3,3	-7,02	-11,91	-13,30	-17,96	-25,37
El Salvador	5,3	-6,81	-10,01	-13,64	-20,35	-26,20
Guatemala	2,6	-4,63	-7,46	-9,79	-15,48	-20,27
Honduras	2,3	-7,90	-11,92	-15,68	-23,98	-32,48
Nicaragua	2,2	-11,43	-18,78	-23,25	-32,71	-47,41
Panamá	1,8	-8,82	-16,50	-18,08	-24,97	-34,25
Centroamérica	2,9	-7,53	-11,88	-15,06	-22,41	-30,23
<b>Escenario A2</b>						
Belice	2,8	-9,87	-15,61	-24,74	-41,54	-56,98
Costa Rica	3,3	-10,01	-9,09	-19,85	-32,83	-39,98
El Salvador	5,3	-13,11	-12,05	-24,32	-36,21	-50,32
Guatemala	2,6	-9,33	-10,38	-19,27	-28,63	-41,71
Honduras	2,3	-11,60	-13,80	-24,37	-36,67	-49,92
Nicaragua	2,2	-15,94	-18,84	-33,60	-53,55	-68,84
Panamá	1,8	-6,07	-7,19	-12,07	-35,38	-48,89
Centroamérica	2,9	-11,07	-12,26	-22,60	-36,78	-50,25

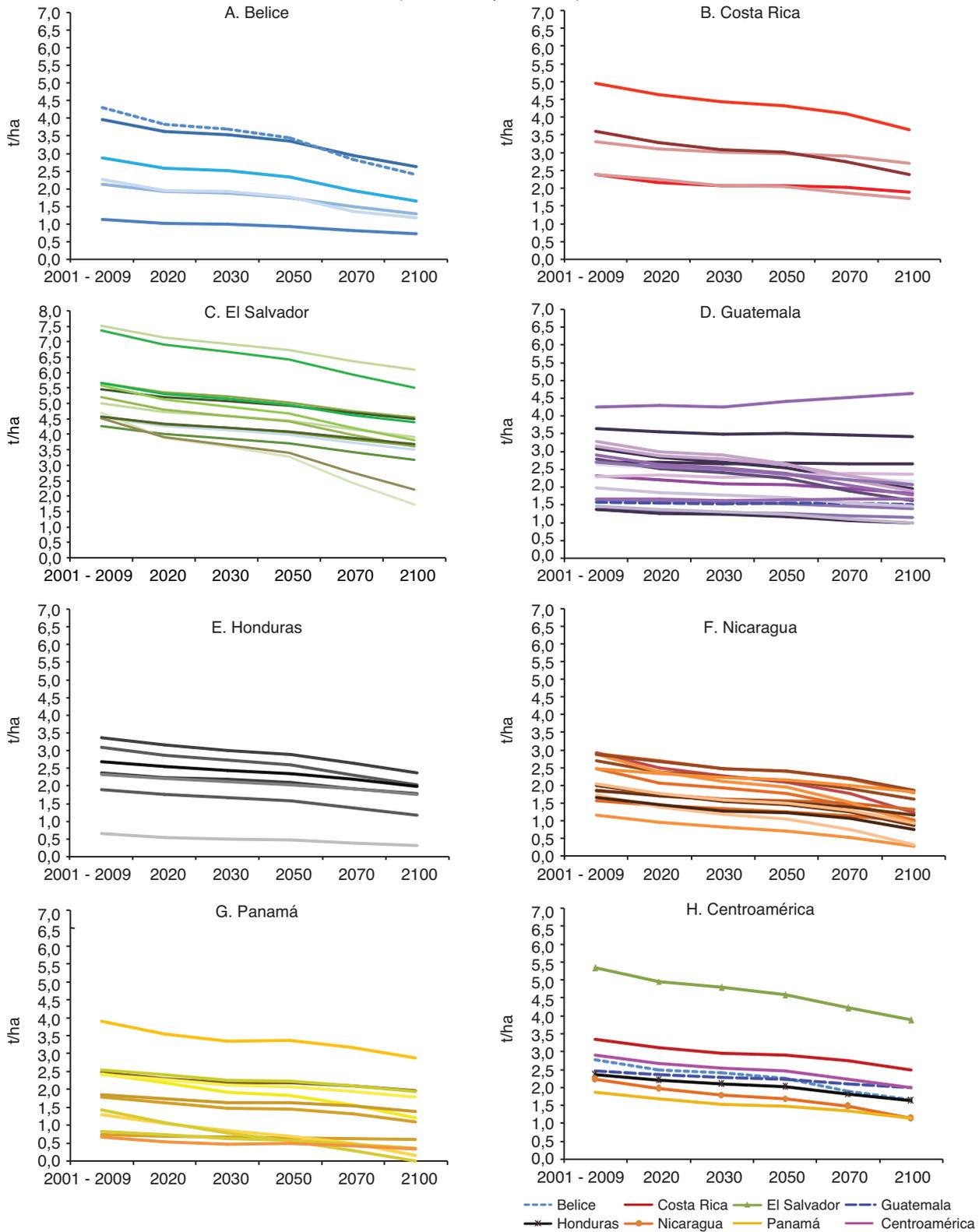
Fuente: Elaboración propia.

En A2 se prevé que la disminución de los rendimientos sea mayor que en B2, especialmente a partir del corte 2030. En el corte 2020, el promedio de disminución regional sería de 11%; el país más afectado sería Nicaragua, cuyos rendimientos disminuirían 16%. En 2050, la región sufriría un decremento promedio de 23%, en un rango de 12% en Panamá a 34% en Nicaragua. Para final del siglo se prevé una reducción con un rango entre 49% y 69%, y un promedio regional de 50%. Nicaragua y Belice serían los más afectados, con reducciones aun superiores a este promedio, 69%, 57% respectivamente. En este escenario el menos afectado también sería Guatemala con 42%.

En los gráficos 48 y 49 se presenta la evolución de los rendimientos en ambos escenarios para todos los departamentos. En general, los rendimientos decrecerían en casi todos ellos. En el escenario B2 al corte 2100, los promedios de decrementos departamentales agrupados por país serían: Belice entre -34% y -48%, Costa Rica entre -18% y -34%, El Salvador entre -18% y -63%, Guatemala entre una aumento de 9% y una reducción de 43%, Honduras entre -24% y -54%, Nicaragua entre -27% y -82% y Panamá entre -19% y -100%. Sólo los rendimientos de El Quiché, Quetzaltenango y Totonicapán en Guatemala aumentarían. Dieciséis departamentos presentarían decrementos superiores a 50%, específicamente La Unión y Morazán en El Salvador, la región Sur de Honduras, RAAS, Carazo, Chinandega, Chontales, Granada, Managua, Río San Juan y Rivas en Nicaragua, y Darién, Herrera, Ngöbe Buglé, Kuna Yala y Emberá-Wounaan en Panamá. Los rendimientos más altos, superiores a las 3 t/ha (cerca al promedio histórico de 2.9 t/ha), se presentarían en 15 departamentos, incluyendo 12 de El Salvador, Guanacaste de Costa Rica y Quetzaltenango y San Marcos de Guatemala. Los menores rendimientos, inferiores a 1 t/ha, ocurrirían en un departamento de Belice, dos de Guatemala, una de las regiones de Honduras, siete de de Nicaragua y cinco de Panamá.

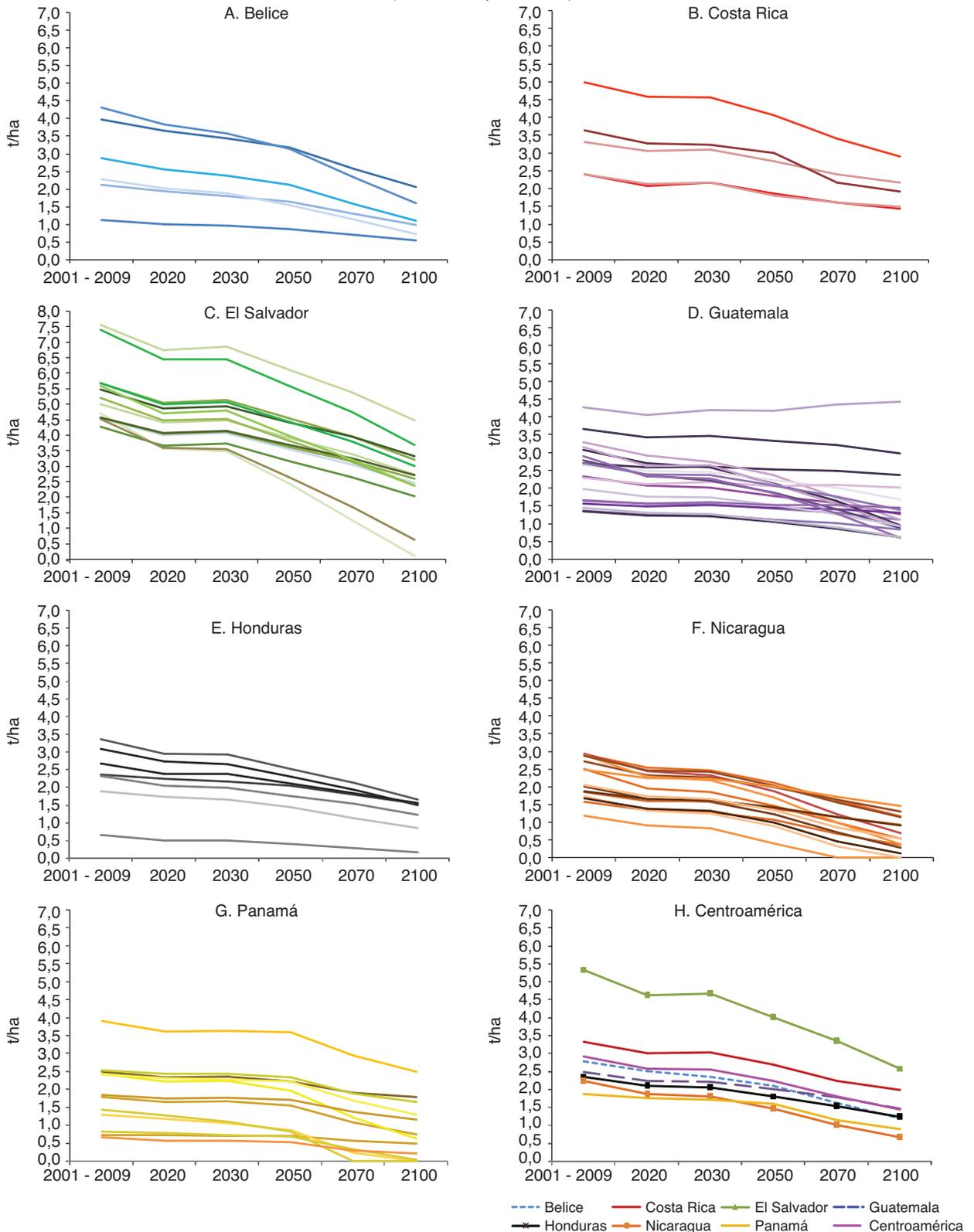
En A2 la caída de los rendimientos sería mayor, y la dispersión del rango de rendimientos aumentaría especialmente en los casos de Guatemala y Honduras. En la mayoría de los países la reducción es menor hasta el corte de 2030 y después se aceleraría, pero en los casos de Panamá y Belice este hito podría ser alrededor de la mitad del siglo. Hacia finales del siglo, los rangos de las disminuciones departamentales ordenados por país serían: entre 48% y 68% en Belice, entre 17% y 47% en Costa Rica, entre 39% y 97% en El Salvador, entre un aumento de 10% y un reducción de 79% en Guatemala, entre 35% y 74% en Honduras, entre 41% y 100% en Nicaragua y entre 28% y 100% en Panamá. Los mayores rendimientos para el corte 2100, superiores a 2 t/ha, se experimentarían en un departamento de Belice, dos de Costa Rica, 12 de El Salvador, cuatro de Guatemala y una provincia de Panamá. Se resalta en ambos escenarios los mayores rendimientos estimados para El Salvador, por lo que se recomienda evaluar e invertir en medidas para asegurar la sostenibilidad y adaptación de las prácticas de producción a largo plazo, recomendación que aplicaría de forma generalizada para los demás países también. Los menores, inferiores a 1 t/ha, ocurrirían en 33 departamentos de Nicaragua y Panamá. Algunos departamentos, como el RAAS y Carazo en Nicaragua y Darién y la comarca de Emberá-Wounaan en Panamá, podrían enfrentar grandes retos para mantener una producción de este grano hacia el final del siglo, si se mantiene la combinación actual de los otros factores de producción.

**GRÁFICO 48**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE ARROZ CON ESCENARIO B2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**  
 (En toneladas por hectárea)



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 49**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE ARROZ CON ESCENARIO A2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**  
 (En toneladas por hectárea)



Fuente: Elaboración propia.

En los mapas 16 y 17 se muestra la evolución de los rendimientos promedio de arroz en Centroamérica en el período 2001-2009 y su estimación bajo los escenarios B2 y A2. En el período histórico, los mayores rendimientos, más de 4,5 t/ha, se dieron en 13 departamentos de El Salvador y Guanacaste de Costa Rica. Otros 12 departamentos han experimentado rendimientos altos, entre 3,25 t/ha y 4,5 t/ha, incluyendo Belice y Orange Walk en Belice; El Petén, San Marcos y Quetzaltenango en Guatemala, Alajuela y Puntarenas en Costa Rica, Chiriquí en Panamá, y la región Centro Occidental de Honduras. En los mapas de promedio histórico figuran siete departamentos que no producen arroz o cuya producción no está registrada, pero en las proyecciones se estimó los rendimientos potenciales que pudieran obtener de acuerdo a las variables consideradas. Tales estimaciones deben ser consideradas en el marco de otras consideraciones como el tipo de suelo, topografía y otros costos o beneficios.

En el escenario B2 al corte 2020 (véase el mapa 16), los rendimientos disminuirían en cinco departamentos de El Salvador, en dos de Belice, en el Centro Occidente de Honduras y en Rivas de Nicaragua. En este período, los rendimientos mejorarían en dos departamentos, aunque se mantienen dentro de su rango original en los mapas, tal es el caso de El Quiché y Quetzaltenango en Guatemala. Los rendimientos de gran parte de la región, 67 en total seguirían en 2 t/ha o mayor. Para 2030 el decremento de los rendimientos se extendería por la región del Pacífico de Nicaragua y Costa Rica. Para 2050, no se esperan grandes cambios con respecto a 2030. Hacia 2070, el número de departamentos que experimentaría rendimientos igual o mayor a 3,25 t/ha bajaría a 17, dichos niveles se concentrarían en algunos departamentos de la región Centro y el Altiplano de Guatemala y en El Salvador. Hacia 2100, cuatro departamentos tendrían rendimientos arriba de 4,5 t/ha, incluyendo Ahuachapán, Chalatenango y La Libertad en El Salvador y Quetzaltenango en Guatemala, comparado con 14 en el período histórico. Doce departamentos mantendrían rendimientos entre 3,25 y 4,5 t/ha, incluyendo Cuscatlán, Santa Ana, Sonsonate, La Paz, San Vicente, Usulután, San Miguel y San Salvador en El Salvador, San Marcos, Sacatepéquez y Guatemala en Guatemala y Guanacaste en Costa Rica. Los rendimientos serían menores a 2 t/ha en 56 departamentos, casi todos los de Nicaragua, las regiones Occidental, Centro Oriental, Litoral Atlántico, Nor Oriental y Sur de Honduras, la mayor parte de Belice, Huehuetenango, Suchitepéquez, Sololá y la parte oriental en Guatemala, Heredia y Limón en Costa Rica, y todo Panamá, con excepción de la provincia de Chiriquí. El resto de los departamentos estaría en un rango de 2 t/ha a 3,25t/ha.

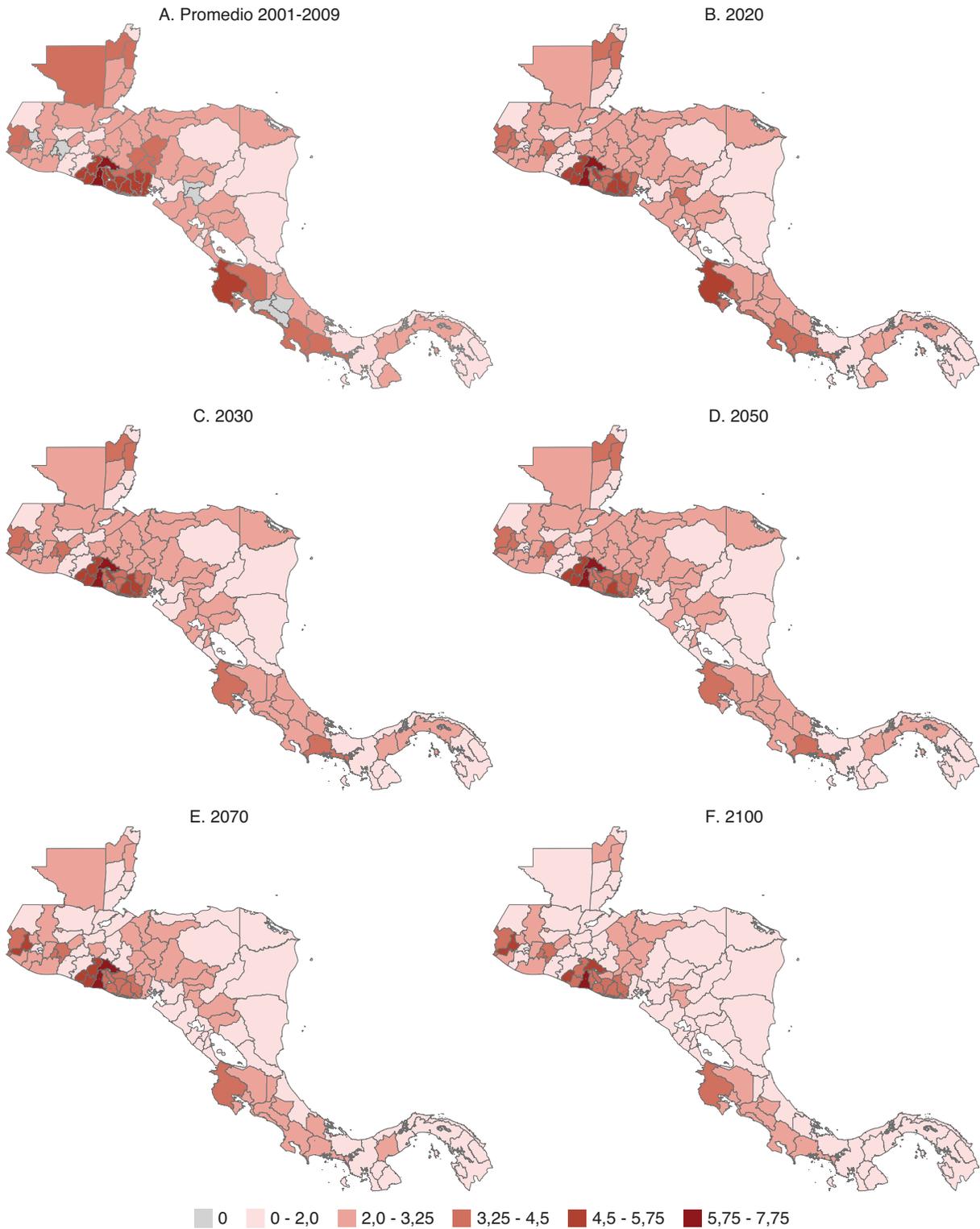
En el mapa 17 se muestra la evolución pronosticada de los rendimientos según el escenario A2. Para 2020 se estima disminuciones en la región Pacífico de El Salvador, Alajuela y Puntarenas de Costa Rica, el Petén de Guatemala y en Stann Creek en Belice principalmente. En 2030 los departamentos que disminuirían en sus rangos serían Toledo en Belice y la región occidental de Honduras, y los que aumentarían sus rendimientos serían los departamentos de San Miguel en El Salvador y Cartago en Costa Rica. Entre los cortes de 2030 y 2050, los rendimientos disminuirían en 22 departamentos, incluyendo Nueva Segovia, León, Managua y Granada en Nicaragua, Guanacaste, Cartago, Limón y Heredia en Costa Rica, Los Santos en Panamá, Belice y Orange Walk de Belice, Alta Verapaz, Izabal y Suchitepéquez de Guatemala y Sonsonate, Santa Ana, Chalatenango, Cabañas, Usulután, San Miguel, Morazán y La Unión en El Salvador. Los rendimientos de la mayoría de departamentos serían entre 0 t/ha y 3,25 t/ha, y solamente 17 departamentos tendrían rendimientos mayores a 3,25 t/ha: San Marcos, Quetzaltenango, Guatemala y Sacatepéquez de Guatemala, Guanacaste de Costa Rica, 11 departamentos de El Salvador y Chiriquí en Panamá.

Para el corte de 2070, el número de departamentos con rendimientos mayores a 3,25 t/ha habría bajado a 11, sólo Quetzaltenango, Sacatepéquez y Guatemala en Guatemala, Guanacaste en Costa Rica y Ahuachapán, Sonsonate, Santa Ana, La Libertad, Chalatenango, Cuscatlán y San Vicente en El Salvador. Rendimientos de 2 t/ha a 3,25 t/ha podrían darse en 21 departamentos de la región. En el corte 2100, seis departamentos mantendrán rendimientos entre 3,25 t/ha y 4,5 t/ha: Quetzaltenango, Sacatepéquez y Guatemala en Guatemala y La Libertad, Santa Ana y Chalatenango en El Salvador. No se estiman rendimientos mayores a 4,5 t/ha, cuando en el período histórico, 14 departamentos lo reportaron. En la mayor parte de la región, 69 departamentos, los rendimientos serían menores a 2,0 t/ha, y en 20 departamentos entre 2 t/ha a 3,25 t/ha.

En los gráficos 50 y 51 se ilustran los cambios en la dispersión de los rendimientos de arroz estimados para cada departamento en ambos escenarios. En el período histórico, el rango de rendimientos fue entre 1,7 t/ha y 5 t/ha en 70% de los departamentos, con 9% arriba de 5 t/ha y 21% por debajo de 1,5 t/ha, con un promedio de lluvia acumulada anual de 1.607 mm y una temperatura promedio de 24,1 °C (véase gráfico 33). En el gráfico 50 se presenta la relación de los rendimientos con los valores de temperatura y precipitación bajo el escenario B2. Hacia 2050 el rango dentro del cual se encontrarían 70% de los departamentos habría bajado a entre 1,5 t/ha y 4,5 t/ha, con 8% arriba de 4,5 t/ha y 22% debajo de 1,5 t/ha, con un promedio de precipitación acumulada anual regional de 1.580 mm y una temperatura promedio anual alrededor de 25,6 °C. Hacia el corte 2100, los rendimientos en 70% de los departamentos podrían haberse bajado a entre 0,6 t/ha y 3 t/ha, con 19% arriba de 3 t/ha y 11% debajo de 0,6 t/ha con un promedio regional de precipitación de 1.250 mm y una temperatura promedio de 27,1 °C. Tomando un umbral de 2 t/ha en el período histórico 23 departamentos se encontraron debajo de ese nivel, en el corte 2050 serían 30 departamentos y hacia finales de siglo serían 50 departamentos lo que tendrían menos de 2 t/ha. En los gráficos de precipitación se puede notar un desplazamiento hacia la izquierda con menos lluvia acumulada anualmente y hacia abajo con menores rendimientos.

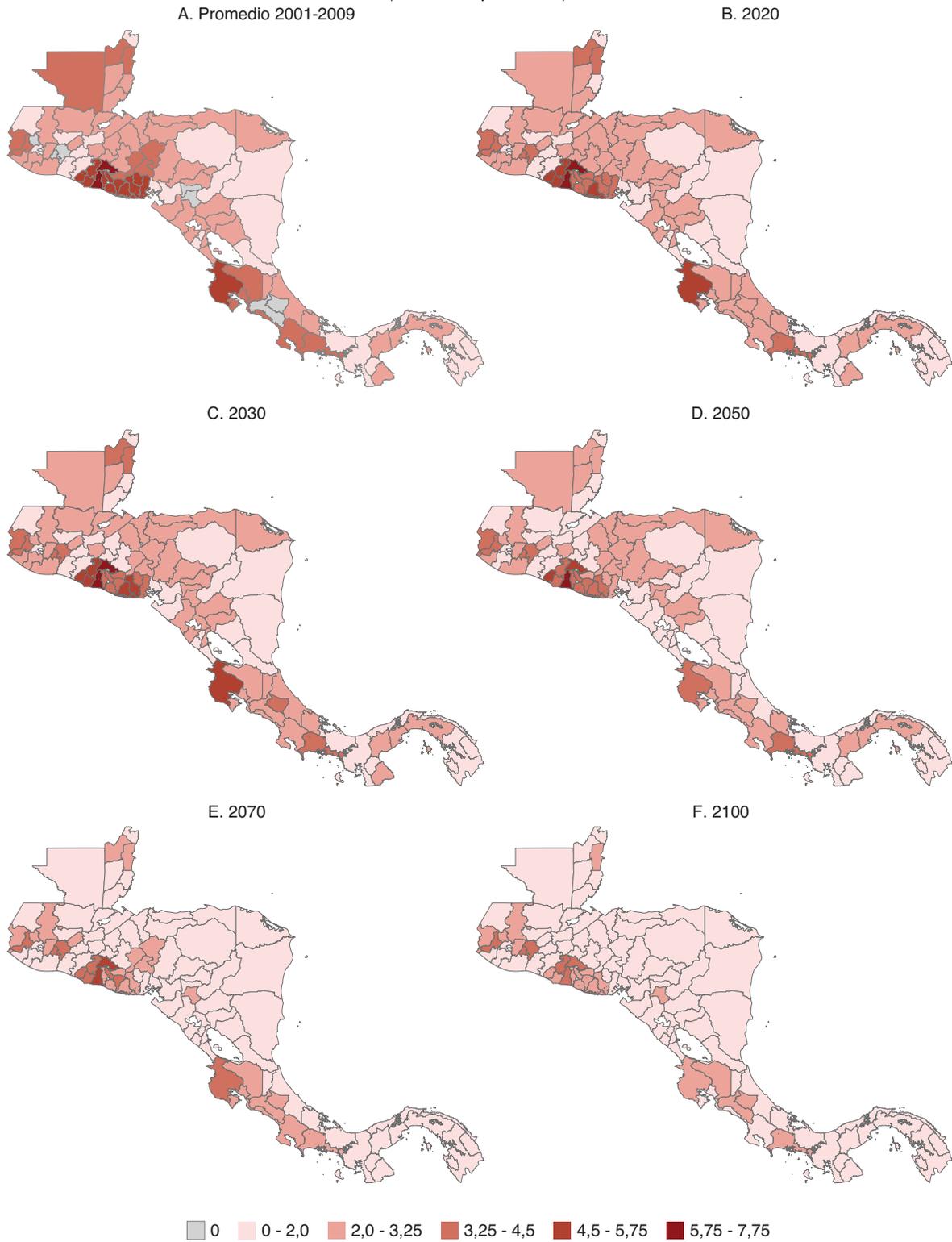
Bajo el escenario A2 los efectos son mayores, como se ha visto. Al corte 2020 se estima que 70% de los departamentos experimentarían rendimientos entre 1,3 t/ha y 4 t/ha, con 15% arriba de 4 t/ha y 15 por debajo de 1,3 t/ha con un promedio de precipitación acumulada anual regional de 1.488 mm y una temperatura promedio anual alrededor de 24,9°C. Hacia el corte 2100, los rendimientos en 70% de los departamentos podrían estar entre 0,4 t/ha y 2,5 t/ha, con 14% arriba de 2,5 t/ha y 16% debajo de 0,4 t/ha con un promedio regional de precipitación de 844 mm y una temperatura promedio de 28,4 °C. Considerando un umbral de 1 t/ha para este escenario en el período histórico solo cuatro departamentos se encontraron debajo de ese nivel, en el corte de 2020 serían cinco departamentos y para 2100 ya serían 33. Los departamentos de El Salvador, y algunos de Costa Rica y Guatemala tendrían los mayores rendimientos de la región (véase el gráfico 51). En los gráficos de temperatura se aprecia un desplazamiento marcado hacia la derecha debido a aumentos en esta variable y hacia abajo en los rendimientos, con la excepción de algunos departamentos de Guatemala. En el caso de los gráficos de lluvia, el desplazamiento hacia la izquierda y la menor dispersión denotan las reducciones en esta variable y en la variación de su volumen respectivamente, y el desplazamiento hacia abajo, la reducción en rendimientos.

**MAPA 16**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE ARROZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO B2, PROMEDIO 2001-2009 Y**  
**CORTES A 2100**  
 (En toneladas por hectárea)

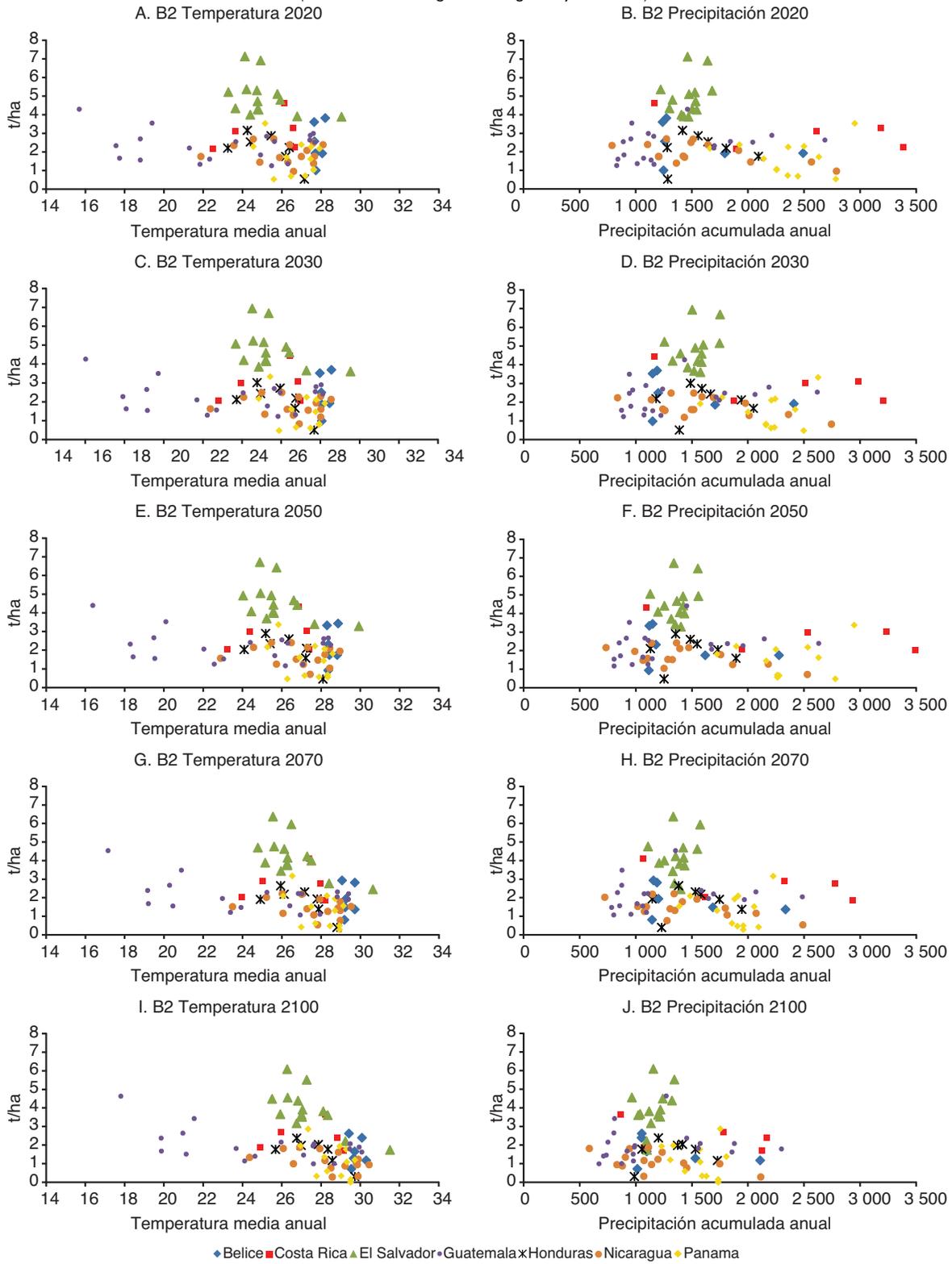


Fuente: Elaboración propia.

**MAPA 17**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE ARROZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO A2, PROMEDIO 2001-2009 Y**  
**CORTESA 2100**  
(En toneladas por hectárea)

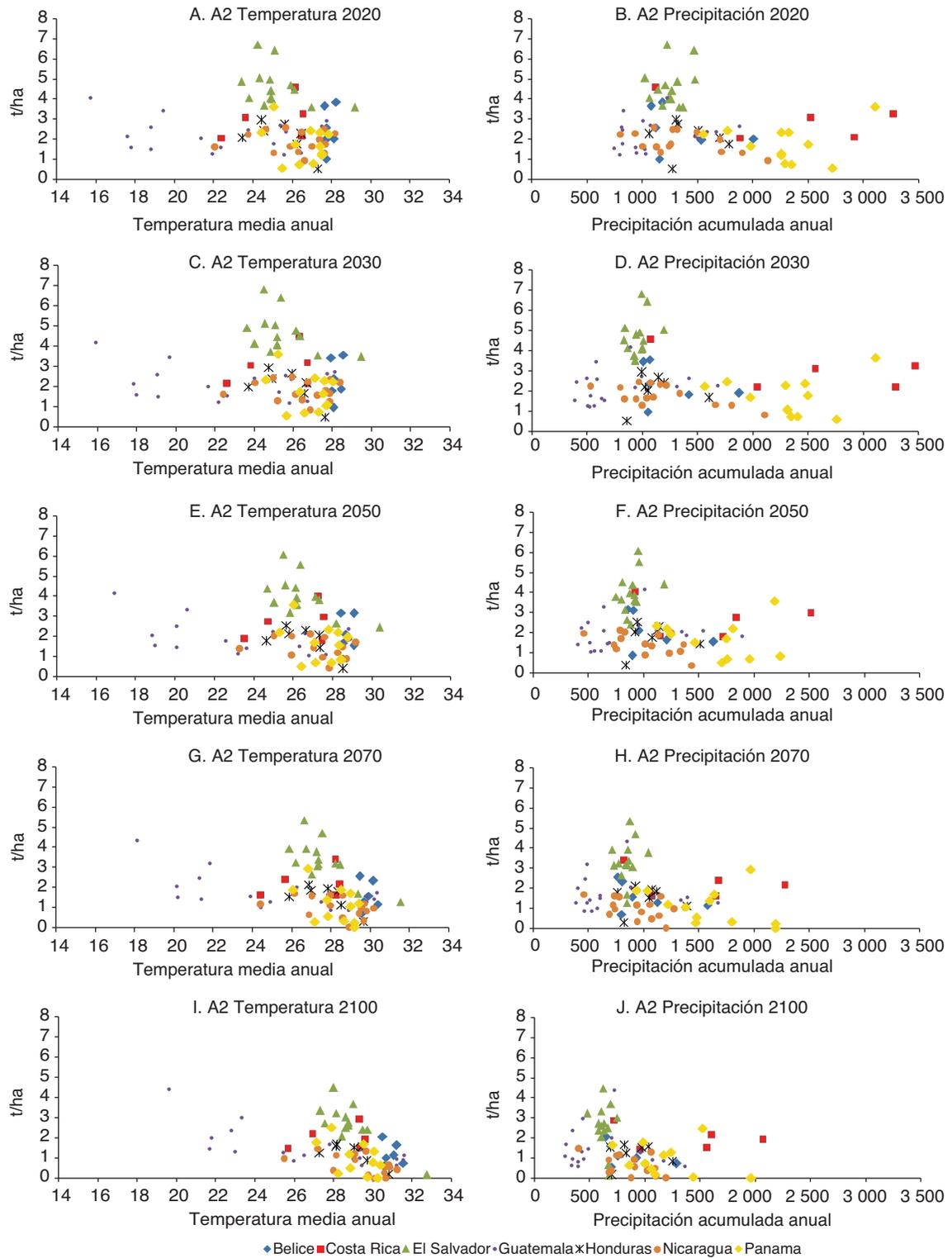


**GRÁFICO 50**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE ARROZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO B2, CORTES A 2100**  
(Tonelada/hectárea, grados centígrados y milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 51**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTOS DE ARROZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO A2, CORTES A 2100**  
*(Tonelada/hectárea, grados centígrados y milímetros)*



Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, el subsector de granos básicos enfrenta el cambio climático en condiciones de alta vulnerabilidad socio-económica y alta sensibilidad a aumentos marginales de temperatura y cambios de precipitación, especialmente reducciones en su acumulado anual y variaciones

intrannuales y por eventos extremos. Los efectos aumentarán con el avance del siglo, sobre todo en el escenario A2. La siembra de granos básicos en Centroamérica se hace principalmente en dos temporadas, la primera y la postrera, las cuales están relacionadas y coordinadas con la duración de las lluvias entre mayo y noviembre con un patrón bimodal. En ambos escenarios de cambio climático, se estima una reducción marcada en uno de los dos picos de lluvia, lo cual afectaría la capacidad de contar con dos siembras.

El maíz ocupa la mayor superficie sembrada y representa el mayor volumen de producción en Centroamérica. Es un cultivo de crecimiento rápido que crece mejor bajo temperaturas moderadas y suministro abundante de agua. De acuerdo con el escenario A2, se espera que sus rendimientos disminuyan a partir de la década de 2020 si no se toman medidas de adaptación. Hacia finales del siglo, los rendimientos podrían bajar 35% a nivel regional, y las pérdidas variarían desde 22% en Guatemala hasta 45% en Nicaragua. Así, el rendimiento promedio histórico regional de 1,8 t/ha podría reducirse a 1,2 t/ha. Según este análisis, las zonas de mejores rendimientos potenciales serían algunos departamentos del Altiplano Occidental Guatemalteco, pero habría que analizar los costos y beneficios de ampliar la producción en estas zonas y de todas formas es importante tomar medidas de adaptación y mejoramiento de la sostenibilidad de la producción en toda la región

La planta de frijol es muy susceptible a condiciones extremas, como falta o exceso de humedad. Las estimaciones bajo el escenario A2 indican una evolución decreciente de sus rendimientos, sobre todo en Panamá, Nicaragua y Belice. Hacia finales del siglo, a nivel regional los rendimientos disminuirían un 43% y las pérdidas irían desde el 17% en Guatemala hasta el 71% en Panamá. Así el rendimiento promedio histórico regional de 0,7 t/ha podría reducirse a 0,4 t/ha. De acuerdo al análisis, las zonas de mejores rendimientos potenciales serían algunos departamentos del Altiplano Occidental Guatemalteco y Jinotega en Nicaragua, y al igual que en maíz se tendrían que revizar los costos y beneficios de ampliar la producción en dichas zonas.

Para el cultivo de arroz la precipitación es crítica porque requiere agua abundante todo el ciclo. En general, los bajos rendimientos de arroz se deben a la falta de humedad y a la poca fertilidad de la tierra. Su producción podría ser severamente afectada en Nicaragua a corto plazo, y en Belice, El Salvador y Honduras a mediados del siglo. Hacia finales del siglo, a nivel regional los rendimientos disminuirían 50% y las pérdidas irían del 42% en Guatemala al 69% en Nicaragua si no se toman medidas de adaptación. Así el rendimiento promedio histórico regional de 2,9 t/ha bajaría a 1,5 t/ha. Donde los mejores niveles de rendimientos se localizarían en algunos departamentos del Altiplano Occidental Guatemalteco y de El Salvador.

Los impactos del cambio climático se sentirían no sólo en la producción, sino en la agroindustria, la economía familiar de pequeños productores y trabajadores agrícolas y la seguridad alimentaria de la población en general a través del aumento de precios de los alimentos y/o su escasez, dependiendo de las posibilidades de importaciones compensatorias.

## BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Adams, R., B. Hurd y J. Reailly (1999), «A review of impacts to US agricultural resources», Documento preparado para: The Pew Center on Global Climate Change.
- Adams, R. y otros (1988), “Implications of global climate change for western agriculture”, *Western Journal of Agricultural Economics*, 13 (2): 348-356.
- 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.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá) (2000), «Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Panamá», Panamá, Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM).
- Angel, A. (2008), *Análisis de mercado de granos básicos en Centroamérica: Enfoque en El Salvador*, Para el Programa Mundial de Alimentos.
- Azhar, R. A., (1991), “Education and Technical Efficiency during the Green Revolution in Pakistan”, *Economic Development and Cultural Change*, vol. 39, N° 3.
- Banco ProCredit, (2012), *Guía Agropecuaria MIPYME*, El Salvador.
- Bonilla N. (2008), *Manual de Recomendaciones Técnicas. Cultivo de maíz (Zea mays)*, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, San José, Costa Rica.
- CAC (Consejo Agropecuario Centroamericano) (2007), *Política Agrícola Centroamericana 2008-2017. Una agricultura competitiva e integrada para un mundo global*, Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC), San José, Costa Rica, 96 p.
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo)/SICA (Sistema de la Integración Centroamericana), UE (Unión Europea)-PREVDA (Programa Regional para la Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental), (2011), *Atlas Centroamericano para la Gestión Sostenible del Territorio*, 1era. Edición, San Salvador, El Salvador.
- CCAD-SICA, (2010), *Estrategia Regional de Cambio Climático. Documento Ejecutivo*, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, Noviembre.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2004), «Informe de la reunión de expertos sobre la producción sostenible de granos básicos en Centroamérica», LC/MEX/L.592/Rev.1 (SEM.142/2), México, D. F.
- CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2011), *La Economía del Cambio Climático en Centroamérica. Reporte Técnico 2011*, Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1016, México, D.F.
- CEPAL, CEL (Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa de El Salvador), MARN ES (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador), COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012c), «La economía del cambio climático en Centroamérica. Dos casos de impactos potenciales en la generación de hidroelectricidad», LC/MEX/L.1070, México, D.F.
- CEPAL, COSEFIN (Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana), CCAD/SICA (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo/ Sistema de Integración Centroamericana), UKAID (UK Department for International Development) y DANIDA (Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2012a), «La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis 2012» LC/MEX/L.1076, México, D. F.
- CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012b), «La economía del cambio climático en Centroamérica. Impactos potenciales en los patrones intraanuales y espaciales del clima. Serie técnica 2012», LC/MEX/L.1073, México, D.F.
- CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012c), «La economía del cambio climático en Centroamérica. Impactos potenciales en la aridez y los meses secos», LC/MEX/L.1074, México, D.F.
- 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.
- Chou, E., & Lau L., (1987), “Farmer Ability and Farm Productivity: A Study of Farm Households in the Chiangmai Valley, Thailand”, Report No. EDT 62, Education and Training Department, Operations Policy Staff, World Bank

- CIAT (International Center for Tropical Agriculture), CRS (Catholic Relief Services) y CIMMYT (International Center for Improvement of Maize and Wheat) (2012), "Tortillas on the roaster (TOR), Central American Maize-Bean System and the Changing Climate", Cali, Colombia, 123 pag.
- CIMMYT, (2013), Etapas de crecimiento del maíz, en página web, <http://maizedoctor.cimmyt.org/index.php/es/empezando/9?task=view>
- COMEX (Ministerio de Comercio Exterior de Costa Rica), MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica) y MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica) (2011), *Reforma Decreto Ejecutivo N°36305 "Autorización para la importación de maíz blanco por desabastecimiento en el mercado nacional"*, Costa Rica.
- Crispín M., A. y S. Miranda, (1978), "El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)", en: *Producción de granos y forrajes*. Edit. Limusa. México, D.F.
- Darwin, R., M. Tsigas, J. Lewandrowski y A. Ranases (1995), "World agriculture and climate change. Economic adaptations, *Agricultural Economic Report* N° 703, Washington: US Department of Agriculture, Economic Research Service, junio.
- Debouck, G.D. y R. Hidalgo, (1985), "Morfología de la planta de frijol común", en: *Frijol, investigación y producción*. Compilado y editado por M. López Fernández y A. Schoonhoven. CIAT. Cali, Colombia.
- Díaz-Ambruna, C., R. Pazos y C. Tovar (2004), «Global climate change and food security for small farmers in Honduras», 4th International Crop Science Congress, Australia.
- Dinar, A., R. Mendelsohn, R. Evenson, J. Parikh, A. Sanghi, K. Kumar, y otros. (eds.) 1998. Measuring the impact of climate change on Indian agriculture. Technical Paper No. 402. World Bank, Washington D.C., USA.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam, (1979), *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Estudio FAO: Riego y Drenaje Núm.33. FAO. Roma.
- Easterling, W. E. y otros (2007), «Food, fibre and forest products. Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability» ML y otros (eds.), Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Parry*, págs. 273–313.
- Easterling, W. E., P. R. Crosson, N. J. Rosenberg, M. S. McKenney, L. A. Katz y K. M. Lemon (1993), Agricultural Impacts of and Responses to Climate Change in the Missouri-Iowa-Nebraska-Kansas Region, *Climatic Change*, 24(1-2), 23-62.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación) (2008), Ingeniería de Alimentos calidad y competitividad en sistemas de la pequeña industria alimentaria con énfasis en América Latina y el Caribe, *Boletín de servicios agrícolas* 156, ISBN 978- 92- 5 -305250- 9.
- FAO, FIDA (Fondo Internacional del Desarrollo Agrícola) y PMA (el Programa Mundial de Alimentos) (2013), *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2013. El crecimiento económico es necesario pero no suficiente para acelerar la reducción del hambre y la malnutrición*, Roma, FAO.
- FAO, FIDA y PMA (2012a), *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2012. El crecimiento económico es necesario pero no suficiente para acelerar la reducción del hambre y la malnutrición*, Roma, FAO.
- FAO y PMA (2010a), *Informe especial: Misión FAO/PMA de evaluación de cosecha y seguridad alimentaria en Guatemala*, Guatemala, febrero 2010.
- FAO y PMA, (2010b), *Informe: Evaluación rápida de seguridad alimentaria y nutricional en 23 municipios del corredor seco de Nicaragua*, Managua, febrero 2010.
- Fleischer, A., I. Lichtman y R. Mendelsohn (2007), «Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful?», *Policy Research Working Paper*, N° 4135, Banco Mundial.
- Fournier, L. y J. di Stefano (2004), "Variaciones climáticas entre 1988 y 2001 y sus posibles efectos sobre la fenología de varias especies leñosas y el manejo de un cafetal con sombra en ciudad Colón de Mora", *Agronomía Costarricense*, 28 (001): 101-120, Costa Rica.
- Fuentes López, M. R., J. van Etten, A. Álvaro Ortega y J.L. Vivero Pol (2005), *Maíz para Guatemala. Propuesta para la reactivación de la cadena agroalimentaria del maíz blanco y amarillo*, FAO Representación en Guatemala, Guatemala.
- González de C., M. (1984), *Especies vegetales de importancia económica en México*. Ed. Porrúa. México, D.F.
- Hall C. y H. Pérez Brignoli (2003), *Historical Atlas of Central América*, University of Oklahoma. Press Norman.
- Harmeling, S. (2012), «Global Climate Risk Index 2012», Germanwatch [en línea] <<http://www.germanwatch.org/start/english.htm>>.
- Hsiao, C. (2003), *Analysis of Panel Data*, 2nd edition, Cambridge: Cambridge University Press (Econometric Society monograph no. 34).
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá) (2001), *Guía para el Manejo Integrado del Maíz Mecanizado*, Panamá.
- IDR (Instituto de Desarrollo Rural) (2009), *Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional*, Programa Nacional de Agroindustria Rural, Nicaragua.

- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) (2009a), *La contribución del IICA al desarrollo de la agricultura y las comunidades rurales*, Guatemala, Informe anual 2009.
- IICA (2009b), *IICA Technical Cooperation Strategy in Belize 2011-2014*, Belize.
- IICA (2009c), *Mapeo de las cadenas agroalimentarias de maíz blanco y frijol en Centroamérica*, IICA, Proyecto Red SICTA, Cooperación Suiza en América Central. Managua: IICA.
- IICA (2007), *Guía práctica para la exportación a EE.UU. Frijol Rojo*, Managua.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica)/MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica) (2000), «Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Costa Rica», Costa Rica, Instituto Meteorológico Nacional. Ministerio de Ambiente y Energía.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas de Guatemala), (2004), *IV Censo Nacional Agropecuario de Guatemala*.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria) (2009), *Cultivo de arroz. Guía tecnológica para la producción de arroz*, Managua, Nicaragua.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2011), Summary for policymakers. En: Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.K., Allen, S., Tignor, M. and P.M. Midgley (eds)], Cambridge University Press.
- IPCC (2000), *Climate Change 2000: IPCC Special report on emissions scenarios. A special report of IPCC Working Group III*, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA (US), Environmental Molecular Sciences Laboratory (US).
- \_\_\_\_\_ (2001a), *Cambio Climático 2001: informe de síntesis*, Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_ (2001b), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_ (2001c), *Climate change 2001: Mitigation*, Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- Jury, M. R. (2011), «Long-Term Variability and Trends in the Caribbean Sea», *International Journal of Oceanography*, Volume 2011, Article ID 465810, 9 pages, Hindawi Publishing Corporation.
- Kane, S., J. Reilly y J. Tobey, (1991), «Climate Change: Economic Implications for World Agriculture», *Agricultural Economic Report* No.647, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Washington D.C
- Lasso M. (2012), *Producción de maíz cede terreno*, Panamá en <http://www.laestrella.com.pa/online/impreso/2012/08/17/produccion-de-maiz-cede-terreno.asp>
- Lépiz I., R. (1983), «Origen y descripción botánica», en: *Frijol en el Noroeste de México*. Tecnologías de producción. SARH-INIA-CIPAC. CAEVACU. CPIPEAS. Culiacán, Sin., México.
- Maddison, D., M. Manley y P. Kurukulasuriya (2007), «The impact of climate change on African agriculture. A Ricardian approach», Policy Research Working Paper, 4306, Banco Mundial.
- MAF (Ministry of Agriculture and Fisheries), (2009), *Annual Report 2009*, Belice.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica), (2013), *Programa de Investigación y Transferencia de tecnología agropecuaria en frijol –PITTA Frijol-*, Costa Rica, en página web [http://www.mag.go.cr/programas/pitta-frijol.html#HERMES\\_TABS\\_1\\_0](http://www.mag.go.cr/programas/pitta-frijol.html#HERMES_TABS_1_0)
- MAG, (2010), *Política de Estado para el Sector Agroalimentario y el Desarrollo Rural Costarricense 2010-2021*, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG).
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador), (2011), *Entrega de Insumo de Semilla Maíz, Frijol y Fertilizante a Productores y Productoras Agropecuarios(as) de Subsistencia que participan en el Programa 1 de Abastecimiento Nacional para la Seguridad Alimentaria y Nutricional*, El Salvador.
- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación de Guatemala) (2012a), *Plan Operativo Anual 2012*, Dirección de Planeamiento, Marzo 2012.
- MAGA (2012b), *Plan Operativo Anual 2013*, Dirección de Planeamiento, Julio 2012.
- MAGA, (2008), *Política Agropecuaria 2008-2012. Prosperidad Rural, Seguridad Alimentaria y Nutricional y Posicionamiento Internacional. Desarrollo Sostenible de la Agricultura y la Vida Rural*, Guatemala, Febrero.
- MAGA (2005), *La producción de arroz en Guatemala*, Unidad de Políticas e Información Estratégica UPIE-MAGA, Guatemala.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua) (2009), *Plan Sectorial de Desarrollo Rural Incluyente 2010 -2014 (PRORURAL Incluyente)*, Ministerio Agropecuario y Forestal, Managua.
- Magrin, G. y otros (2007), *Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden y CE Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala) (2001), «Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático», Guatemala.
- Medeiros D. y M. McCandless (2011), "Impacts of Climate Change on Maize and Beans in Honduras", International Institute for Sustainable Development (IISD), Climate Risk Management Technical Assistance Support Project, Climate Risk Management Technical Assistance Support Project (CRM TASP).
- Mellor, J.F., & Johnston, B.F., (1984), "The world food equation: interrelations among development, employment and food consumption", *Journal of Economic Literature* 22(2), 531-74
- Mendelsohn, R. y otros (2007), Climate and rural income, *Climatic Change*, 81:101-118.
- Mendelsohn, R., A. Dinar y A. Sanghi (2001), "The effect of development on the climate sensitivity of agriculture", *Environment and Development Economics*, 6:85-101.
- Mendelsohn, R., W. Nordhaus y D. Shaw (1994), "The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis", *American Economic Review*, 84:753-771.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá) (2010), *Plan de Acción Estratégico del Sector Agropecuario 2010-2014*, Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Panamá.
- MIDA e IICA (2009), *Plan de acción para la competitividad de la cadena de arroz de Panamá: hacia un mecanismo de reconocimiento de la calidad*, San José, Costa Rica.
- Miranda, C.S. (1978), "Mejoramiento genético del frijol en México", en: *Producción de granos y forrajes*. Edit. Limusa. México, D.F.
- Molua, E. y C. Lambi (2007), "The economic impact of climate change on agriculture in Cameroon", Policy Research Working Paper, N° 4364, Banco Mundial.
- Nagy, G. y otros (2006), «Understanding the potential impact of climate change and variability in Latin America and the Caribbean», estudio preparado para el Stern Review on the Economics of Climate Change, HMT (Her Majesty Treasury).
- Navarro, S.F. (1983), "Marco de referencia del área", en: *Frijol en el Noroeste de México*. Tecnologías de producción. SARH-INIA-CIPAC-CAEVACU. CPIPEAS. Culiacán, Sin., México.
- Núñez O. (2012), "Nicaragua: La batalla por los rendimientos agropecuarios", *Publicado en Nacional y región centroamericana*, <http://tortillaconsal.com/tortilla/es/node/11978>
- Ortiz S., C.A. (1982), *Agrometeorología*, Dpto. de Suelos, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- PESA (Programas Especiales para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica), (2010a), *Especial Crisis Alimentaria: Sequía e inundaciones golpean Centroamérica*, FAO, [http://www.pesacentroamerica.org/noticias\\_ca/especial\\_crisis\\_alimentaria.php](http://www.pesacentroamerica.org/noticias_ca/especial_crisis_alimentaria.php)
- PESA, (2010b), *Especial Crisis Alimentaria: Sequía e inundaciones golpean Centroamérica: PESA/FAO junto al Sistema de Naciones Unidas trabajan en común para apoyar a las familias afectadas por la sequía*, FAO, [http://www.pesacentroamerica.org/Honduras/noticias/honduras\\_sequia.php](http://www.pesacentroamerica.org/Honduras/noticias/honduras_sequia.php)
- Phillips J.R., & Marble, R.P., (1986), "Farmer Education and Efficiency: A Frontier Production Func. Review 5, no. 3: 257-64.
- PRESANCA II, 2013, "Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional" en: <http://www.sica.int/presanca/Presanca.aspx>.
- Ramírez, D., (2011), Productividad agrícola de la mujer rural en Centroamérica y México, (LC/MEXL.1049), México, D.F., 51pp.
- Ramírez, Diana, Juan Luis Ordaz y Jorge Mora (2010), *Istmo Centroamericano: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, (LC/MEX/L.924/Rev.1), México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- RED SICTA, IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) y COSUDE (Cooperación Suiza en América Central) (2009), *Mapeo de las cadenas agroalimentarias de Maíz Blanco y Frijol en Centroamérica*, Managua, Nicaragua IICA.
- Reilly, J., N. Hohmann, y S. Kane (1994), "Climate Change and Agricultural Trade: Who Benefits, Who Loses?", *Global Environmental Change* 4(1), pp.24-36.
- Rosenzweig, C., y A. Iglesias (eds.) (1994). Implications of climate change for international agriculture: crop modeling study. p. 94-103. July. Environmental Protection Agency (EPA), Washington D.C., U.S.A
- Rosenzweig, C. y M. Parry (1994), «Potential impact of climate change on world food supply», *Nature*, vol. 367, N° 6459.
- Ruiz, C. J. A., G.G. Medina, T.C. Ortiz, P.R. Martínez, A.I.J. González, L.H.E. Flores, y M.K.F. Byerly (1999), *Requerimientos agroecológicos de cultivos*, INIFAP. Libro técnico. Núm. 3.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras) (s/a), *El cultivo de maíz en Honduras*, Unidad de Comunicación agrícola.

- SAG (2010), *Estrategia del Sector Público Agroalimentario y Plan de Implementación. Honduras hacia el Desarrollo Sostenible*, Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG).
- SAG y DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria) (2003), *Manual técnico para el cultivo del arroz*, Comayagua, Honduras.
- Salcedo Baca S. (edit) (2005), *Políticas de Seguridad Alimentaria en los Países de la Comunidad Andina*, FAO, Santiago, Chile.
- Sauza S., M. y S.A. Delgado, (1979), "Herramientas y consideraciones para la revisión del género" Phaseolus, en: *Contribuciones al conocimiento del frijol en México*. M. Engleman Editor. Colegio de Postgraduados, Rama de Botánica. Chapingo, México.
- Schlenker, W., W. Hanemann y A. Fischer (2006), "The impact of global warming on US agriculture: An econometric analysis of optimal growing conditions", *The Review of Economics and Statistics*, 88 (1): 113-125.
- SELA, (2012), "El Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) y la Seguridad Alimentaria", presentación de Julio Calderón Arrieta, Secretario Ejecutivo del CAC en la XXIII Reunión de Directores de Cooperación Internacional de América Latina y el Caribe. Cooperación Regional en el Ámbito de la Seguridad Alimentaria, Ciudad de Belice, Belice, 1-2 Octubre de 2012 en: [http://www.sela.org/attach/258/default/Di\\_11-12\\_CAC-Consejo\\_agropecuario\\_centroamericano.pdf](http://www.sela.org/attach/258/default/Di_11-12_CAC-Consejo_agropecuario_centroamericano.pdf)
- Sergenson, K. y B. L. Dixon (1998) "Climate change and agriculture: The role of farmer adaptation, Capítulo 3, The Economics of Climate Change, R. Mendelsohn y J. Neumann, eds., Cambridge University Press, Cambridge.
- Sivakumar, M. y C. Valentín (1997), «Agroecological zones and the assessment of crop production potential», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, vol. 352, N° 1356.
- Stern, N. (2007), «The economics of climate change», *The Stern Review*, Cambridge University Press, Reino Unido.
- Terjung, W. H., D. M. Liverman y J. T. Hayes (1984), "Climate change and water requirements for grain corn in the North American plains", *Climatic Change*, 6: 193-220.
- The White House (2012), *Acuerdo de promoción Comercial entre Estados Unidos y Panamá*, Estados Unidos. En <http://www.whitehouse.gov/>
- Trenberth K. y D. Stepaniak (2001), "Indices of El Niño Evolution", *Journal Climate*, No.14, pag.1697-1701.
- Vargas G. E. (1992), *Análisis y clasificación del uso y cobertura de la tierra con interpretación de imágenes*, Santa Fé de Bogotá: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".
- Warrick, R. A. (1984), "The possible impacts on wheat production of a recurrence of the 1930's drought in the great plains", *Climatic Change*, 6: 5-26.
- White, W.J. (1985), "Conceptos básicos de fisiología en frijol", en: *Frijol, investigación y producción*. Compilado y editado por M. López, F. Fernández y A. Schoonhoven. CIAT. Cali, Colombia.
- WMO (World Meteorological Organization) (1983), *Guide to Climatological Practices*, Segunda edición, WMO-No. 100, Geneva.
- Xie, Mei, Ulrich Kuffner and Guy Le Moigne (1993), *Using Water Efficiently, Technological Options*, Technical Paper 205. World Bank, Washington D.C.

## CONSULTAS WEB

- CONARROZ (Corporación Arrocera Nacional) (2013), <http://www.conarroz.com>
- FAO-ECOCROP, consulta web en <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>

## BASES DE DATOS

- SIAGRO (Sistema de Información Agropecuaria) (2013), <http://www.cepal.org>
- CEPALSTAT (Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas de CEPAL) (2013), [http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALSTAT/Portada.asp](http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/Portada.asp)
- FAOSTAT (División de Estadísticas de la FAO) (2013), <http://faostat.fao.org/>



Esta publicación es un producto del programa de trabajo conjunto que tienen la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y los Ministerios de Agricultura de los países miembros del Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), y coordinado con su Secretaría Ejecutiva (SECAC) y su Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral del Riesgo.

Sede Subregional de la CEPAL en México  
Edificio Corporativo MCS  
Av. Miguel de Cervantes Saavedra #193, piso 12  
Col. Granada, Del. Miguel Hidalgo CP11520,  
México, DF, México  
Tel. (52 55) 4170-5600 Fax. (52-55) 5531-1151  
[www.cepal.org/mexico/cambioclimatico](http://www.cepal.org/mexico/cambioclimatico)

Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)  
Final Bulevar Cancillería, Distrito El Espino,  
Ciudad Merliot Antiguo Cuscatlán  
La Libertad, El Salvador, Centroamérica  
Tel. (503) 2248-8800 Fax. (503) 2248-8899  
[www.sica.int](http://www.sica.int)