



**BID**

Banco Interamericano  
de Desarrollo

# Vulnerabilidad al cambio climático e impactos económicos en el sector agrícola en América Latina y el Caribe

Steven Prager  
Ana R. Rios  
Benjamin Schiek  
Juliana S. Almeida  
Carlos E. Gonzalez

División de Cambio Climático

NOTA TÉCNICA N°  
IDB-TN- 01985

Agosto 2020

# Vulnerabilidad al cambio climático e impactos económicos en el sector agrícola en América Latina y el Caribe

Steven Prager  
Ana R. Rios  
Benjamin Schiek  
Juliana S. Almeida  
Carlos E. Gonzalez

**Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo**

Vulnerabilidad al cambio climático e impactos económicos en el sector agrícola en América Latina y el Caribe / Steven Prager, Ana R. Rios, Benjamin Schiek, Juliana S. Almeida, Carlos E. González; editora, Margarita Cabrera.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1985)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Crops and climate-Latin America. 2. Crops and climate-Caribbean Area. 3. Agriculture-Economic aspects-Latin America. 4. Agriculture-Economic aspects-Caribbean Area. 5. Climatic changes-Economic aspects-Latin America. 6. Climatic changes-Economic aspects-Caribbean Area. I. Prager, Steven. II. Rios, Ana R. III. Schiek, Benjamin. IV. Almeida, Juliana S. V. González, Carlos E. VI. Cabrera, Margarita, editora. VII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático. VIII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres. IX. Serie. IDB-TN-1985

**Códigos JEL:** Q54

**Palabras clave:** agricultura, cambio climático, adaptación, vulnerabilidad, seguridad alimentaria, impactos económicos

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





# Vulnerabilidad al cambio climático e impactos económicos

en el sector agrícola en América Latina y el Caribe

Steven Prager, Ana R. Rios, Benjamin Schiek, Juliana S. Almeida, Carlos E. Gonzalez





<http://www.iadb.org>

**Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo.**

Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Citation: Prager SD; Rios AR; Schiek B; Almeida JS; González CE; 2020. Climate change vulnerability and economic impacts in the agricultural sector in Latin America and the Caribbean. IDB Technical Note IDB-TN-01915. Inter-American Development Bank (IDB); International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali, Colombia.

# Agradecimientos

El equipo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) liderado por Ana R Ríos (División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Gestión de Riesgo de Desastres) y Juliana Salles Almeida (División de Cambio Climático) agradecen al equipo que ha contribuido al desarrollo de este análisis. En particular, a los investigadores y consultores del CIAT Sharon Gourdji, Andy Jarvis, Jeison Mesa, Patricia Moreno, Carlos Navarro, Diego Obando, Chase Sova, Julián Ramírez-Villegas y Myles Fisher. Los autores también quisieran agradecer a Steven Prager y Benjamin Schiek, quienes tuvieron un papel clave en el desarrollo de este trabajo; a Eugenia Saini, Secretaria Ejecutiva de FONTAGRO, por su apoyo en la coordinación de la información proporcionada por los institutos nacionales de investigación agropecuaria; a Walter Baethgen y Kátia Fernandes de IRI, por su conocimiento sobre temas relacionados con el impacto del cambio climático y la variación climática en la región. Finalmente, los autores también quisieran agradecer por toda la información proporcionada por los especialistas de la División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Gestión de Riesgos de Desastres del BID.



RESEARCH PROGRAM ON  
Climate Change,  
Agriculture and  
Food Security



RESEARCH  
PROGRAM ON  
Policies,  
Institutions,  
and Markets

Led by IFPRI

2020

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>I. Introducción .....</b>	<b>6</b>	<b>VII. Costa Rica .....</b>	<b>41</b>
1. Vulnerabilidad al cambio climático e impactos económicos en ALC.....	7	1. Contexto.....	41
2. Resultados generales de toda la región.....	8	3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	43
3. El camino a seguir.....	9	4. Impactos económicos.....	47
<b>IV. Argentina .....</b>	<b>12</b>	5. El camino a seguir.....	48
1. Contexto.....	12	<b>VIII. República Dominicana .....</b>	<b>50</b>
2. Impactos climáticos.....	12	1. Contexto.....	50
3. Impactos en el rendimiento.....	14	3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	52
4. Impactos económicos.....	16	4. Impactos económicos.....	55
5. El camino a seguir.....	18	5. El camino a seguir.....	58
<b>V. Bolivia .....</b>	<b>20</b>	<b>IX. Ecuador .....</b>	<b>60</b>
1. Contexto.....	20	1. Contexto.....	60
2. Impactos climáticos.....	20	2. Impactos climáticos.....	60
3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	22	3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	62
4. Impactos económicos.....	27	4. Impactos económicos.....	67
5. El camino a seguir.....	28	5. El camino a seguir.....	68
<b>VI. Colombia .....</b>	<b>31</b>	<b>X. El Salvador .....</b>	<b>71</b>
1. Contexto.....	31	1. Contexto.....	71
2. Impactos climáticos.....	31	2. Impactos climáticos.....	71
3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	33	3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	73
4. Impactos económicos.....	38	4. Impactos económicos.....	78
5. El camino a seguir.....	39		

<b>XI. Guatemala .....</b>	<b>8</b>	<b>XV. Nicaragua .....</b>	<b>12</b>
1. Contexto.....	82	1. Contexto.....	122
2. Impactos climáticos.....	82	2. Impactos climáticos.....	122
3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	84	3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	124
4. Impactos económicos.....	89	4. Impactos económicos.....	129
5. El camino a seguir.....	90	5. El camino a seguir.....	130
<b>XII. Honduras .....</b>	<b>93</b>	<b>XVI. Panamá .....</b>	<b>133</b>
1. Contexto.....	93	1. Contexto.....	133
2. Impactos climáticos.....	93	2. Impactos climáticos.....	133
3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	95	3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	135
4. Impactos económicos.....	100	4. Impactos económicos.....	139
5. El camino a seguir.....	101	5. El camino a seguir.....	140
<b>XIII. Jamaica .....</b>	<b>104</b>	<b>XVII. Perú .....</b>	<b>142</b>
1. Contexto.....	104	1. Contexto.....	142
2. Impactos climáticos.....	104	2. Impactos climáticos.....	142
3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	106	3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	144
4. Impactos económicos.....	108	4. Impactos económicos.....	149
5. El camino a seguir.....	109	5. El camino a seguir.....	150
<b>XIV. México .....</b>	<b>111</b>	<b>XVIII. Uruguay .....</b>	<b>152</b>
1. Contexto.....	111	1. Contexto.....	152
2. Impactos climáticos.....	111	2. Impactos climáticos.....	152
3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	113	3. Impactos de rendimiento y aptitud.....	152
4. Impactos económicos.....	118	4. Impactos económicos locales y regionales.....	155
5. El camino a seguir.....	119	5. El camino a seguir.....	156

# I. Introducción

Durante las últimas décadas, los países de América Latina y el Caribe (ALC) se han desarrollado rápidamente en términos de desarrollo económico e ingresos. El sector agrícola es fundamental para este desarrollo desde las perspectivas económica y social. Sin embargo, es un sector muy sensible a los cambios de temperatura y precipitación y al aumento de los impactos del cambio climático. **Por esta razón, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)**, con el apoyo de los Programas de Investigación del CGIAR sobre Políticas, Instituciones y Mercados (PIM) y sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS por sus siglas en inglés), se han unido para comprender los impactos potenciales del cambio climático en cultivos clave para América Latina y el Caribe e identificar medidas de adaptación. Este informe presenta los resultados de esta investigación sobre el impacto potencial en la productividad y el comercio a nivel regional y nacional. También presenta recomendaciones clave para reducir su vulnerabilidad de acuerdo con los objetivos de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) en el contexto del Acuerdo de París.



## II. Resumen ejecutivo

### 1. Vulnerabilidad al cambio climático e impactos económicos en ALC

En los próximos años, las economías agrícolas de ALC se enfrentarán a los crecientes desafíos planteados por el cambio climático y la variabilidad, incluyendo el aumento de las temperaturas, los cambios en los patrones de lluvia y eventos climáticos extremos más intensos y frecuentes. Estos cambios podrían afectar los rendimientos y la seguridad alimentaria en la región. Para formular respuestas efectivas a estos desafíos, es necesario examinar las ramificaciones económicas de los impactos biofísicos asociados con los cambios climáticos. Los impactos biofísicos varían no solo con el clima y las variedades de cultivos, sino también con el mercado global. La articulación de las interacciones entre estas tres dimensiones requiere un flujo de trabajo de modelación en tres partes: 1) modelación de

clima, 2) modelación de cultivos y 3) modelación económica (Figura 1).

La evaluación del impacto biofísico se centra principalmente en cinco cultivos que ocupan un lugar destacado en las economías y la seguridad alimentaria de ALC: frijoles, maíz, arroz, soja y trigo. La variación regional en las ramificaciones económicas de estos impactos se modela teniendo en cuenta sus movimientos de precios relativos en el mercado global, junto con los de aproximadamente cincuenta productos básicos agrícolas, utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI por sus siglas en inglés). A través de este análisis, surgen variaciones subregionales debido a las ventajas comparativas cambiantes provocadas por el cambio climático, que en algunos casos contrarrestan los impactos biofísicos, mientras que en otros los agravan.



Figura 1. Flujo de trabajo de modelación

## 2. Resultados generales de toda la región

Este análisis presenta algunos resultados a nivel regional de ALC, aunque brinda información más detallada para trece países analizados: Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Gua-

temala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana y Uruguay. A nivel regional, los modelos climáticos proyectan un aumento promedio de 1°C-4°C en las temperaturas máximas y una disminución del 30% en las precipitaciones (Figura 2).

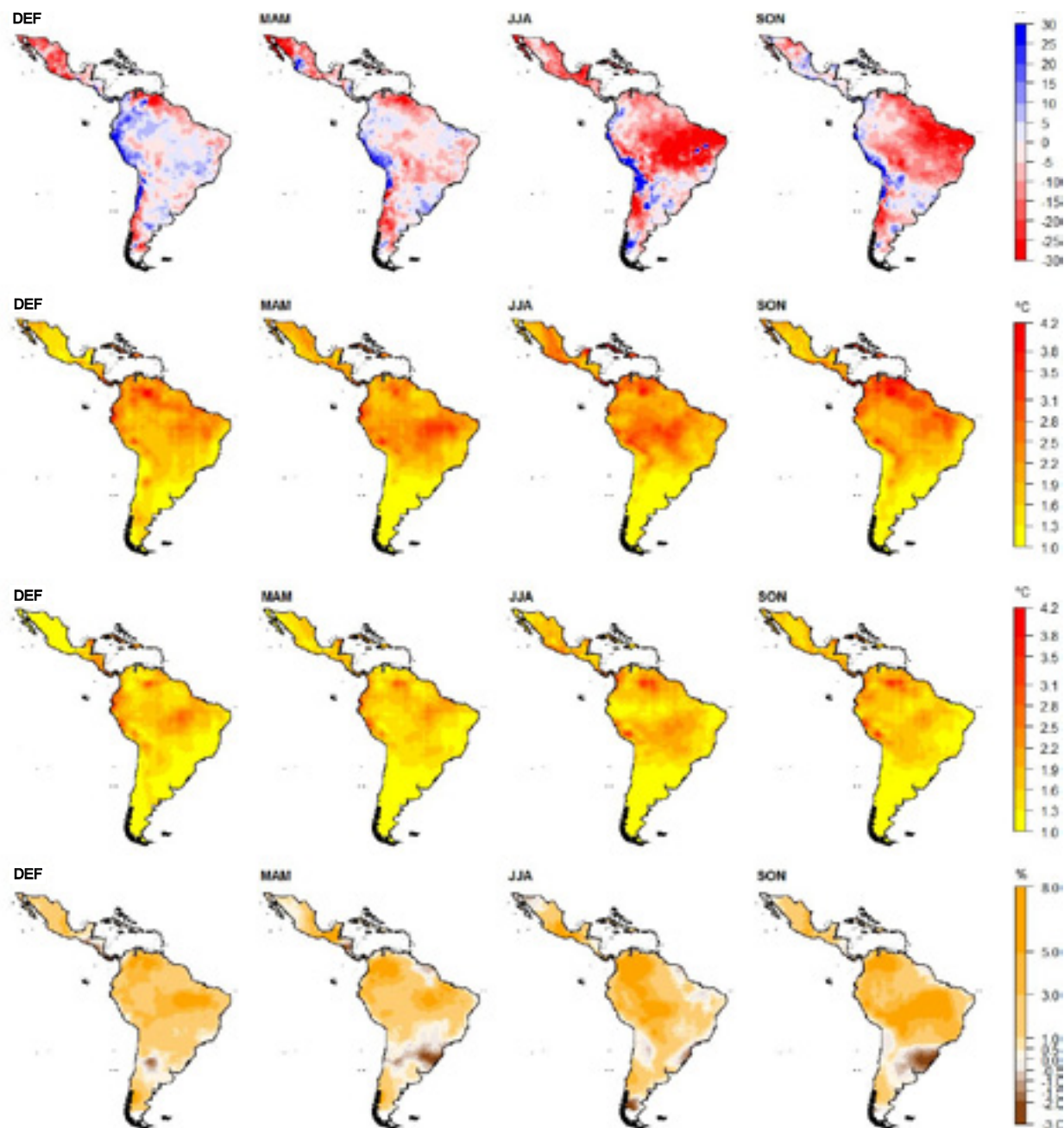


Figura 2. Impactos climáticos (2020-2050)

Leyenda: DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

En ALC, en un escenario sin cambio climático (No-CC), se espera que la producción agrícola total, el área, la demanda y el comercio aumenten a medida que cambian los patrones de población y consumo. Sin embargo, la introducción del cambio climático en el modelo reduce el crecimiento promedio en los rendimientos, el área total y la producción en 7,5 pp, 1,2 pp y 5,2 pp, respectivamente, a nivel de ALC. A nivel mundial, en un escenario No-CC, se proyecta que los precios de frijoles, maíz, arroz, soja y trigo aumentarán para el año 2050 en un 4,6%, 27,6%, 16,1%, 6,5% y 11,7%, respectivamente, sobre sus niveles actuales. Pero la introducción del cambio climático amplifica este aumento en 14,6 pp, 15,4 pp, 10,1 pp, 0,5 pp y 1,7 pp, respectivamente (Tabla 1).

Los incrementos en los precios y los déficits comerciales en varias regiones de ALC sugieren la posibilidad de una mayor exposición a la inseguridad alimentaria en la mayoría de los países, siendo el Cono Sur una notable excepción. Dadas estas circunstancias, la mayoría de las regiones de América Latina simplemente alcanzarán o caerán por debajo de la relación crítica oferta/demanda de alimentos (Figura 3). Es evidente que las regiones Andina, México, Centroamérica y el Caribe enfrentarán dificultades sustanciales. Mientras tanto, se proyecta que la región SUR, más templada, tendrá un superávit que podría reforzar la seguridad alimentaria.

### 3. El camino a seguir

Las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) de los países examinados en este documento, incluyen expresamente a la agricultura como un componente principal de su estrategia de adaptación. Sin embargo, algunos de ellos también incluyen medidas de mitigación para reducir las emisiones generadas por este sector. ALC enfrenta el desafío de producir suficientes alimentos para alimentar a una población en crecimiento y, al mismo tiempo, conservar sus recursos naturales y ecosistemas y adaptarse al cambio climático. La adaptación del sector agrícola a los impactos climáticos es clave para su supervivencia. De las recomendaciones presentadas en los resúmenes de países individuales que se presentan a continuación, surgen cinco temas o imperativos generales de adaptación: 1) inclusión de escenarios de cambio climático como elemento clave en los procesos de toma

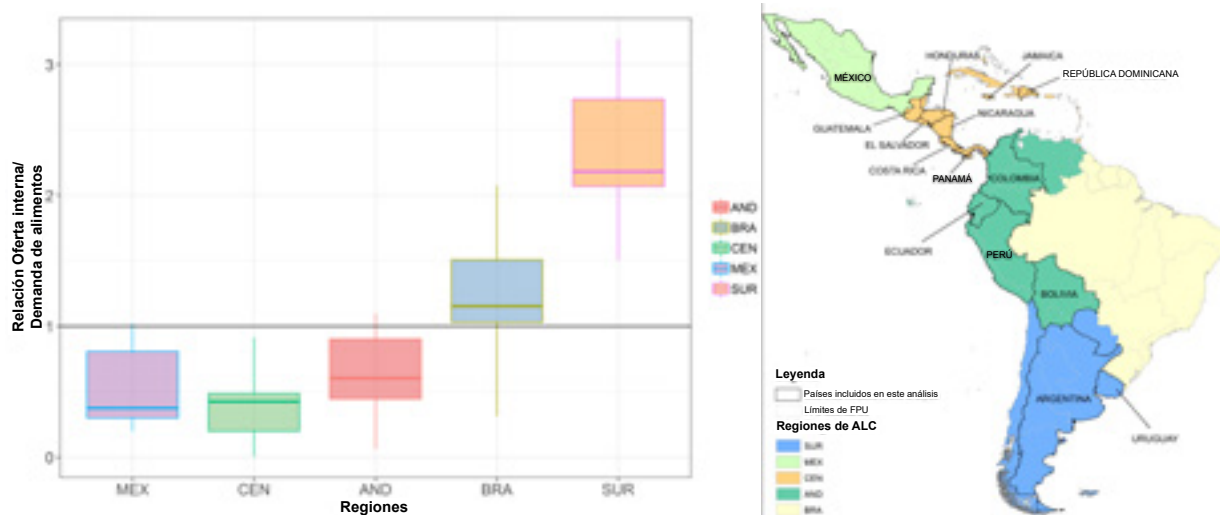
de decisiones del ministerio de agricultura y del instituto de investigación; 2) apoyar la investigación y adopción de variedades de cultivos tolerantes a la sequía y al calor; 3) promoción del riego sostenible como estrategia de adaptación eficaz; 4) recuperación de suelos degradados e intensificación sostenible para evitar una mayor deforestación, una de las principales causas del cambio climático en primer lugar; y 5) implementación de prácticas y tecnologías climáticamente inteligentes para aumentar la productividad, mientras se mejora la adaptabilidad y se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.



**Tabla 1: Tendencias regionales del comercio neto por cultivo**

Tendencias regionales del comercio neto por cultivo (2050)	
<b>Frijol seco</b>	Cultivo clave que apoya la seguridad alimentaria. Demanda estable. Disminuciones de la producción relacionadas con el cambio climático con la excepción de SUR. Alto potencial de superávit comercial en BRA y cierto potencial en SUR
<b>Maíz</b>	Cultivo flexible con perfil de demanda complejo. Presión a la baja de la demanda asociada a escenarios de cambio climático. Potencial de superávit comercial en BRA pero con alta incertidumbre climática, así como en SUR. Importante déficit comercial en AND y CEN. Potencial de largo plazo para la reducción del déficit comercial en MEX.
<b>Arroz</b>	Cultivo alimentario clave que apoya una mayor seguridad alimentaria. Presión a la baja de la demanda asociada al cambio climático. Aumento del déficit comercial en AND. Aumento de la incertidumbre en el comercio de BRA y SUR.
<b>Soja</b>	Cultivo flexible con perfil de demanda complejo. Presión modesta a la baja en la demanda asociada con el cambio climático, aunque en aumento en MEX. Aumento del comercio potencial en SUR y BRA, con tendencias relativamente estables en el comercio en el resto de las subregiones, aunque hacia el déficit comercial.
<b>Trigo</b>	Cultivo flexible con perfil de demanda complejo. Aumento de la demanda debido al cambio climático, con un aumento sustancial de la demanda en BRA. Disminuciones en el comercio neto de AND, BRA, MEX y CEN. Incrementos en el comercio de SUR.

Leyenda: AND: Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela; BRA: Surinam, Guyana y Brasil; CEN: Centroamérica y el Caribe; MEX: México; y SUR: Chile, Paraguay, Uruguay y Argentina.



**Figura 3: Relaciones oferta/demanda de alimentos para las cinco subregiones de ALC definidas en el mapa**



# III. Resumen metodológico

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (MCG)<sup>1</sup>, seleccionados por su sólido desempeño en la región de América Latina y el Caribe (ALC). En general, se proyecta que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, donde se proyecta, además, que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz y frijoles para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

Además, se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, ñame y yuca utilizando modelos basados en nichos<sup>2</sup>. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias<sup>3</sup>. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

---

1 Los nueve MCG utilizados fueron BCC-CSM1, BNU\_ESM, CCCMA\_CANESM2, GFLD\_ESM2G, INM-CM4, IPSL-CM5A-LR, MI-ROC-MIROC5, MPI-ESM-MR y NCC-NORESM1-M. Para obtener detalles completos sobre todos los modelos de clima, de cultivos y económicos utilizados en este informe, consulte la [Metodología para la Integración del Cambio Climático, la Respuesta de los Cultivos y el Impacto Económico y Vulnerabilidad al Cambio Climático e Impactos Económicos en el Sector Agrícola](#).

2 Los impactos en el rendimiento de estos cultivos no se pudieron evaluar debido a que los datos disponibles eran insuficientes para calibrar el módulo DSSAT o debido a que aún no existe un módulo DSSAT para el cultivo. La aptitud del café se evaluó mediante un enfoque basado en conjuntos de aprendizaje automático. La aptitud de los otros cultivos se modeló utilizando EcoCrop, según la base de datos FAO EcoCrop. Consulte el Informe de Metodología para obtener más detalles.

3 Consulte el Informe de Metodología para obtener más detalles. Al interpretar los resultados en esta sección, es importante tener en cuenta que el resultado de IMPACT es producto de la interacción compleja de muchos factores a lo largo del tiempo (cambio climático, crecimiento del PIB, demografía, política de mitigación, ventaja comparativa en el comercio, investigación, etc.) y en todos los países. Por tanto, los resultados mostrados en esta sección no son atribuibles a ninguno de estos factores individualmente, sino a la compleja interacción de todos.





## IV. Argentina

### 1. Contexto

La agricultura juega un papel importante, aunque en declive, en Argentina. El sector representa el 5,6% del PIB, 4,7 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 10,3% en 2003. Los productos agrícolas representaron el 25,2% de todas las exportaciones en 2018, 3,9 pp más que en 2009. El empleo en la agricultura representa el 0,5% de todo el empleo en el país, 0,7 puntos porcentuales menos que hace 8 años [1]. Argentina es el tercer exportador mundial de soja y el segundo exportador de maíz [2]. Con el 47% de su tierra utilizada para la agricultura, el cambio climático presenta un riesgo significativo para el sector agrícola del país. Las inundaciones ya han costado aproximadamente \$3.000 millones de dólares al año durante las últimas dos décadas; y se prevé que la desertificación afectará cada vez más a la productividad agrícola en algunas partes del país en los próximos años [3]. Por lo tanto, una mejor comprensión de los impactos del cambio climático en cultivos específicos ayudará en la toma de decisiones. Para ello, en este informe se presentan los resultados de la modelación de clima, de cultivos y económica (promediados durante 2020-2050), en relación con la producción y el comercio agrícolas del país, enmarcados en el contexto regional de ALC. Con base en estas tendencias, se proponen medidas de adaptación al final del informe.

### 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (MCG), seleccionados por su sólido desempeño en la región de ALC. En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

En Argentina, los cambios proyectados en las precipitaciones para el año 2050 varían de una región a otra y de una estación a otra (Figura 1). Se proyecta una fuerte disminución porcentual de las precipitaciones en las zonas más elevadas del oeste y el sur durante todo el año, especialmente durante los meses de invierno; pero hay poca o ninguna agricultura en estas áreas. Se proyectan disminuciones en las precipitaciones del 5% al 15% en gran parte de la región pampeana durante septiembre a noviembre, pero también se proyectan aumentos en esta área durante el período de diciembre a febrero. Mientras tanto, se proyecta un aumento sustancial de las precipitaciones en gran parte del norte y noroeste, especialmente durante la época de junio a noviembre. Se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán en aproximadamente 1°C en gran parte del país, aunque el aumento podría llegar a 2°C en elevaciones y latitudes más altas.

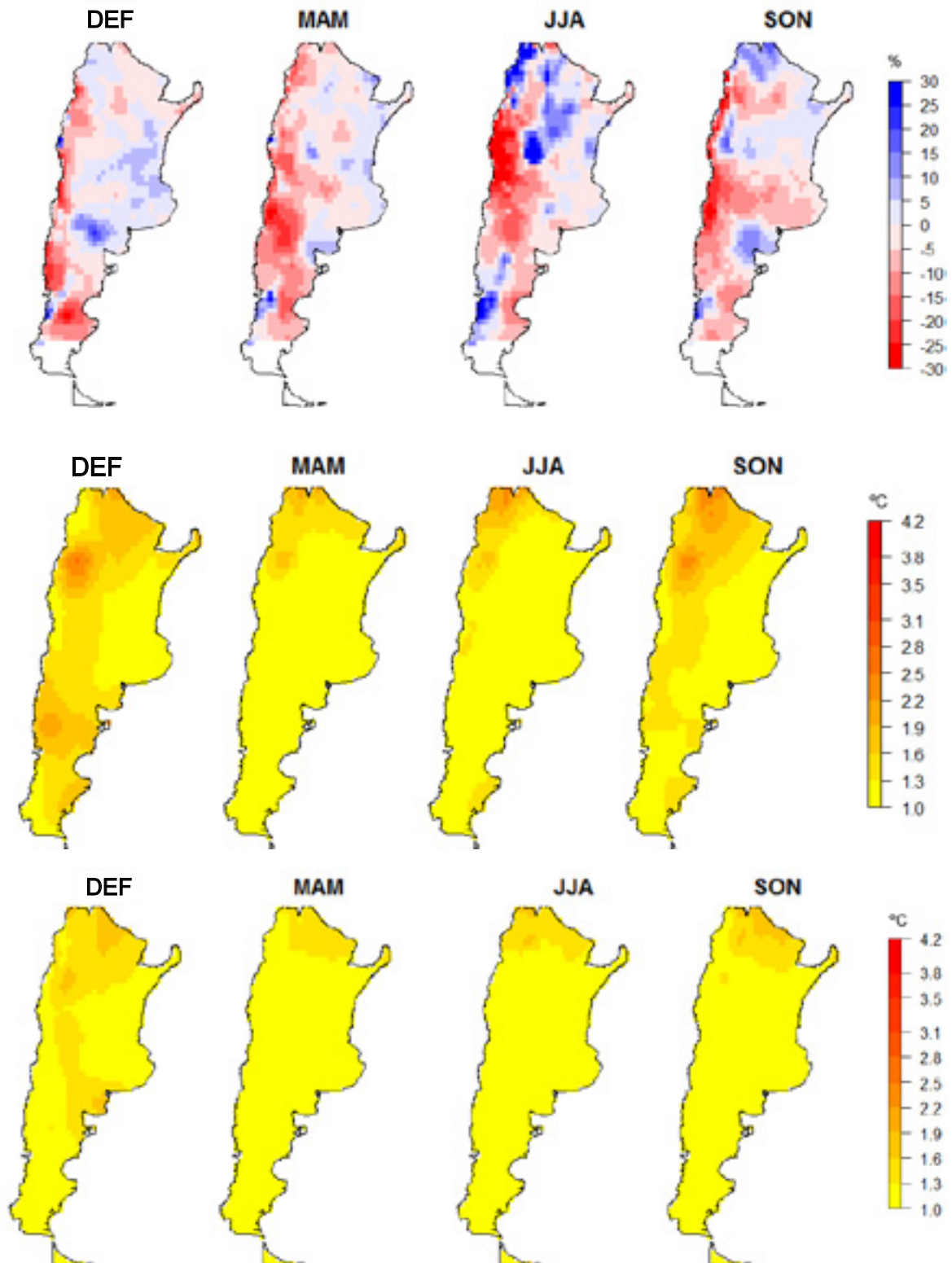


Figura 1: Cambio en precipitación (de arriba a abajo), temperatura máxima y temperatura mínima promediadas en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos en el rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, trigo y soja para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

En Argentina, los resultados del modelo que se muestran en la Figura 2 sugieren que importantes rendimientos de los cultivos de secano podrían experimentar disminuciones sustanciales. El maíz y el trigo de secano, en particular, podrían sufrir disminuciones de alrededor del 11% y el 8%, respectivamente. Mientras tanto, el rendimiento de la soja de secano demuestra una resiliencia relativa al cambio climático, aumentando en aproximadamente un 10%. Se prevé que los sistemas bajo riego funcionarían considerablemente mejor. Se proyecta que los rendimientos de frijol, soja y trigo bajo riego aumentarán aproximadamente en un 19% y 3%, respectivamente, mientras que el rendimiento del maíz bajo riego disminuirá aproximadamente 3 pp menos que su homólogo de secano.

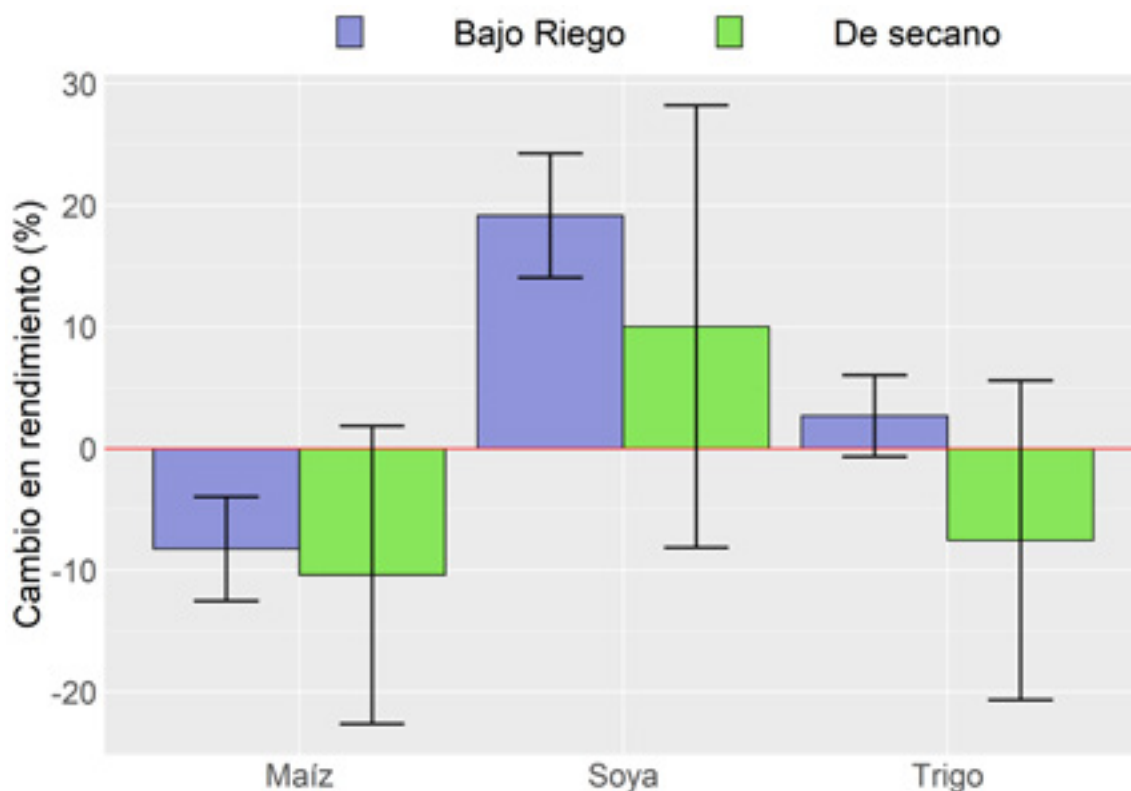


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

La vista desagregada geográficamente de estas disminuciones de rendimiento que se presenta en la Figura 3 revela una variación importante que se esconde detrás de estos promedios a nivel nacional. Cabe resaltar que se proyecta que los rendimientos de maíz y trigo disminuirán en gran parte del norte; pero esta disminución general se verá compensada por focos de resiliencia e incluso aumentos en el rendimiento hacia la re-

gión pampeana, donde se proyecta un aumento de las precipitaciones para parte del año (ver la Figura 1). Asimismo, la resiliencia proyectada y/o el aumento en los rendimientos de soja bajo riego y de secano es más pronunciada en la región pampeana y alrededor de la misma, con menos resiliencia y focos de disminución de rendimiento proyectados hacia el norte.

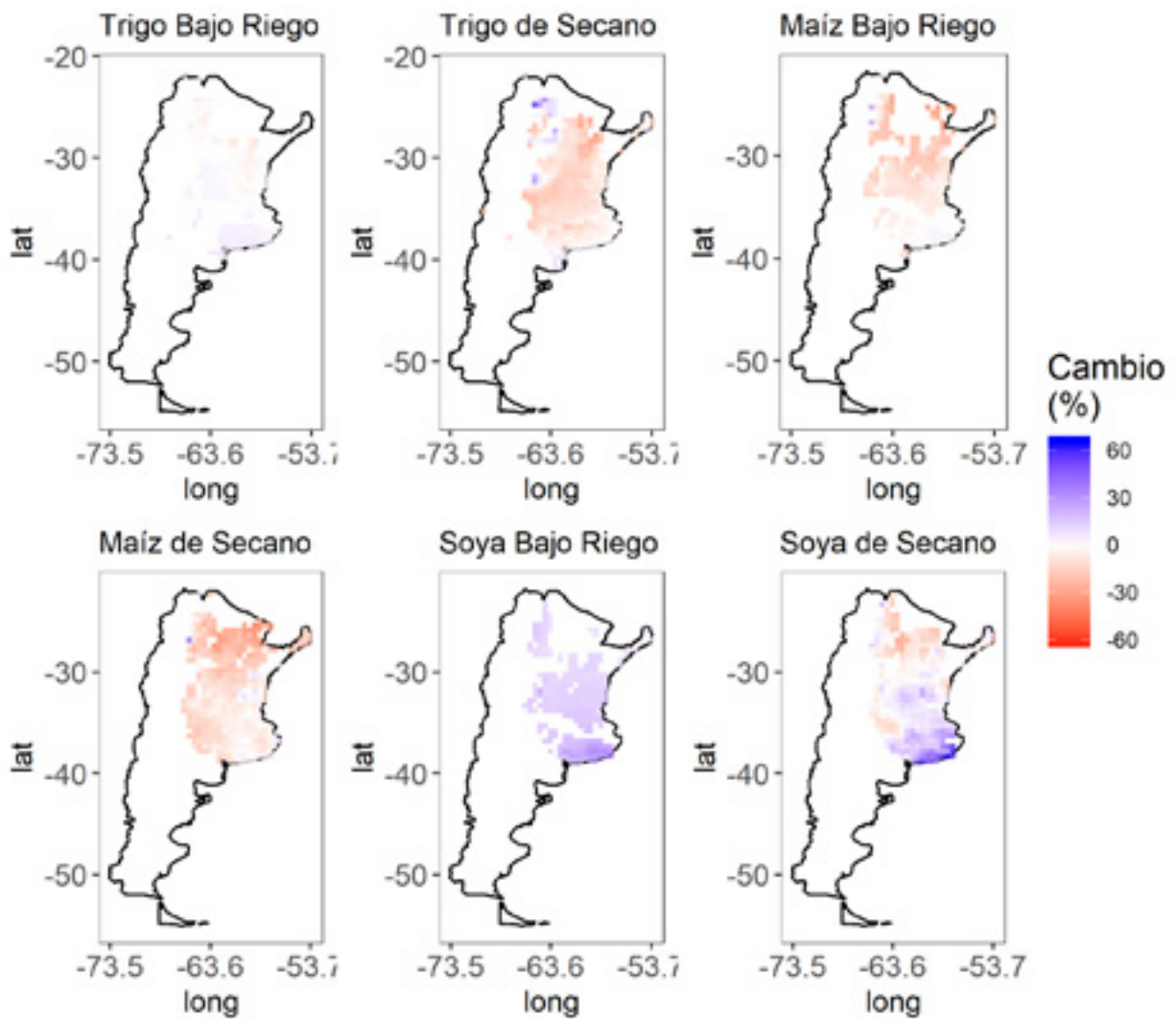


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).



## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

En Argentina, se espera que la producción agrícola total aumente para el año 2050 tanto bajo un escenario con cambio climático (CC) como bajo uno sin cambio climático (No-CC) para todos los cultivos modelados excepto el arroz (Figura 4). El crecimiento de la producción de frijol es especialmente pronunciado, y es aún mayor cuando se introducen factores de estrés climático, superando la referencia No-CC en 20 pp. También se proyecta que el cambio climático tendrá un impacto positivo en la producción de arroz, reduciendo su trayectoria de crecimiento negativo a 10,3 pp por encima del punto de referencia No-CC. Mientras tanto, la introducción de factores de estrés climático tiene un impacto comparativamente leve en el crecimiento de la producción de soja (+2,7 pp), maíz (+1,5 pp) y trigo (+1,3 pp). La demanda de cada uno de estos cultivos también aumentará durante el período 2020-2050, al igual que la superficie plantada, con la notable excepción del arroz (cayendo un 24% sin cambio climático y un 16,8% con impactos del cambio climático).

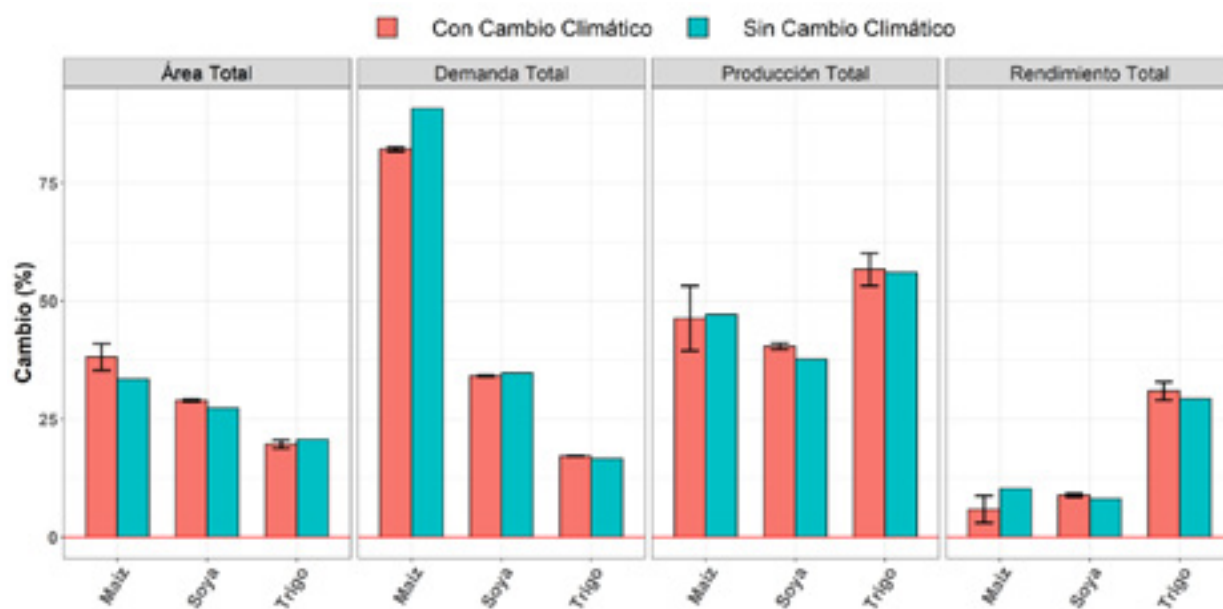


Figura 4: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



Las mayores tendencias de crecimiento generalmente evidenciadas en Argentina contrastan con la experiencia anticipada de la mayoría de los demás países de ALC, donde se proyecta que el crecimiento de la producción agrícola sufrirá reducciones considerables debido al cambio climático. Esta ventaja comparativa se refleja en una proyección de superávits comerciales sostenidos y crecientes en Argentina para el año 2050. En particular, se esperan superávits comerciales para la soja, el trigo y el maíz (Figura 5).

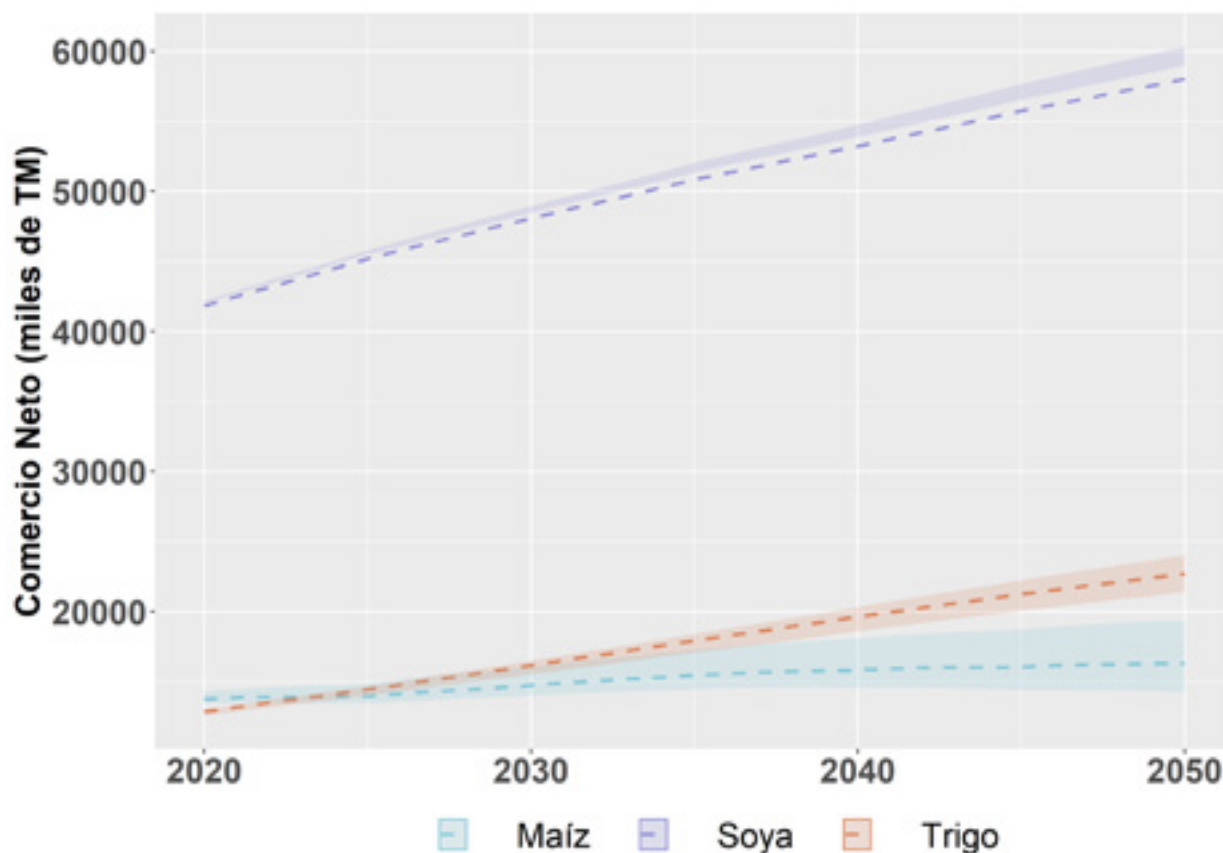


Figura 7: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

Para limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) citan la agricultura y el uso del suelo como elementos clave para la acción climática [4]. De hecho, la contribución determinada a nivel nacional (NDC,

por sus siglas en inglés) de Argentina al Acuerdo de París de 2015 pone un énfasis considerable en las acciones de adaptación y mitigación. En este sentido, las medidas priorizadas incluyen la generación de información climática, investigación y desarrollo, análisis de vulnerabilidad, manejo integral del suelo, identificación y promoción de buenas prácticas y herramientas de adaptación, así como fortalecimiento institucional/desarrollo de capacidades [5].

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

	Mensajes clave para intervenciones de políticas	El camino a seguir
Clima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cambio climático presenta un riesgo significativo para el rendimiento de los cultivos y el desempeño económico general del sector agrícola en Argentina. Las inundaciones, el aumento de las temperaturas y el retroceso de los glaciares afectarán la producción.</li> <li>• Se proyecta que las temperaturas máximas aumentarán entre 1°C y 2°C para el año 2050, con un calentamiento más pronunciado en el noroeste.</li> <li>• Se proyecta disminución de las precipitaciones en gran parte de la región pampeana durante la época de septiembre a noviembre; pero también se proyectan incrementos en esta área durante el período de diciembre a febrero. Se proyecta aumento de las precipitaciones en el norte y noroeste, especialmente durante el período de junio a noviembre.</li> </ul>	<p>Las medidas de adaptación son clave, especialmente aquellas que tienen el potencial de aumentar la productividad mientras mitigan el cambio climático. Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas sostenibles (es decir, CSA)</li> <li>• Manejo de bosques, suelos y agua.</li> <li>• Incrementar la eficiencia en el uso del agua.</li> <li>• Planificar una ventaja comparativa en la soja, el trigo y el maíz, que genere un aumento de los superávits comerciales de estos cultivos.</li> <li>• Realizar estudios de evaluación de impacto ex ante para determinar la mejor asignación de recursos en todo el portafolio de exportaciones, dados los objetivos económicos y de seguridad alimentaria nacionales/regionales deseados.</li> </ul>
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El frijol, el maíz y el trigo de secano denotan vulnerabilidad al CC.</li> <li>• El arroz de secano y la soja denotan resiliencia al CC.</li> <li>• En general, se prevé que los sistemas bajo riego tendrán mejores resultados que sus homólogos de secano.</li> <li>• Las disminuciones proyectadas en el rendimiento son generalmente más pronunciadas en el norte.</li> <li>• Se proyecta que el superávit comercial de soja y trigo aumentará para el año 2050, mientras que el superávit comercial de maíz se mantendrá estable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación sólida entre agricultores y mercados, manejo y planificación responsable del suelo.</li> <li>• Desarrollar mecanismos para informar y orientar la política de adaptación al CC a nivel departamental y municipal.</li> </ul> <p>Investigación agrícola:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» Realizar los análisis necesarios para identificar y priorizar las opciones de investigación de adaptación al CC para los cultivos más relevantes.</li> <li>» Desarrollar y lanzar nuevas tecnologías para reducir el impacto de los efectos del cambio climático en los cultivos más vulnerables.</li> </ul>

Argentina y otros países de ALC pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola mediante la adopción de otras prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes.

El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los cultivos orientados a la exportación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado, y una gestión y planificación responsable del suelo. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en la parte tropical de América Latina, las zonas templadas como Argentina necesitarán aumentar la producción, una responsabilidad y una oportunidad importantes. La estabilidad política y del mercado financiero será clave para garantizar que se aprovechen estas oportunidades y responsabilidades potenciales. En la tabla 2 se muestran los mensajes clave para las intervenciones de políticas y el camino a seguir para las medidas de adaptación.

## Referencias:

- [1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU., <http://data.worldbank.org/indicator>
- [2] FAOSTAT. 2018. Roma, Italia. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- [3] Banco Mundial. 2019. Climate Change Knowledge Portal: Argentina. <http://bit.ly/2TtmHjb>
- [4] CCAFS. 2015. Info Note: Agriculture's prominence in the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/62364/retrieve>; Información detallada del país sobre la agricultura en las INDC, disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75255>
- [5] República de Argentina. 2016. First Revision of its Nationally Determined Contribution. <https://bit.ly/2KqN9oh>



# V. Bolivia

## 1. Contexto

La agricultura sigue jugando un papel importante en Bolivia. El sector representa el 11,6% del PIB, 1,8 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 13,4% en 2003. Los productos agrícolas representaron el 9,1% de todas las exportaciones en 2015, 1,1 pp más que en 2006. El empleo en la agricultura representa el 27% de todo el empleo en el país, 3,1 puntos porcentuales menos que hace 8 años [1]. El cambio climático presenta un riesgo significativo para el rendimiento de los cultivos y el desempeño económico general del sector agrícola dados sus efectos en las temperaturas, las precipitaciones, la intensidad y frecuencia de eventos extremos y el retroceso de los glaciares, entre otros. Por ejemplo, Bolivia comúnmente sufre sequías e inundaciones, con mayor frecuencia en los últimos años, y los informes indican que el 80% de los glaciares están retrocediendo [2]. De hecho, el cambio climático tendrá impactos considerables en el sector agrícola, que se ha estimado que es el sector más afectado por este fenómeno [3]. Por lo tanto, una mejor comprensión de los impactos del cambio climático en cultivos específicos ayudará en la toma de decisiones. Para ello, los modelos climáticos, agrícolas y económicos brindan tendencias futuras (promedio para 2020-2050) en cuanto a la producción y el comercio agrícolas en el país, enmarcadas en el contexto regional de ALC. Luego, con base en estas tendencias, se proponen medidas de adaptación.

## 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico), seleccionados por su sólido desempeño en la región de ALC. En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

En Bolivia, se espera una reducción de las precipitaciones (en algunos casos una disminución del 30%) en las tierras bajas centrales y orientales, especialmente durante el período seco de junio a noviembre (Figura 1). Sin embargo, se proyecta que este mismo período experimentará niveles más altos de lluvia en el altiplano elevado en el oeste de Bolivia. Generalmente, en las áreas más húmedas, es probable que las precipitaciones aumenten tanto en magnitud como en frecuencia.

Se esperan aumentos generalizados de temperatura en Bolivia, especialmente en los meses de junio, julio y agosto, pero que continuarán durante la estación seca. Estos aumentos en las temperaturas máximas acompañados de disminuciones en las precipitaciones probablemente aumenten el riesgo de sequía agrícola en Bolivia. Los aumentos de temperatura pueden ir acompañados de un aumento en la radiación solar, evidente en casi todas partes durante el año, con los aumentos más fuertes en las latitudes tropicales de América del Sur.

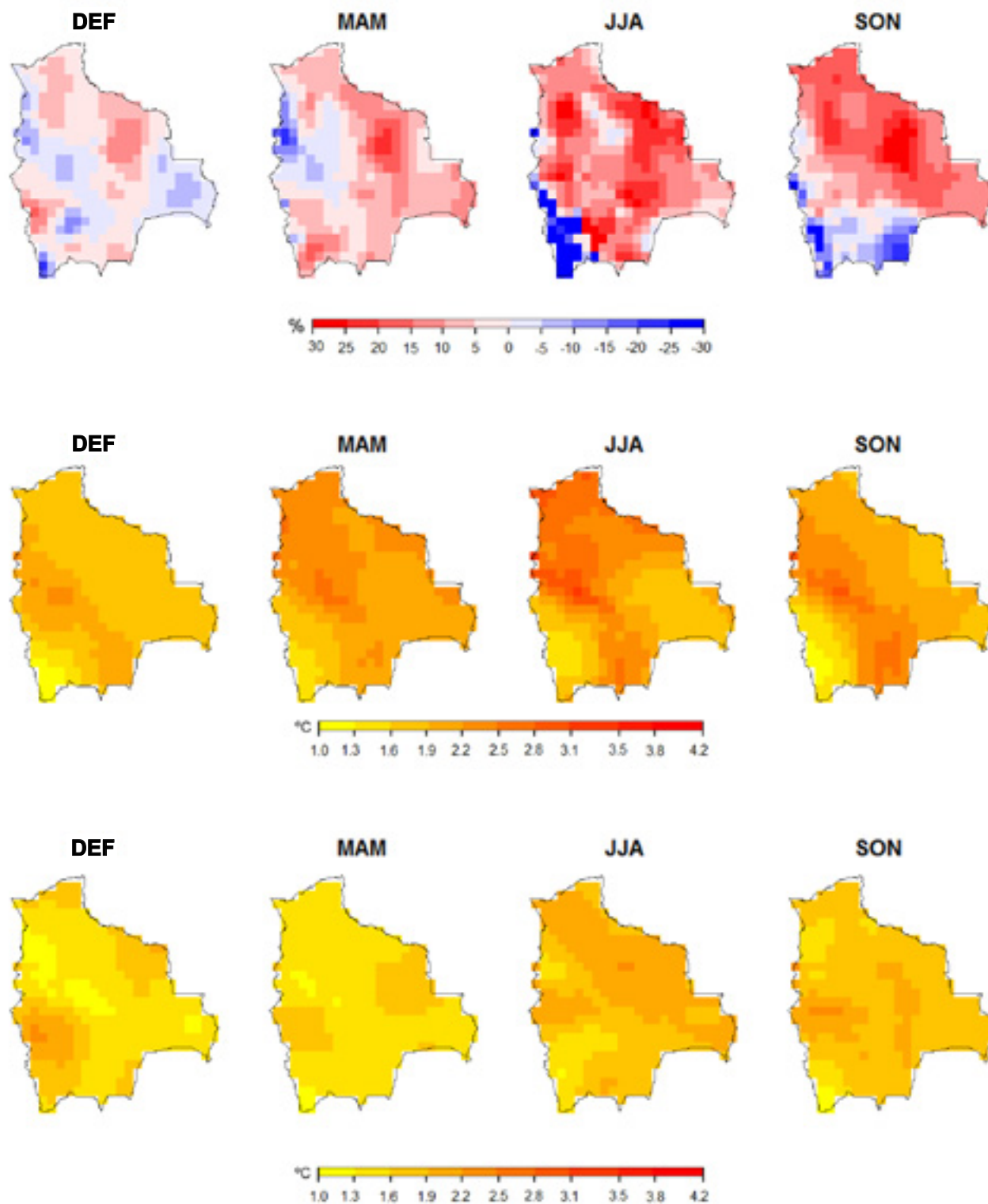


Figura 1: Cambio en precipitación (de arriba a abajo), temperatura máxima y temperatura mínima promediadas en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.



### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios en el clima proyectados discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz, frijol y soja para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

Con la excepción del arroz y soja bajo riego, las simulaciones muestran que, en un escenario de 'no adaptación', es probable que los sistemas de cultivo modelados en Bolivia experimenten

disminuciones de rendimiento, en promedio, en relación con un escenario sin cambio climático (No-CC) (Figura 2). Los sistemas de frijoles en las tierras bajas centrales pueden verse especialmente afectados, seguidos por el trigo y el maíz de secano (cabe señalar que los rendimientos de maíz y trigo de secano en Bolivia ya se consideran bajos en relación con los promedios continentales). Se proyecta, aunque no universalmente, que la soja de secano, actualmente plantada en más de un millón de hectáreas en el este de Bolivia, experimentará una disminución en rendimiento de al menos un 10% por debajo del punto de referencia No-CC, mientras que la soja bajo riego experimentará algunos aumentos de rendimiento (Figura 3).

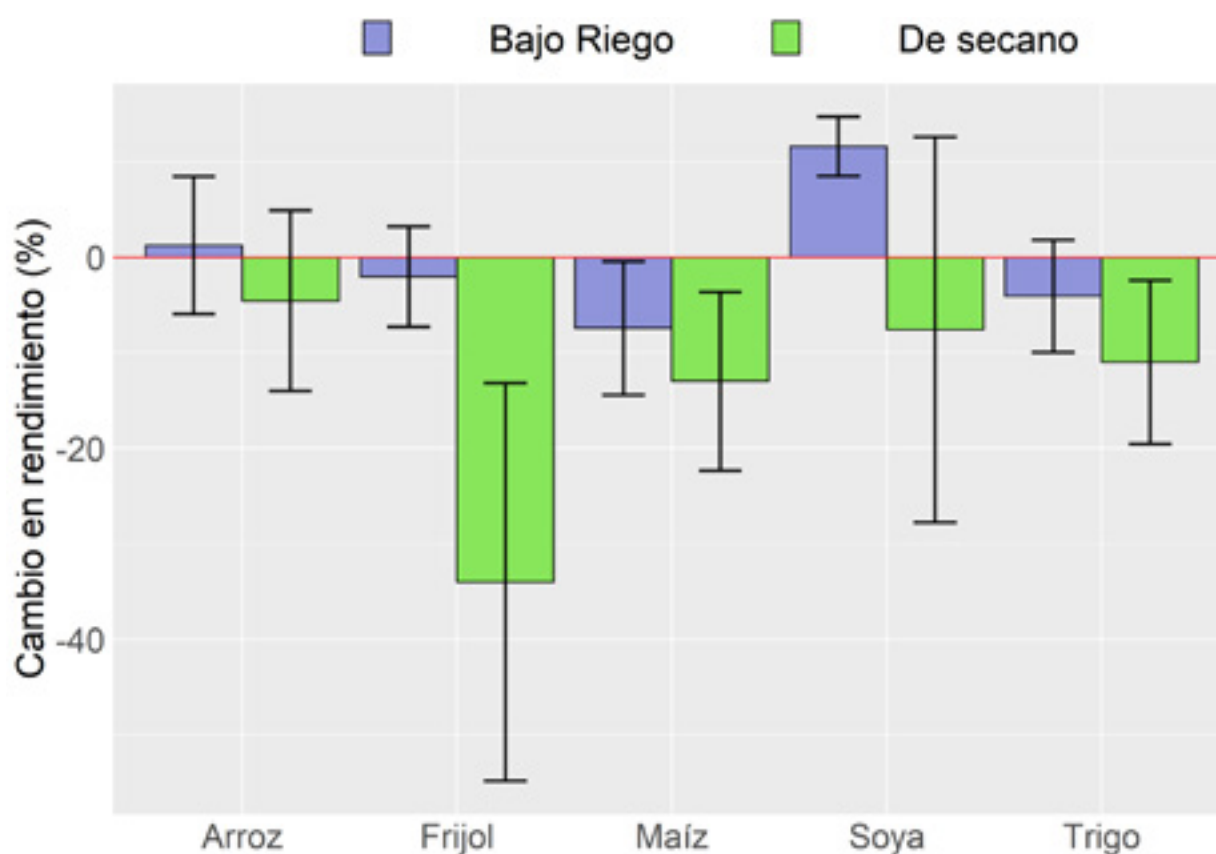


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

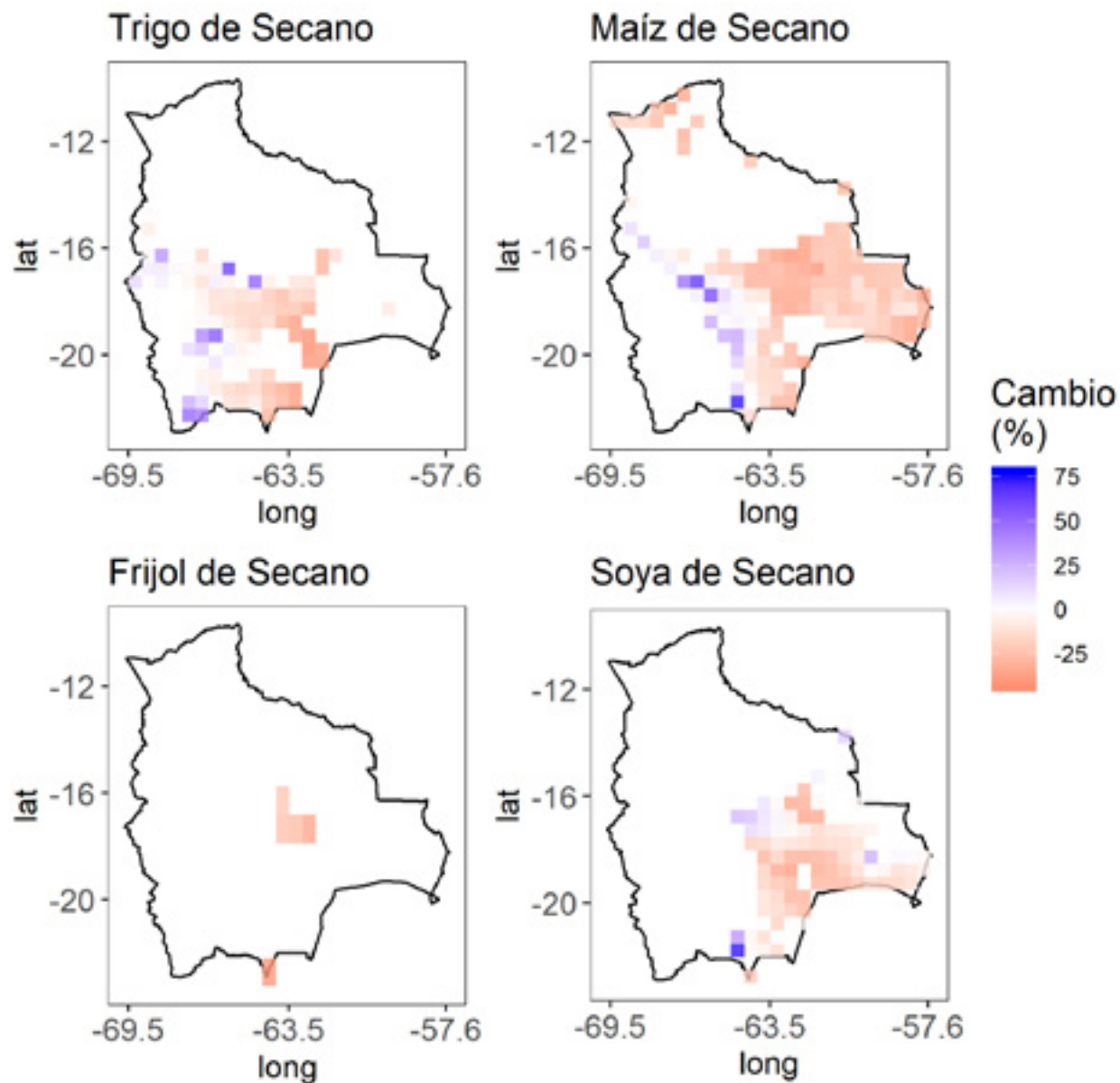


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).

Las pérdidas de maíz en Bolivia van acompañadas de una severa disminución del maíz en toda la región de ALC, especialmente en el centro de México, Yucatán y el norte de Sudamérica. Esto también es cierto para el trigo, que en general puede ver disminuciones de rendimiento en el continente a medida que aumentan las temperaturas. Los frijoles, un cultivo importante para

la seguridad alimentaria en América Latina, aunque pierden rendimiento en Bolivia, pueden experimentar algunos aumentos en algunas partes de Argentina y México. En total, con estas pocas excepciones, se proyecta una reducción de 7,5 puntos porcentuales (pp) en el crecimiento del rendimiento en promedio en cultivos, subregiones y MCG en América Latina.

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, ñame, yuca, papa y caña de azúcar utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

El modelo de aptitud sugiere que el área apta para el cultivo de tubérculos, incluyendo la papa, seguirá siendo en gran medida la misma con el cambio climático, mientras que el área apta para el banano podría disminuir drásticamente (Figura 4). Sin embargo, los mapas de impacto de aptitud espacialmente explícitos en la Figura 5 indican que la pérdida de aptitud del banano se proyecta en la parte norte del país, donde actualmente no se cultiva en grandes cantidades. Mientras tanto, se proyectan ganancias de aptitud para la caña de azúcar en el norte y este del país. La resiliencia de la yuca y el ñame también

es evidente en la Figura 5, incluyendo algunos focos en los Andes donde la aptitud podría aumentar. La producción de yuca en Bolivia es baja en comparación con la producción de papa, y actualmente no se cultiva ñame en ninguna parte del país en cantidades significativas. Sin embargo, la resiliencia proyectada de estos cultivos puede convertirlos en una atractiva fuente alternativa de carbohidratos con el cambio climático.

En promedio, se prevé que las áreas aptas para el cultivo de café robusta y arábica disminuirán en un 30,7% y un 60,2%, respectivamente. Sin embargo, en la Figura 6 es evidente que estos promedios nacionales esconden importantes variaciones subregionales. Se proyectan fuertes pérdidas de aptitud del café principalmente en tierras bajas, mientras que se proyectan ganancias de aptitud en la región de las tierras altas de los Yungas, la cual alberga gran parte de la producción actual de café de Bolivia.

Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado

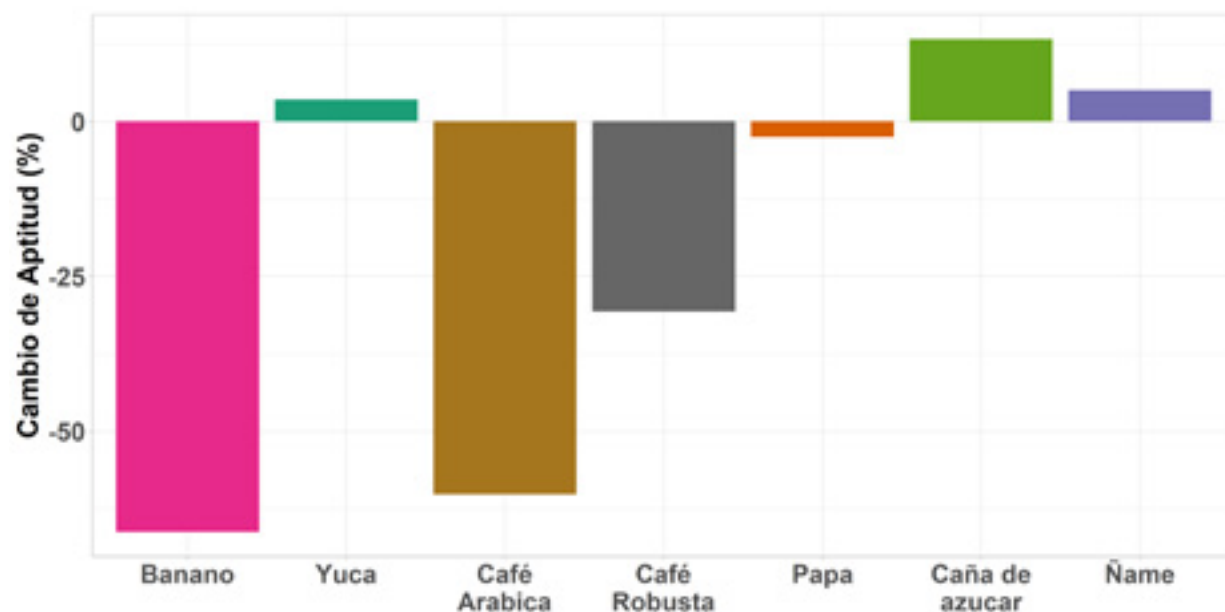
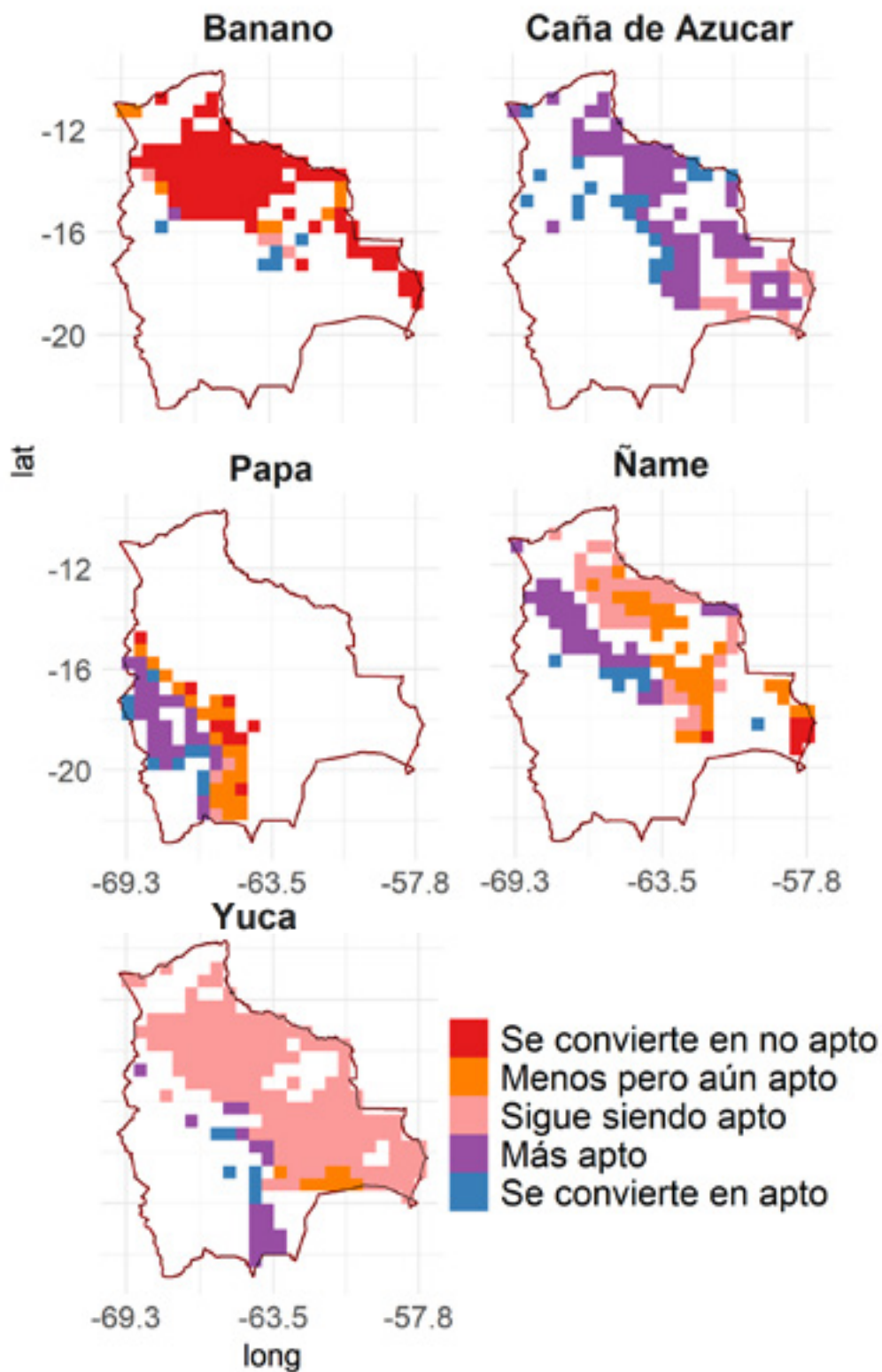
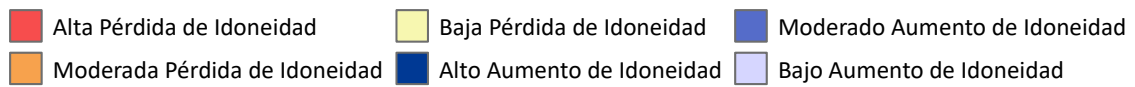
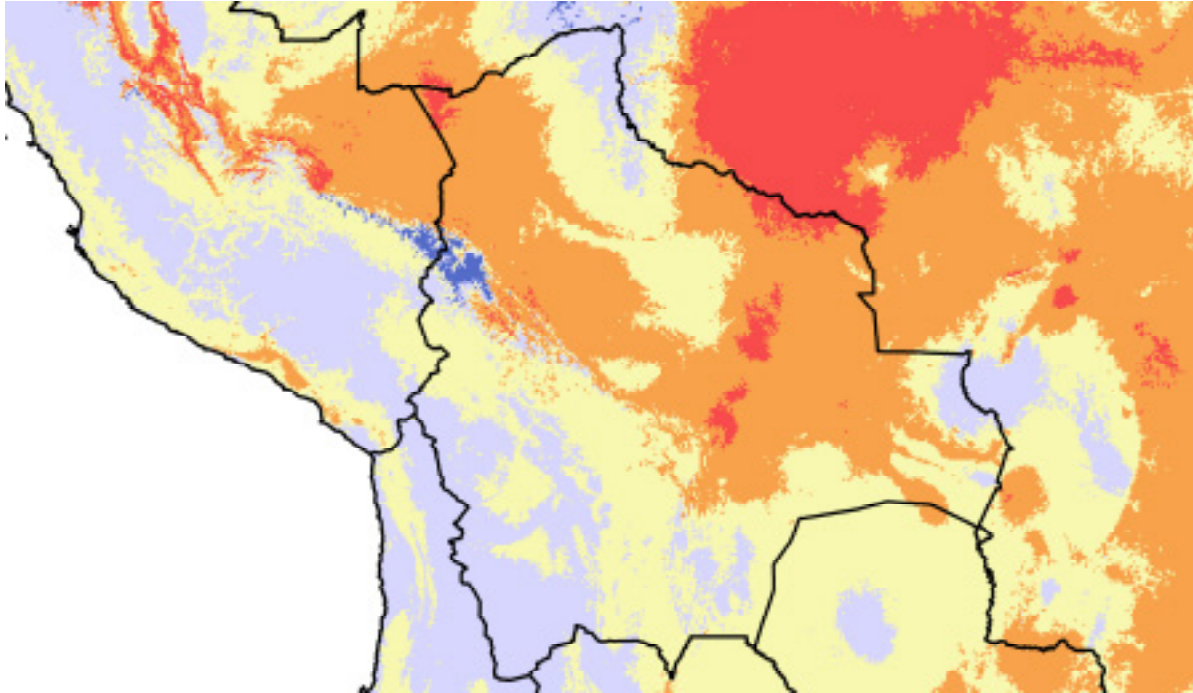


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050).

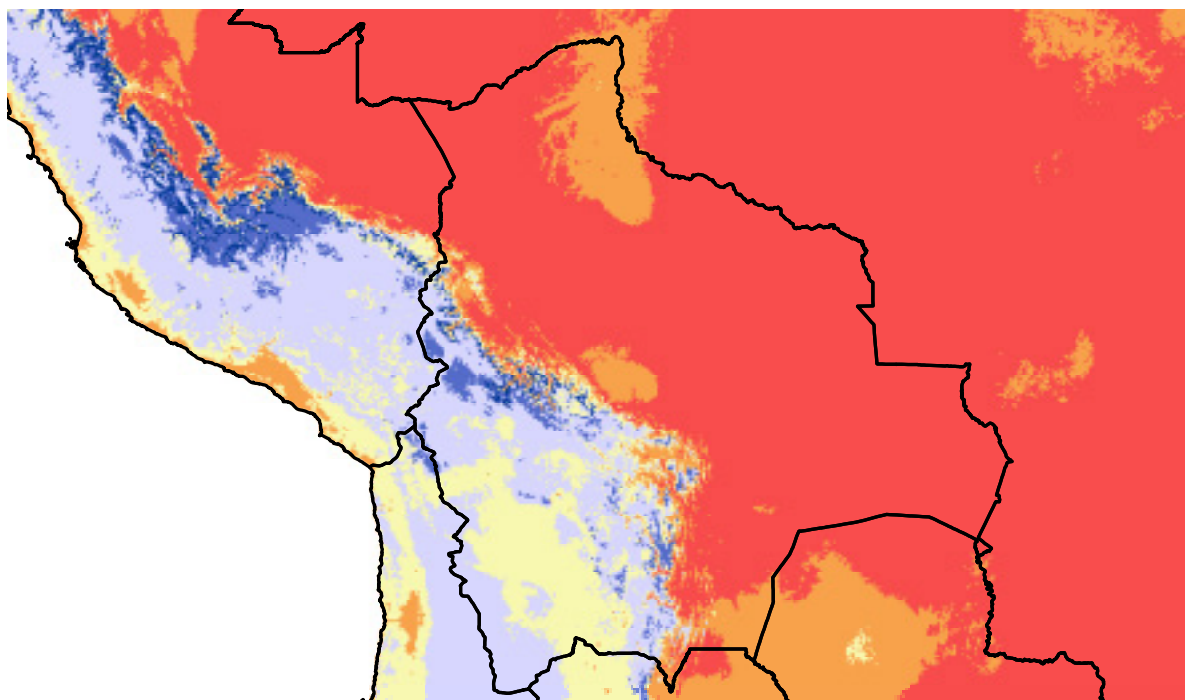


(2020-2050).

## Café Robusta - Bolivia



## Café Arabica - Bolivia



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café para 2050.



## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.

En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DS-SAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

Se proyecta que la producción agrícola aumentará tanto bajo un escenario CC como bajo uno No-CC para todos los cultivos modelados (Figura 7). El crecimiento de la producción de frijoles, maíz y trigo es especialmente pronunciado. Sin embargo, la introducción de factores de estrés climático puede tener un impacto negativo considerable en la producción de trigo, reduciendo su crecimiento a 12,6 puntos porcentuales por debajo del punto de referencia No-CC. El cambio climático también puede tener un impacto negativo en la producción de soja (-6,8 pp) y frijol seco (-2,1 pp), aunque la producción de maíz (+10,1 pp) y arroz (+9,7 pp) puede aumentar en tales condiciones.

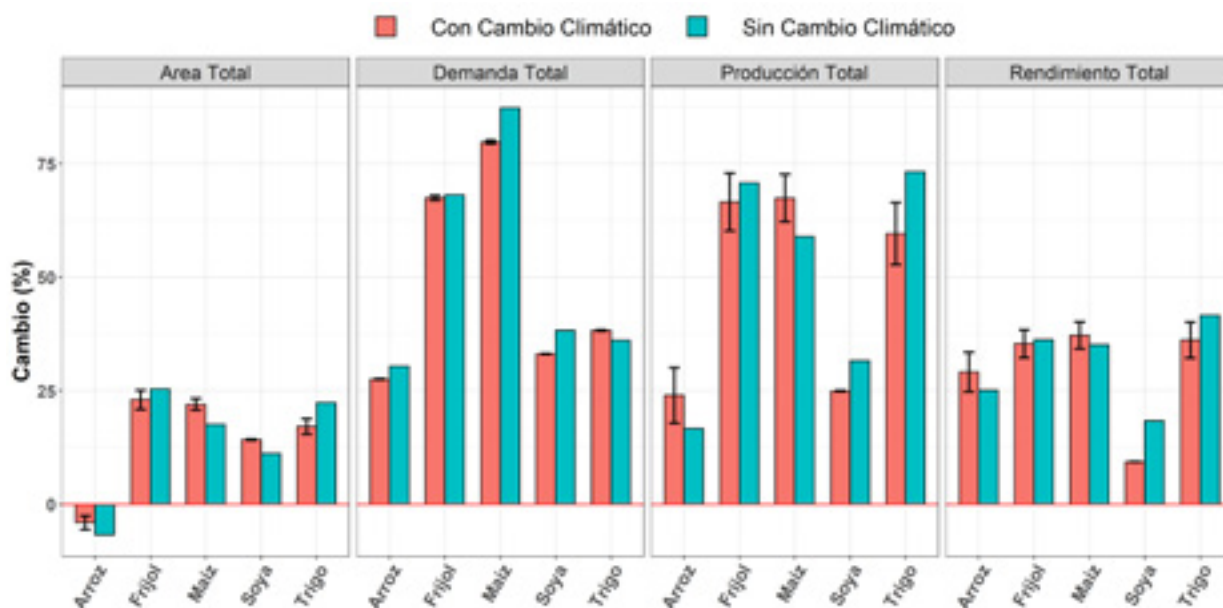


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

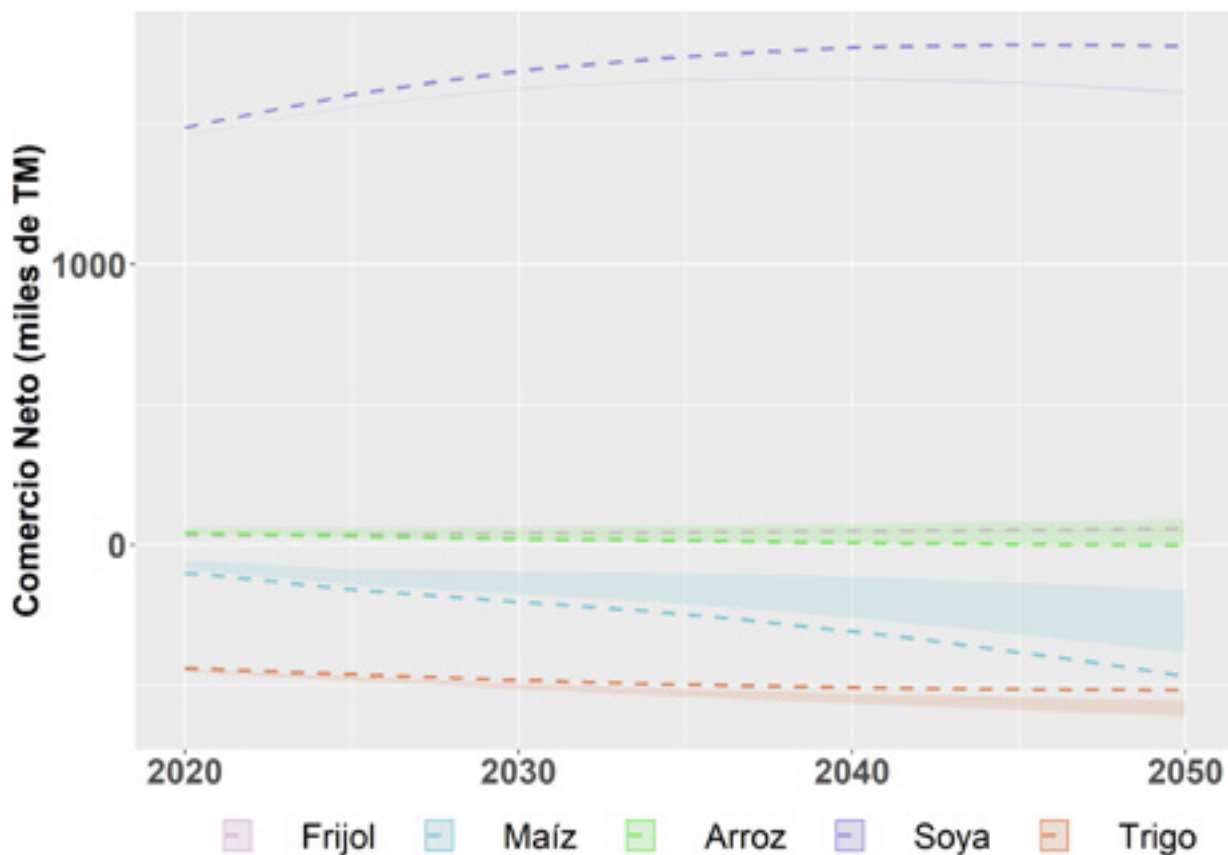


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

Dadas estas tendencias de producción relacionadas con el clima, se espera que aumenten los déficits comerciales continuos para el maíz y el trigo en Bolivia para el año 2050 (Figura 8). Se esperan superávits comerciales mínimos para el frijol y el arroz y se esperan superávits continuos para la soya, que aumentarán levemente con el impacto del cambio climático. En la región andina, en términos más generales, en relación con un escenario No-CC, el comercio de arroz puede aumentar levemente, mientras que el cambio climático puede exacerbar aún más los déficits comerciales de maíz.

## 5. El camino a seguir

La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Bolivia al Acuerdo de París de 2015 incluye metas integradas de mitigación y adaptación agrícolas que pueden funcionar para reducir la magnitud de las tendencias que se ven aquí. En un esfuerzo por limitar el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático —177 de 189— de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) citan la agricultura y el uso del suelo como una fuente clave de potencial de adaptación y/o mitigación [4]. Como se indica en la NDC de Bolivia, frente al cambio climático, el país busca erradicar la pobreza extrema en la próxima década y lograr una tasa de crecimiento anual del PIB del 5,4% para el año 2030. Esto implicará necesariamente mejoras de productividad



de los pequeños productores, que actualmente representan el 57% del total de tierras agrícolas [2]. Estos objetivos se verán desafiados por los cambios de rendimiento y aptitud de los cultivos que se destacan aquí. Con los posibles cambios en la aptitud de los cultivos, los compromisos de Bolivia con los sistemas de control, monitoreo y seguimiento para el manejo forestal también serán especialmente importantes. Mientras tanto, el uso de cultivos locales bien adaptados a la sequía y el calor será de especial relevancia, en particular para el frijol, maíz y trigo secos. Dados los impactos universalmente negativos en la producción de secano y una baja tasa de infraestructura de riego en el país (combinado con una masa glacial reducida), expandir la capacidad de riego será fundamental en Bolivia. Otras estrategias de adaptación identificadas en la Primera y Segunda Comunicación Nacional de Bolivia a la CMNUCC incluyen: gestión mejorada del suelo y el agua,

integración más profunda del conocimiento indígena, expansión de los bancos de germoplasma, investigación agrícola, mejora en las variedades de pastos y ganado e incluso migración. Bolivia, y otros países de América Latina, pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola mediante la adopción de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) adicionales que aumentan la productividad mientras que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Esto puede incluir la expansión de prácticas agrícolas de labranza cero, manejo de nutrientes de precisión (fertilizantes), cultivos intercalados y rotaciones de cultivos más avanzadas. En general, la diversificación de cultivos debería aumentar en América Latina y los sistemas integrados de cultivos, ganado y agroforestería deberían ser más comunes.

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que las temperaturas máximas aumentarán entre 1°C y 4°C para el año 2050, con un calentamiento más pronunciado en el territorio del noroeste</li> <li>• Cambios en los patrones y cantidades de precipitación: tendencia a la sequía para las áreas central y norte, aumento de las precipitaciones durante la temporada de crecimiento en el altiplano, y es probable que aumente la precipitación (tanto en magnitud como en frecuencia) en las áreas húmedas.</li> <li>• Un aumento de la radiación solar acompañado de temperaturas más altas</li> </ul>	<p>Las medidas de adaptación son clave y podrían aumentar la productividad mientras mitigan el cambio climático. Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas (es decir, diversificación de cultivos, CSA, uso de variedades mejoradas, siembra directa, cultivos intercalados, manejo de nutrientes de precisión e integración del conocimiento indígena).</li> <li>• Manejo de bosques, suelos y agua.</li> <li>• Incrementar la eficiencia en el uso del agua (es decir, expansión y/o rehabilitación de sistemas de riego).</li> <li>• Investigación agrícola.</li> </ul>
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es probable que los frijoles, arroz, trigo, maíz y soja de secano experimenten una disminución en rendimiento</li> <li>• Las pérdidas de rendimiento de la soja y el maíz en Santa Cruz pueden ser especialmente severas para la economía de exportación de Bolivia.</li> <li>• Cambios adversos en la aptitud para la producción de cultivos, particularmente café arábica y banano.</li> </ul>	

Bolivia es conocida por su inmensa diversidad tanto en personas como en geografía. La seguridad alimentaria está íntimamente ligada al bienestar social de la nación, y la agricultura asume un papel fundamental en la cultura andina y es el motor de la economía rural y nacional. El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los cultivos orientados a la exportación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado, y una gestión y planificación responsable del suelo. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en la parte tropical de América Latina y en sus propios llanos orientales, Bolivia dependerá cada vez más del comercio con las zonas más templadas del mundo, incluyendo el Cono Sur, para garantizar la seguridad alimentaria interna. La estabilidad política y del mercado financiero será clave para garantizar que se aprovechen estas oportunidades potenciales. Los mensajes clave para las intervenciones de política y el camino a seguir para las medidas de adaptación se resumen en la Tabla 2.

## Referencias

- [1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. Disponible en: <http://data.worldbank.org/indicator>
- [2] Ministerio de Planificación de Desarrollo, Viceministerio de Inversión Pública y Financiación Externa. 2010. Tercera Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. <http://bit.ly/2T7CZ0T>
- [3] BID y CEPAL. 2014. La Economía del Cambio Climático en el Estado Plurinacional de Bolivia 2014. <https://publications.iadb.org/handle/11319/6817>
- [4] CCAFS. 2015. Info Note: Agriculture's prominence in the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/62364/retrieve>; Información detallada del país sobre la agricultura en las INDC, disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/IQ568/73255>



## VI. Colombia

### 1. Contexto

El sector agrícola juega un papel importante, aunque en declive, en Colombia, representando el 6,5% del PIB y el 4,9% de las exportaciones. Los empleos en la agricultura representan el 16,1% de todo el empleo en el país, 2,5 puntos porcentuales (pp) menos que hace 8 años [1]. Aparte de su famoso café arábica, algunos de los cultivos más importantes de Colombia en términos de superficie incluyen aceite de palma, plátano, arroz, maíz, caña de azúcar, banano, cacao, frijoles y yuca [2]. Existe una amplia gama de condiciones climáticas en el variado terreno de Colombia, desde el desierto árido en el noreste, hasta los páramos de las tierras altas de los Andes, las llanuras de las tierras bajas y los bosques tropicales húmedos en las regiones costeras y orientales, dando lugar a la reconocida biodiversidad de Colombia a nivel mundial [3]. Los patrones de precipitación de Colombia están muy influenciados por la oscilación del sur de El Niño. El aumento de las temperaturas y las precipitaciones extremas cada vez más erráticas asociadas con los ciclos de El Niño/La Niña pueden provocar un aumento en las sequías, la erosión del suelo, las inundaciones, los deslizamientos de tierra y los brotes de plagas/enfermedades en las zonas montañosas y costeras donde vive la mayoría de la población y en las granjas [4]. Los impactos del cambio climático en el rendimiento y la aptitud de los cultivos —y los impactos resultantes en el comercio regional— tienen consecuencias severas tanto

para los agricultores como para los formuladores de políticas públicas. Las fuertes lluvias debidas al evento de La Niña de 2010/2011 provocaron daños estimados en \$6.000 millones de dólares a cultivos e infraestructura, así como millones de desplazamientos y cientos de muertes [4].

### 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de América Latina y el Caribe (ALC). En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

Se proyecta que las precipitaciones para el año 2050 aumentarán en la mayor parte del país durante diciembre-mayo, mientras que disminuirán durante junio-noviembre. Las disminuciones son más pronunciadas en las llanuras orientales y en el desierto de La Guajira en el norte. Entretanto, se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán en todo el país, especialmente de junio a noviembre. Estos aumentos son más pronunciados en el oeste y el norte —incluyendo áreas importantes para la producción de banano y palma— así como en el extremo oriental del país (Figura 1).

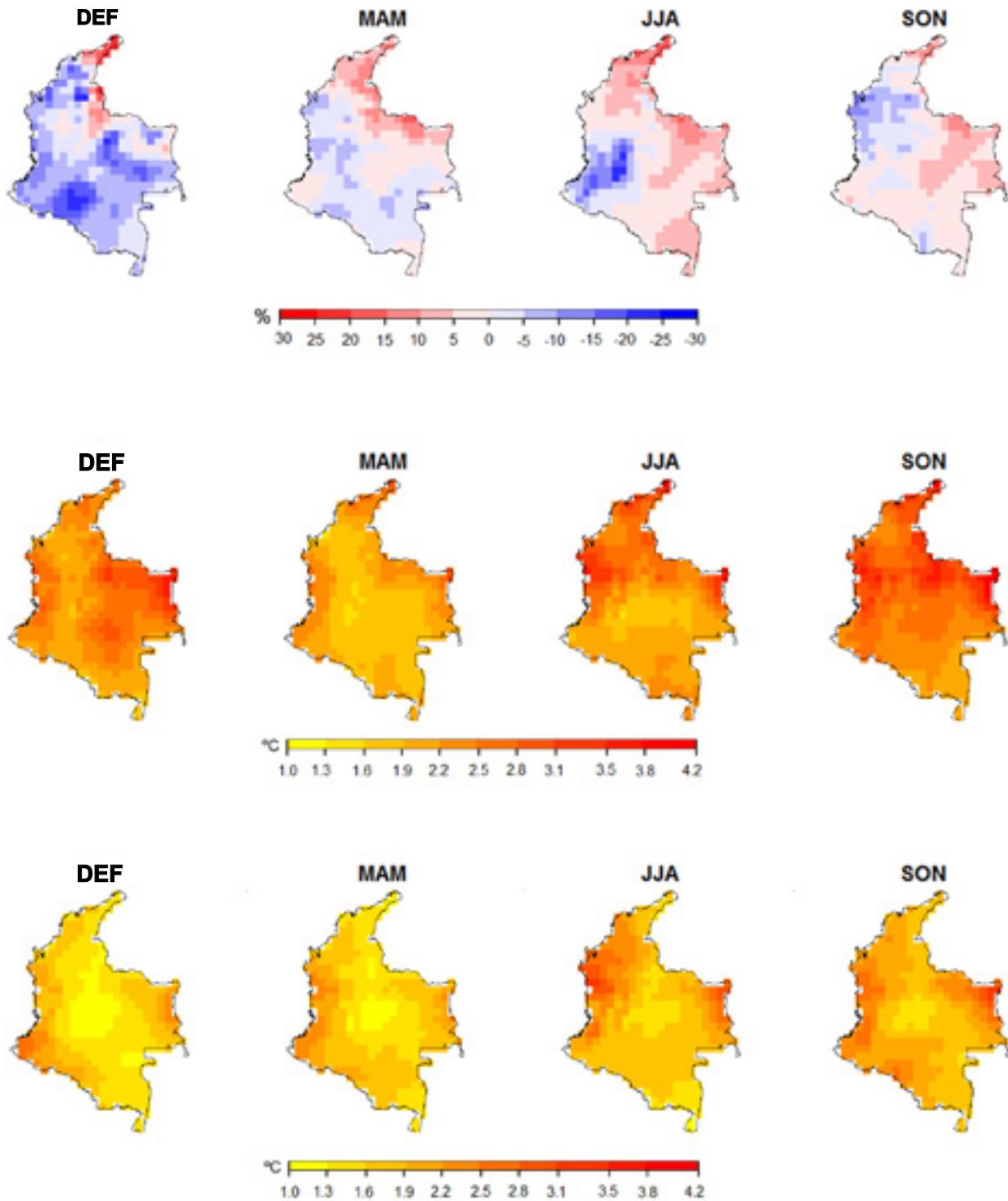


Figura 1: Impactos climáticos promediados en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz, frijol y soja para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

Los modelos de impacto en el rendimiento sugieren que, en el año 2050, en promedio, el cambio climático podría generar una disminución sustancial en los rendimientos de maíz bajo riego y

de secano, en un 33,2% y un 12,8%, respectivamente, especialmente en el norte. Por otro lado, se proyectan aumentos significativos en rendimiento para el arroz y soja de secano, en un 12,1% y 23,7%, respectivamente (Figura 2). Se proyecta que el rendimiento del frijol de secano aumentará en la mayor parte de la región andina, aunque estos aumentos se compensan con fuertes declives en el norte. La producción residual de trigo de secano de Colombia enfrentará pérdidas de rendimiento en el suroeste, aunque se proyectan ganancias y pérdidas mixtas en las regiones centrales (Figura 3). Las pérdidas de rendimiento generalmente corresponden a las áreas en la Figura 1 donde se proyecta que el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones serán más severos.

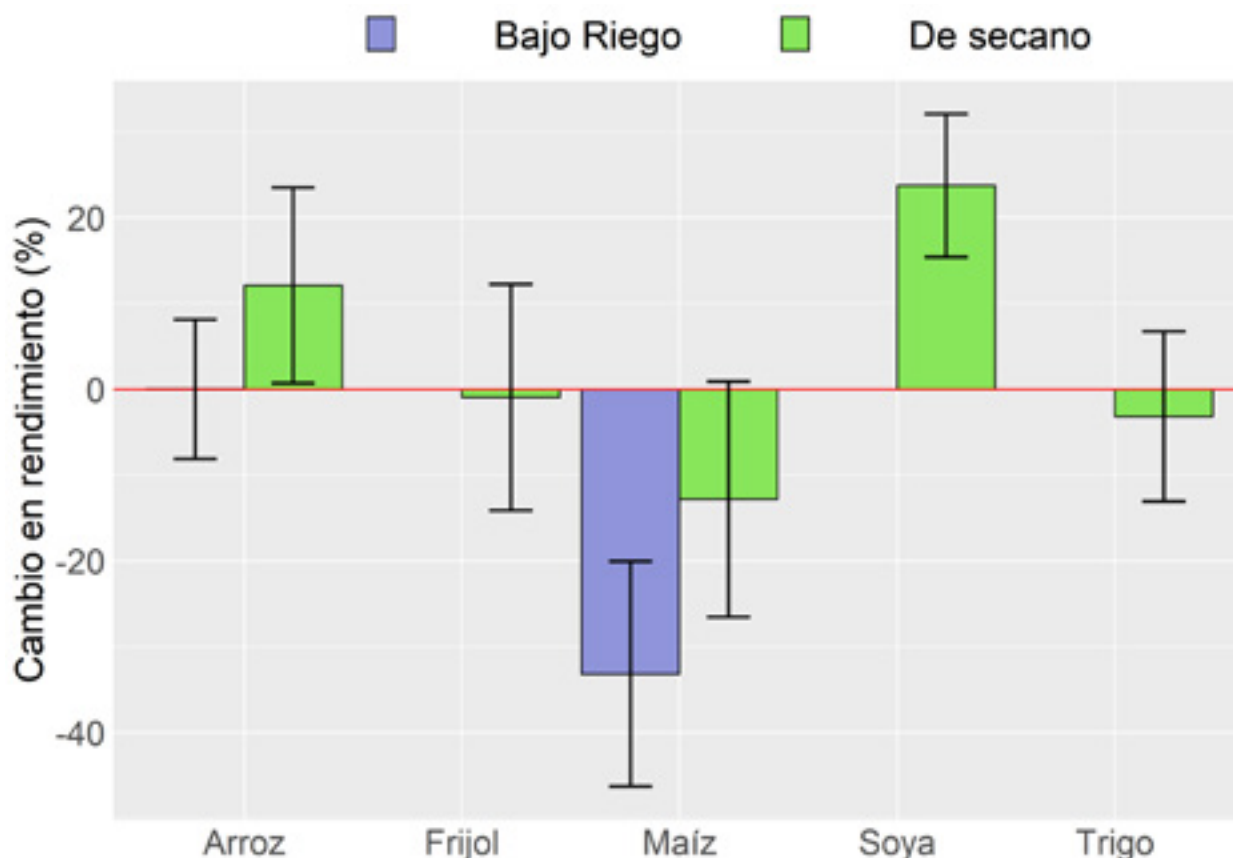


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



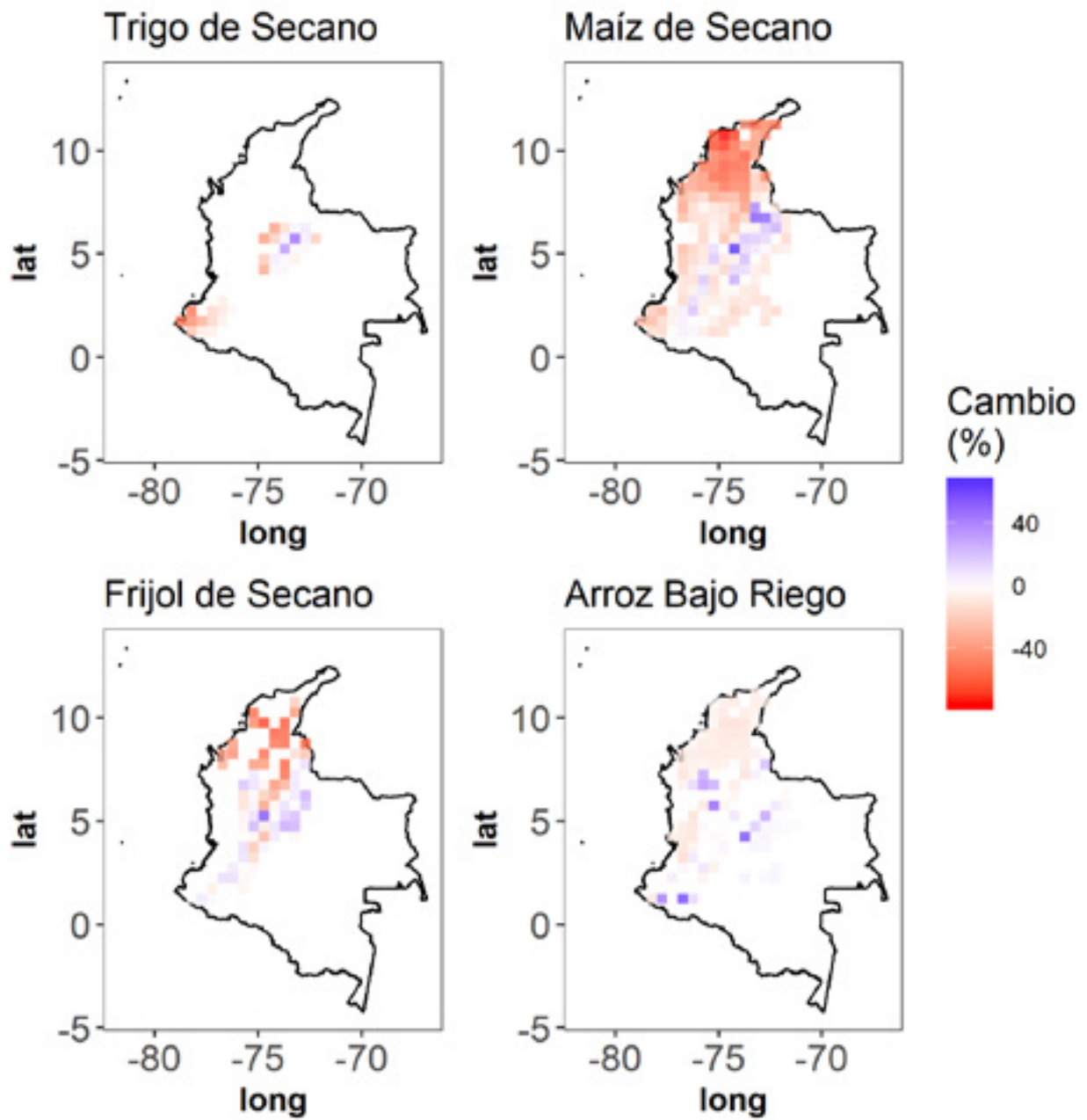


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, ñame, yuca, papa y caña de azúcar utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

El modelo de aptitud sugiere que el área apta promedio para el cultivo de banano, papa y trigo puede disminuir sustancialmente, en un 55,1%, 20,8%, 21,3%, respectivamente (Figura 4). La pérdida de aptitud proyectada para la caña de azúcar en partes del Valle del Cauca se compensa con las ganancias de aptitud en el noreste. La yuca y el ñame denotan una resiliencia considerable, y se proyecta que la aptitud se mantendrá estable o aumentará en la mayor parte del país (Figura 5). Actualmente, el ñame no se produce en Colombia en cantidades significativas, sin embargo, estos resultados sugieren que podría

desempeñar un papel importante como fuente alternativa de carbohidratos y nutrientes, ya que el maíz y el arroz sucumben ante la pérdida de rendimiento.

En promedio, se prevé que las áreas aptas para el cultivo de café arábica y robusta disminuirán en un 12,6% y un 21,8%, respectivamente. Sin embargo, estos promedios nacionales esconden importantes variaciones subregionales. Las fuertes pérdidas de aptitud proyectadas para el café arábica en las áreas donde se cultiva tradicionalmente se compensan con ganancias sustanciales en elevaciones más altas de la región andina, así como ganancias moderadas en las zonas más bajas del norte y suroeste (Figura 6).

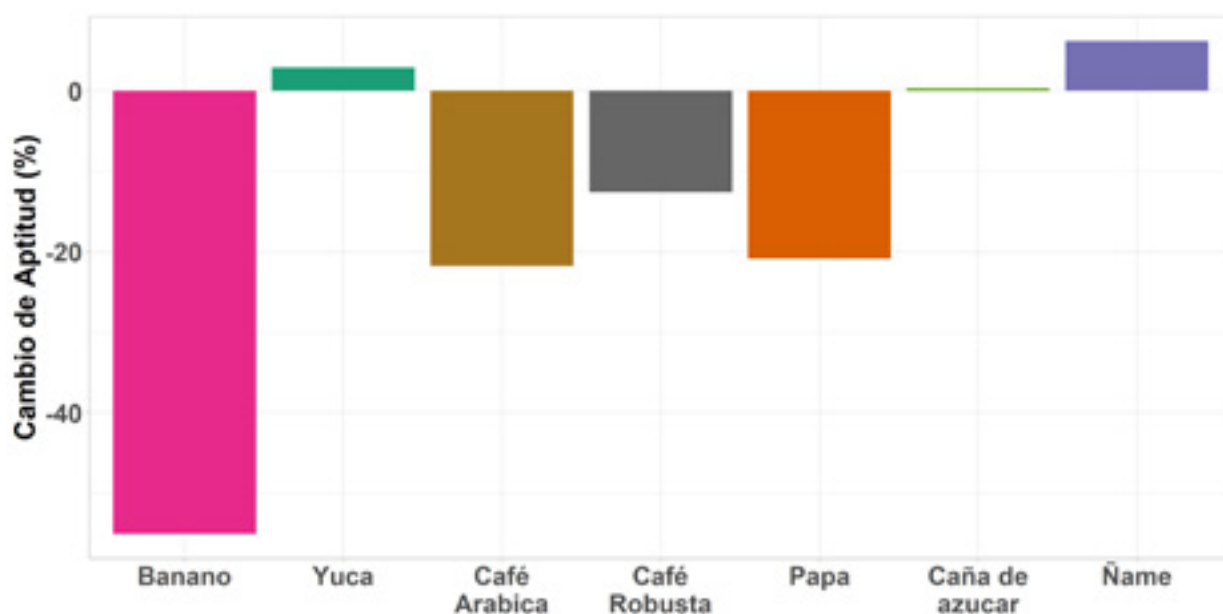


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050).

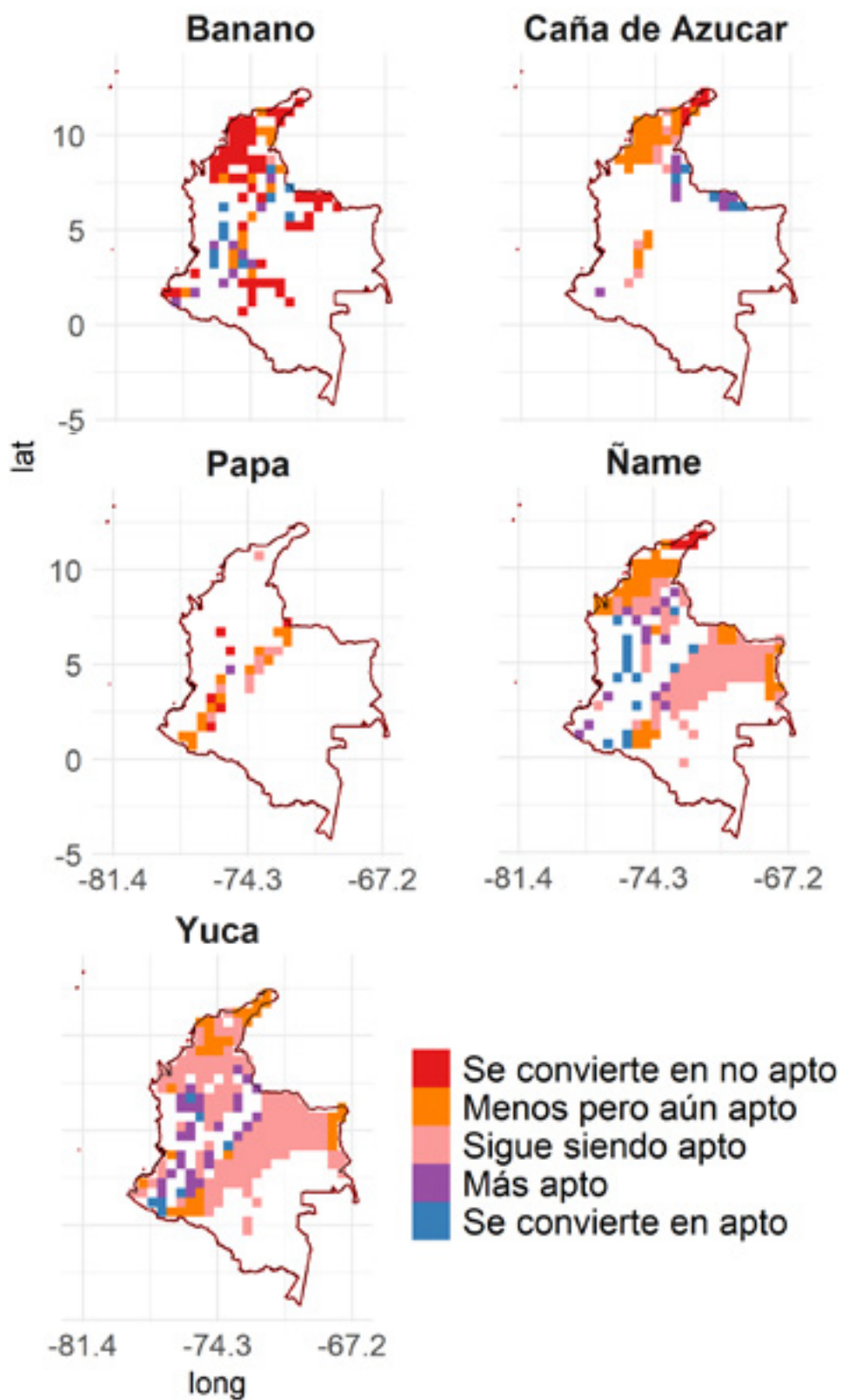
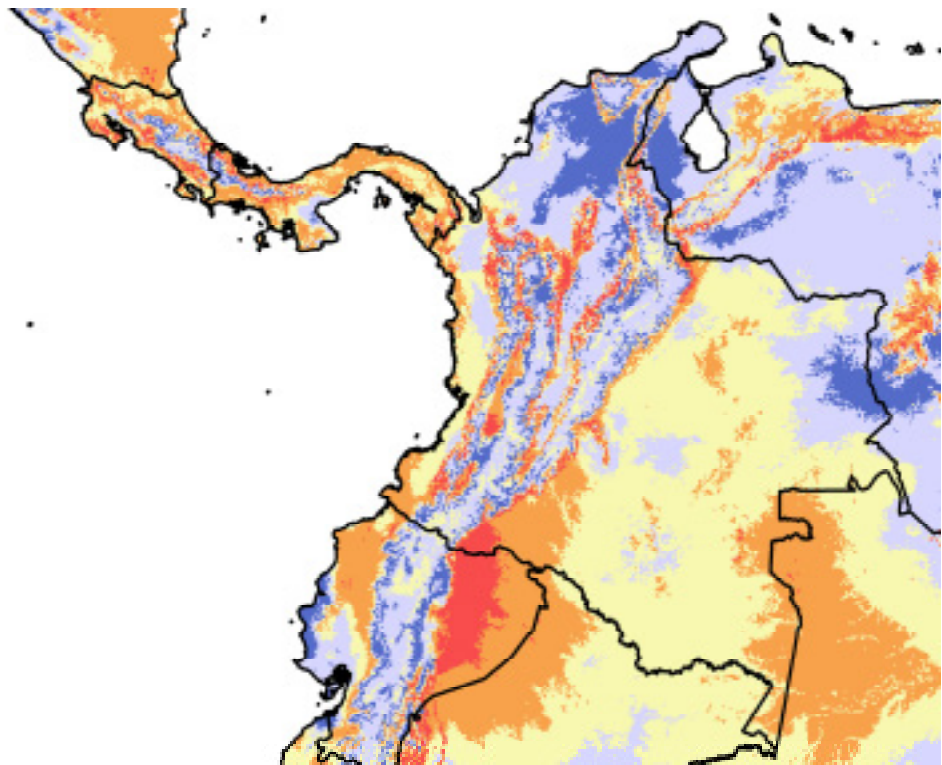


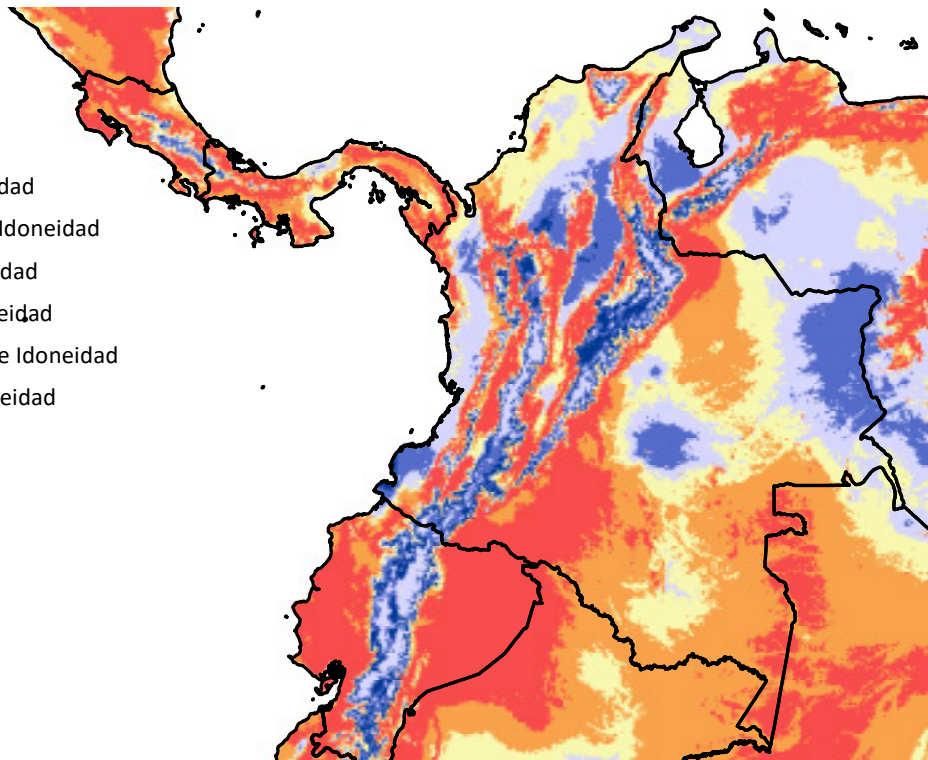
Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

### Café Robusta Colombia



### Café Arabica Colombia

- Alta Pérdida de Idoneidad
- Moderada Pérdida de Idoneidad
- Baja Pérdida de Idoneidad
- Alto Aumento de Idoneidad
- Moderado Aumento de Idoneidad
- Bajo Aumento de Idoneidad



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89.

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café arábica para 2050.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

Se proyecta que la producción agrícola aumentará para el año 2050 tanto bajo un escenario con cambio climático (CC) como bajo uno sin cambio climático (No-CC) para los frijoles y la soja, lo que refleja la resiliencia biofísica de estos cultivos observada en la sección de modelos de rendimiento anterior.

También se proyecta un gran porcentaje de aumento en la producción de trigo, aunque esto puede deberse en gran parte a las pequeñas cantidades de este cultivo que se cultivan actualmente en el país (Figura 7). Por otro lado, se proyecta que la producción de maíz caerá abruptamente debido al cambio climático —alrededor de 40 puntos porcentuales por debajo del punto de referencia No-CC— lo que refleja la vulnerabilidad biofísica observada en la sección de modelos de rendimiento. Se proyecta que la producción de arroz caerá tanto en escenarios CC como No-CC, pero considerablemente menos con cambio climático, lo que sugiere que la resiliencia biofísica observada en la sección de modelos de rendimiento anterior puede dar como resultado una ventaja comparativa en este cultivo. En la Figura 7 también es evidente que se proyecta que la demanda superará a la producción, cuyo resultado se refleja en la Figura 8, donde se proyecta que las balanzas comerciales negativas de arroz, soja, trigo y especialmente maíz, crecerán para el año 2050 tanto en un escenario CC como en uno No-CC. Cabe resaltar que la trayectoria del déficit comercial del maíz se ve agravada por el cambio climático, mientras que la trayectoria del déficit comercial del arroz se ve compensada de alguna manera por el cambio climático. Se proyecta poco o nada de comercio de frijoles, lo que significa que el aumento de la producción se consumirá a nivel nacional.

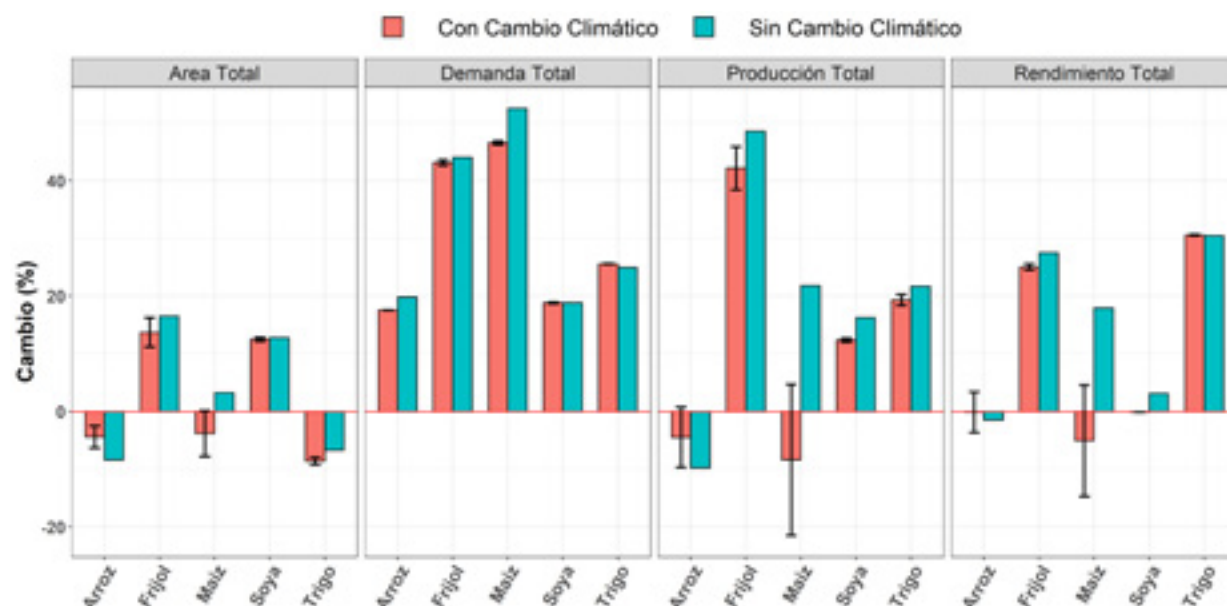


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



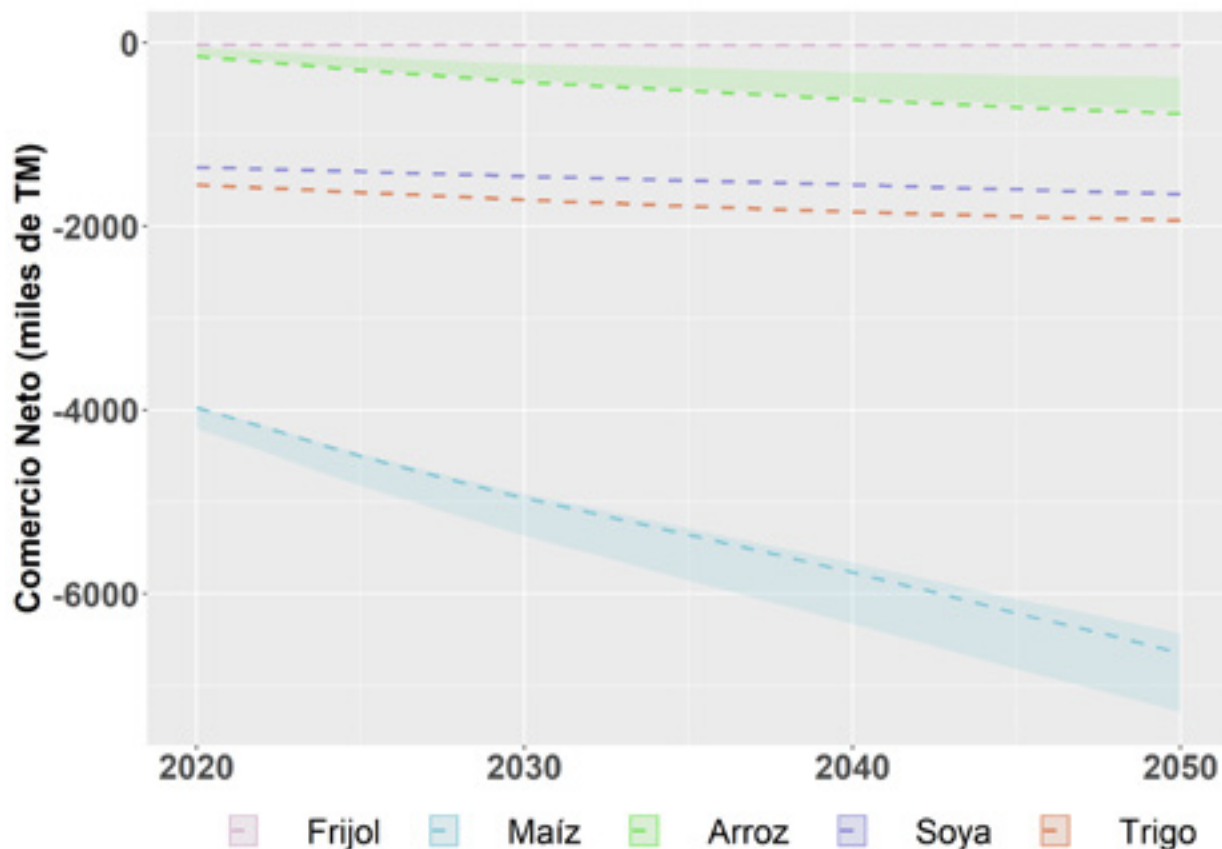


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Colombia al Acuerdo de París de 2015 incluye metas integradas de adaptación agrícola que pueden funcionar para reducir la magnitud de las tendencias que se ven aquí. Colombia ha dado pasos importantes en la creación de un marco de política nacional de mitigación del cambio climático. En 2009, Colombia se convirtió en el quinto país de América Latina y el duodécimo del mundo en implementar proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto. La Agenda Ambiental entre Agencias, administrada en conjunto por el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Vivienda,

Ciudad y Territorio y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, se ha establecido para orientar las intervenciones de mitigación agrícola. Los esfuerzos se han centrado en la investigación de pestes y plagas emergentes [5]. Colombia y otros países de América Latina pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola adoptando prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Algunas medidas de adaptación específicas se presentan en la (Tabla 2).

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2. Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán sustancialmente, especialmente en el norte.</li> <li>• Se proyecta que las precipitaciones aumentarán en el oeste, aunque disminuirán en el norte y el este.</li> </ul>	<p>Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento de la capacidad de investigación, transferencia de tecnología y servicios de extensión pública orientados a la pequeña agricultura, especialmente en las áreas más vulnerables como las regiones costeras y de alta elevación, así como las cuencas hidrográficas.</li> <li>• Fortalecimiento de los servicios de información agroclimática e inteligencia de mercado, especialmente en áreas de mayor vulnerabilidad.</li> <li>• Fortalecimiento del monitoreo y evaluación sobre el avance de las metas de mitigación/adaptación.</li> <li>• Evaluación de la yuca y el ñame como alternativas resilientes al cambio climático a las fuentes de carbohidratos de cereales.</li> </ul>
Agricultura	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que la aptitud para el banano disminuirá drásticamente en todo el país.</li> <li>• Se proyecta que la aptitud para el café arábica disminuirá sustancialmente en las áreas donde se cultiva actualmente, aunque las regiones de mayor elevación y algunas zonas más bajas podrían volverse aptas.</li> <li>• Se proyecta que el Valle del Cauca se volverá en gran parte no apto para el cultivo de caña de azúcar en 2050, aunque partes del noreste podrían volverse aptas.</li> <li>• Los modelos de rendimiento indican una vulnerabilidad biofísica considerable para el maíz; y esto puede verse agravado por el comercio internacional.</li> <li>• Por otro lado, el modelo de rendimiento indica una relativa resiliencia biofísica para la soja y el arroz.</li> <li>• Se proyecta que el potencial de rendimiento del frijol de secano disminuirá en el norte, aunque aumentará en las regiones montañosas.</li> <li>• Se proyecta que el rendimiento de la papa de secano disminuirá, mientras que los rendimientos de yuca y ñame de secano denotarán resiliencia para el año 2050.</li> </ul>	

## Referencias:

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. <http://data.worldbank.org/indicador>

[2] FAOSTAT. Consultado en abril de 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.

[3] Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. 2018. Bogotá, Colombia. <https://sibcolombia.net/actualidad/biodiversidad-en-cifras/>

[4] USAID. 2017. Climate Risk Profile: Colombia. Washington, D.C., EE.UU. <https://www.climatelinks.org/resources/climate-risk-profile-colombia>.

[5] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2017. Tercera Comunicación Nacional, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. <http://bit.ly/2ZWfF7n>



## VII. Costa Rica

### 1. Contexto

La agricultura juega un papel importante, aunque en declive, en Costa Rica. El sector representa el 5,2% del PIB, 4,1 puntos porcentuales (pp) menos que el 9,3% en 2000. Los productos agrícolas representaron el 27,4% de todas las exportaciones en 2015, 2,6 puntos porcentuales más que en 2006. Los empleos en la agricultura representan el 12% de todo el empleo en el país, 2,1 pp menos que hace 8 años [1]. Aunque Costa Rica exporta muchos productos agrícolas diferentes, las frutas tropicales, el banano y el café representan más del 50% del valor de las exportaciones agrícolas [2]. Costa Rica es el mayor proveedor de yuca seca hacia Estados Unidos [3]. Aproximadamente el 6,7% de la tierra se cultiva de forma permanente, mientras que el 25,5% se utiliza como pasto; y el 51,5% consiste en los bosques que albergan la famosa biodiversidad de Costa Rica [4]. El gobierno proporciona una sólida red de seguridad social en comparación con otras naciones centroamericanas, y la seguridad alimentaria es una prioridad nacional consagrada en la constitución costarricense. Durante las dos últimas décadas, el acceso a los alimentos ha aumentado constantemente y la desnutrición se ha mantenido estable [5]. Sin embargo, tales ganancias se ven cada vez más amenazadas por el cambio climático y la mayor variabilidad climática. Los patrones de precipitación están muy

acoplados con la oscilación del sur de El Niño, que ha intensificado gradualmente el ciclo hidrológico durante los últimos 40 años, lo que ha provocado un aumento de la sequía a lo largo de la vertiente del Pacífico y un aumento de las inundaciones a lo largo de la vertiente del Caribe central [6]. Esto ha ejercido una presión considerable sobre los rendimientos de cultivos básicos como maíz, arroz, frijoles y tomates, entre otros.

Costa Rica también es vulnerable a una mayor incidencia de eventos climáticos extremos derivados del cambio climático, como el huracán Otto, que costó 10 vidas y \$200 millones de dólares en daños en 2016.

### 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de América Latina y el Caribe (ALC). En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC para el año 2050, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

Los modelos climáticos para Costa Rica sugieren un aumento considerable de las temperaturas máximas y mínimas en todo el país, pero espe-

cialmente en la región noroeste de importancia crítica donde se lleva a cabo la mayor parte de la producción agrícola. Se proyecta que las precipitaciones de diciembre a febrero aumentarán sustancialmente a lo largo de la vertiente del Pacífico y la cordillera central, aunque disminuirán levemente a lo largo de la vertiente del Caribe norte. Durante marzo-mayo, este patrón

se invierte, con precipitaciones disminuyendo a lo largo de la vertiente del Pacífico y aumentando a lo largo de la vertiente norte del Caribe. En la mayor parte del país, se proyecta que las precipitaciones disminuirán durante junio-agosto y aumentarán levemente durante septiembre-noviembre (Figura 1).

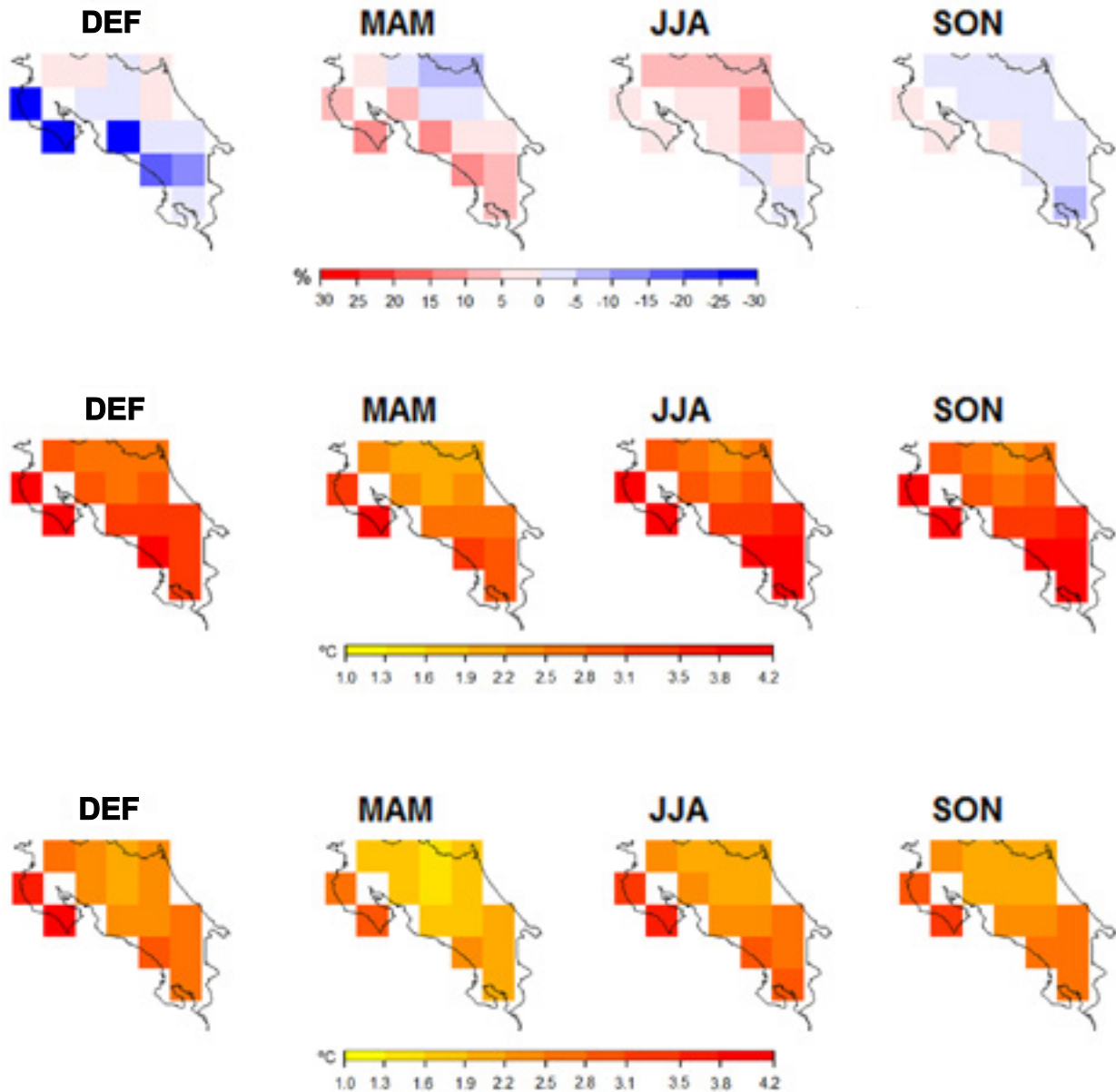


Figura 1: Impactos climáticos promediados en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz y frijoles para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

El modelo de impacto en el rendimiento sugiere que, en el año 2050, en promedio, el cambio climático podría generar disminuciones sustanciales para el frijol de secano, el maíz bajo riego y de secano y el arroz bajo riego en un 31,6%, 31,5%, 30,4% y 19,9%, respectivamente (Figura 2). Los mapas de impacto en la Figura 3 indican que estas disminuciones proyectadas generalmente corresponden a las áreas en la Figura 1 donde los aumentos de temperatura para el año 2050 son más severos. Sin embargo, el rendimiento del arroz bajo riego podría en realidad aumentar en una zona de las tierras altas del norte, posiblemente debido a las mayores precipitaciones proyectadas para esa área.

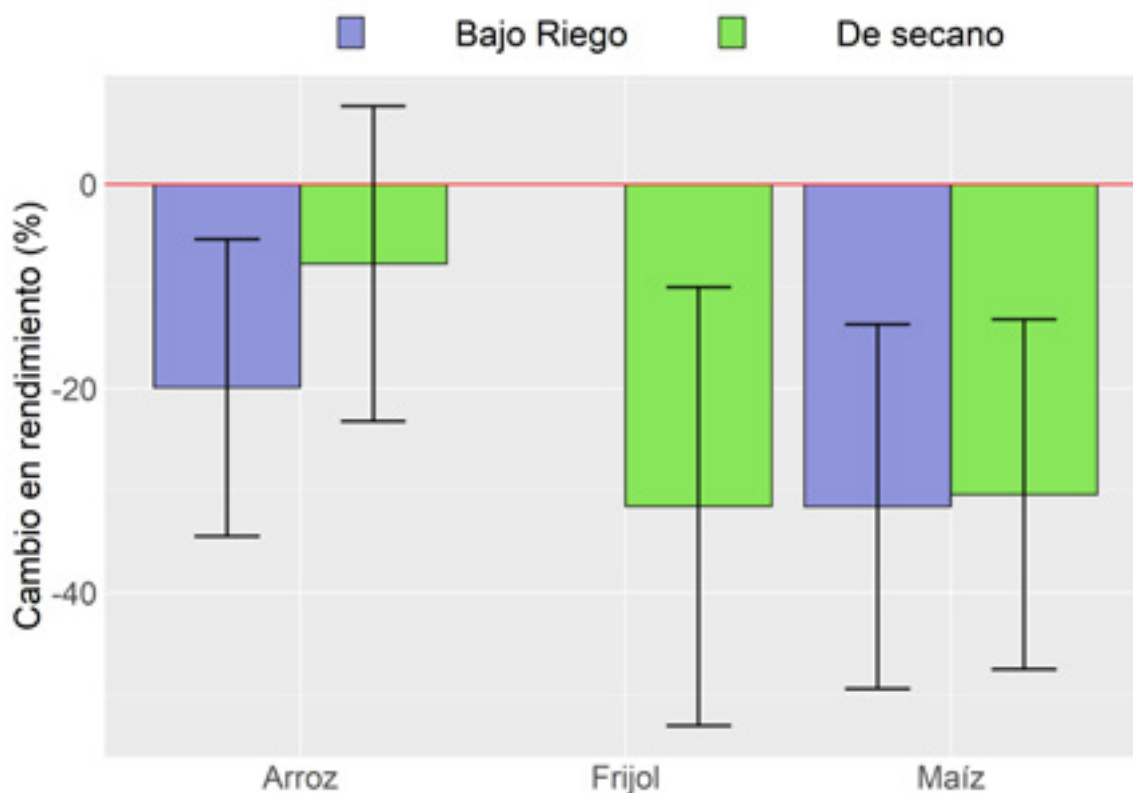


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



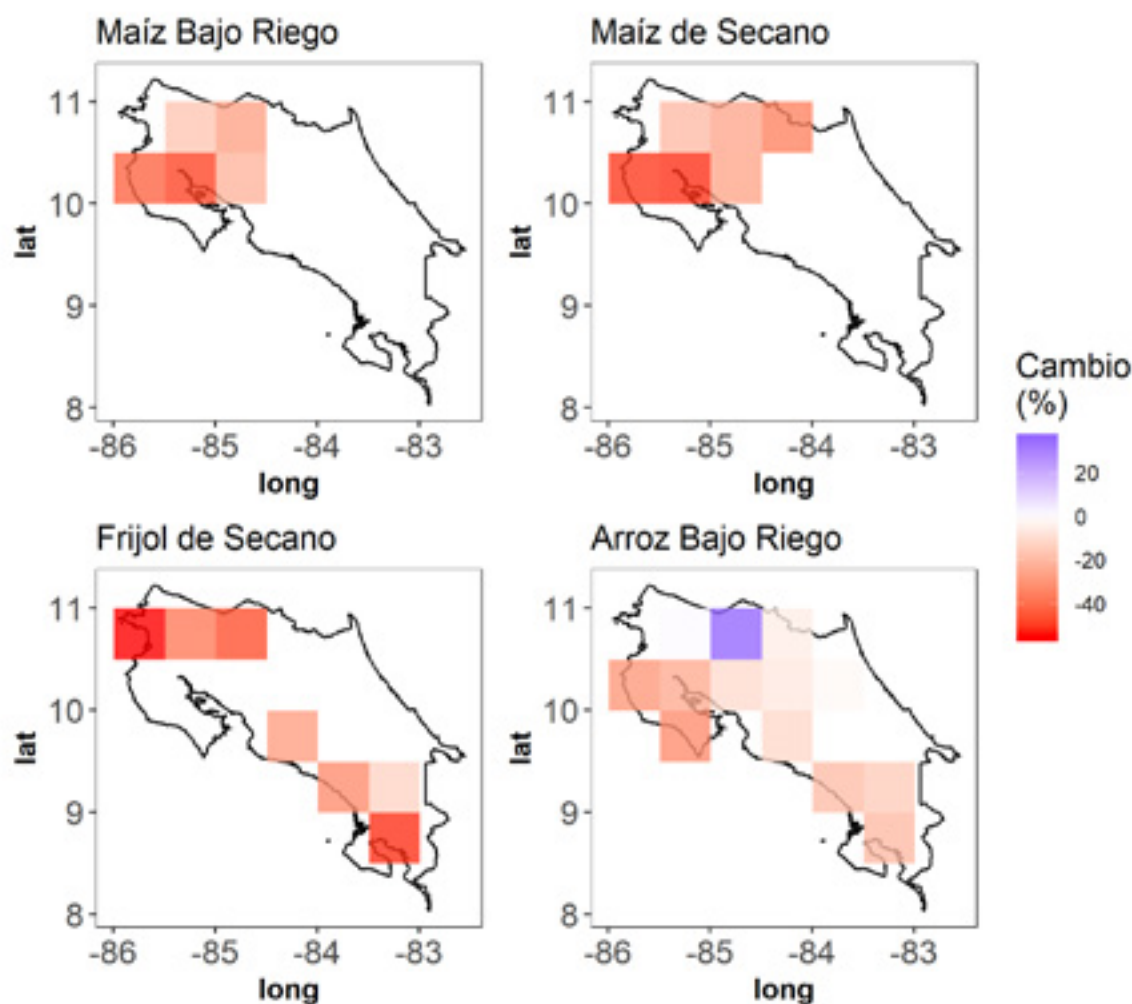


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, ñame y yuca utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo dado.

Los modelos de aptitud sugieren que el área apta promedio para el cultivo de banano podría disminuir sustancialmente —en un 84,7%— mientras que la yuca y el ñame denotan una resiliencia relativa (Figura 4). En los mapas de impacto espacialmente explícitos (Figura 5), vemos que las disminuciones en la aptitud del banano se concentran en el noroeste, donde se proyecta que

el aumento de las temperaturas será severo. Entretanto, gran parte del país seguirá siendo apto para el ñame y la yuca; y la aptitud para estos cultivos puede incluso aumentar en el sur y el este, donde actualmente se cultiva menos.

Se proyecta que la superficie promedio apta para el cultivo de café arábica y robusta disminuirá abruptamente —en un 44,2% y un 25,1%, respectivamente. Sin embargo, el mapa de impacto espacialmente explícito en la Figura 6 muestra una variación importante que se esconde detrás de este promedio nacional. Si bien se proyectan disminuciones severas en la aptitud del arábica en la región noroeste donde se concentra actualmente la producción de café, esto se compensa en un grado considerable por los aumentos proyectados en la aptitud en una gran franja de la zona centro-sur.

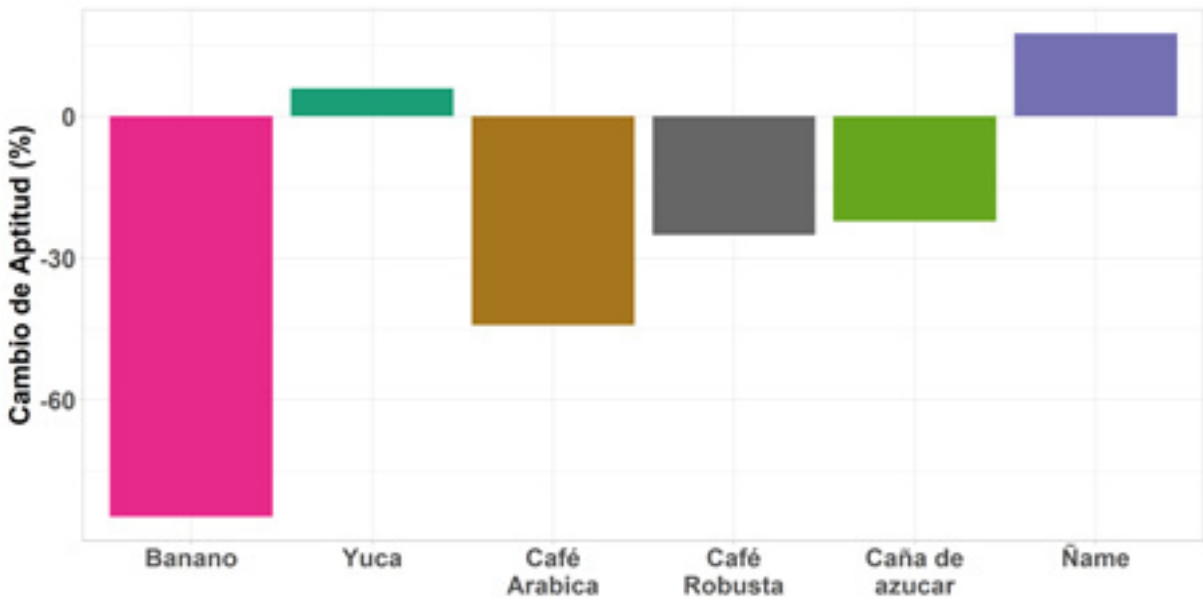


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050), promedio nacional.

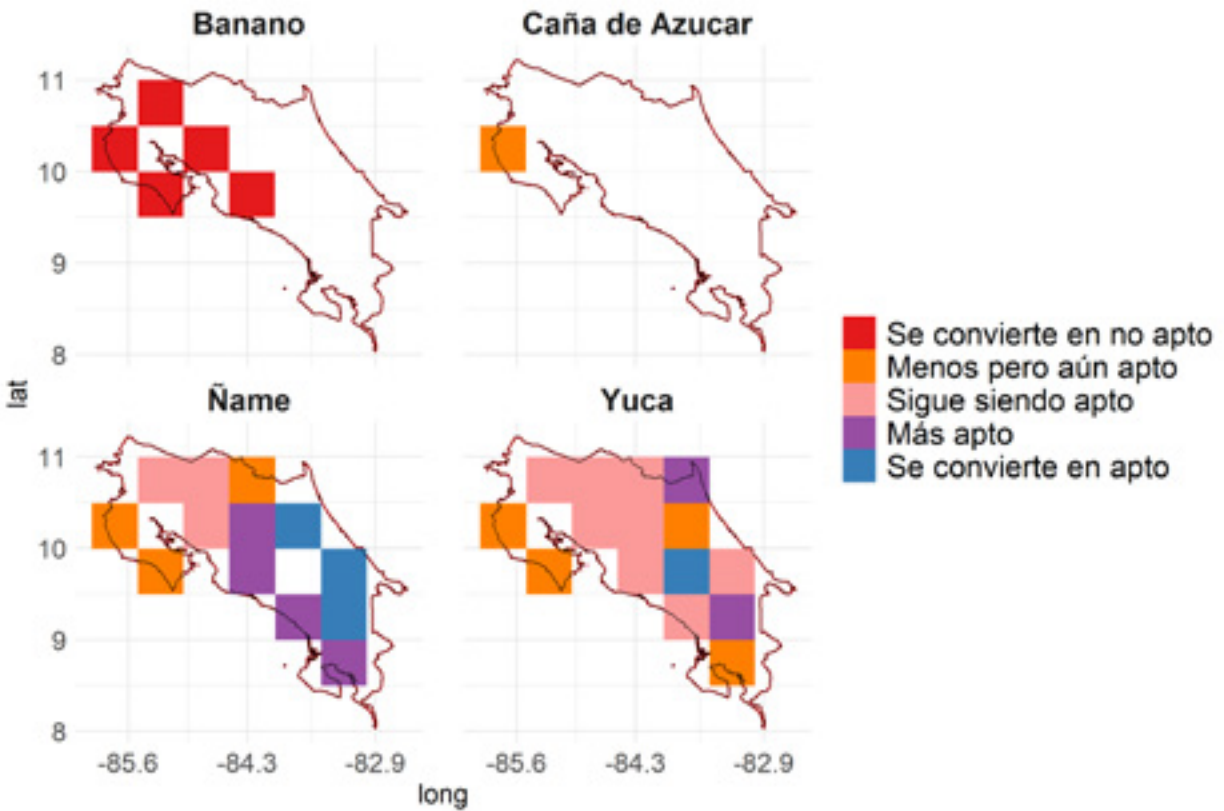
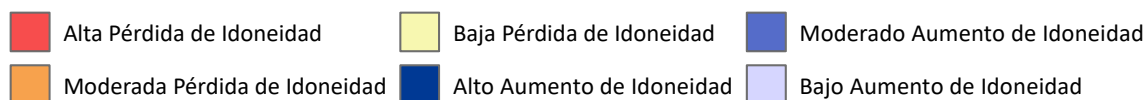
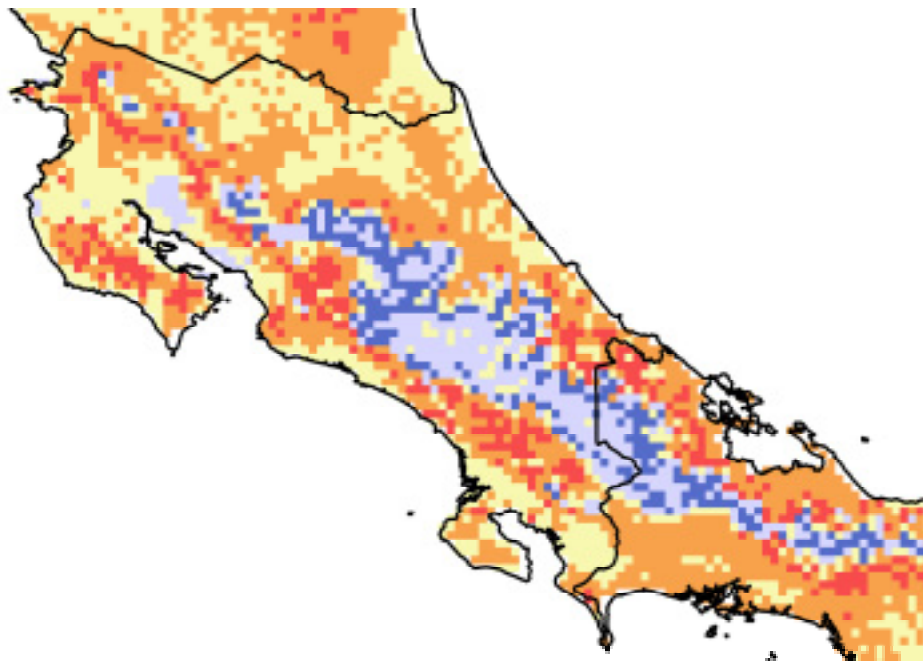
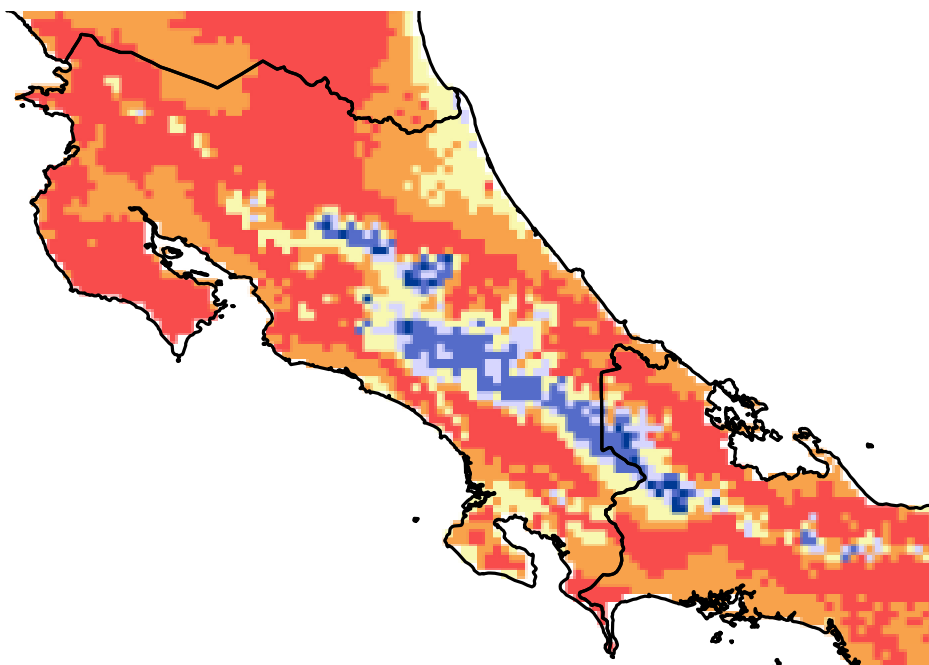


Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

## Café Robusta - Costa Rica



## Café Arabica - Costa Rica



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change(2015) 129: 89.

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café arábica para 2050.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones.

La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

En un escenario No-CC, se proyectan aumentos porcentuales sustanciales para la producción de frijoles y maíz. Bajo un escenario con cambio climático,

la perspectiva de la producción de frijol cae por debajo de su punto de referencia No-CC en solo 5,8 puntos porcentuales (pp), mientras que la perspectiva de la producción de maíz cae considerablemente aún más por debajo de su punto de referencia No-CC —en 34,1 pp (Figura 7). Tanto el maíz como los frijoles denotaron vulnerabilidad biofísica al cambio climático en la sección de modelos de rendimiento anterior. Por lo tanto, los resultados de IMPACT aquí sugieren que la dinámica del comercio internacional evolucionará para el año 2050 de tal manera que compensará en gran medida la vulnerabilidad biofísica de los frijoles y la agravará para el maíz. Los incentivos al comercio internacional también parecen exacerbar la vulnerabilidad biofísica observada para el arroz, con una perspectiva de producción en un escenario de CC que cae 10,7 pp por debajo de su punto de referencia No-CC.

Las perspectivas de producción en la Figura 7 generalmente no alcanzan sus respectivas perspectivas de demanda; y el resultado de esto se puede ver en la Figura 8, donde se proyecta que la balanza comercial negativa actual de frijoles, maíz, arroz, soja y trigo continuará para el año 2050 tanto bajo un escenario de CC como bajo uno No-CC.

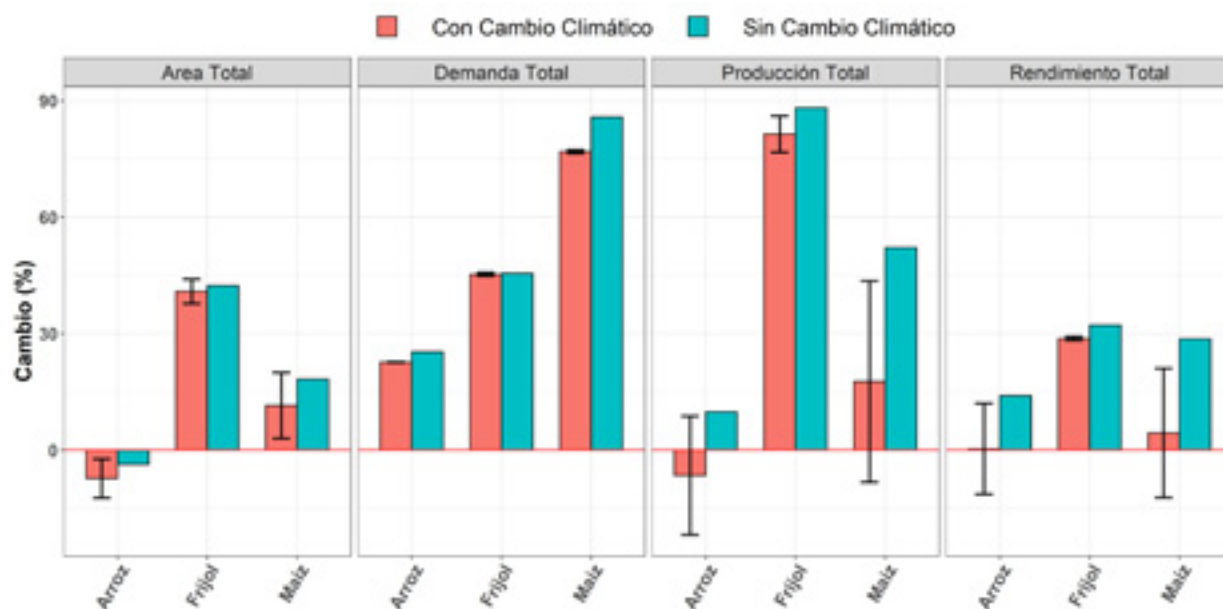


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

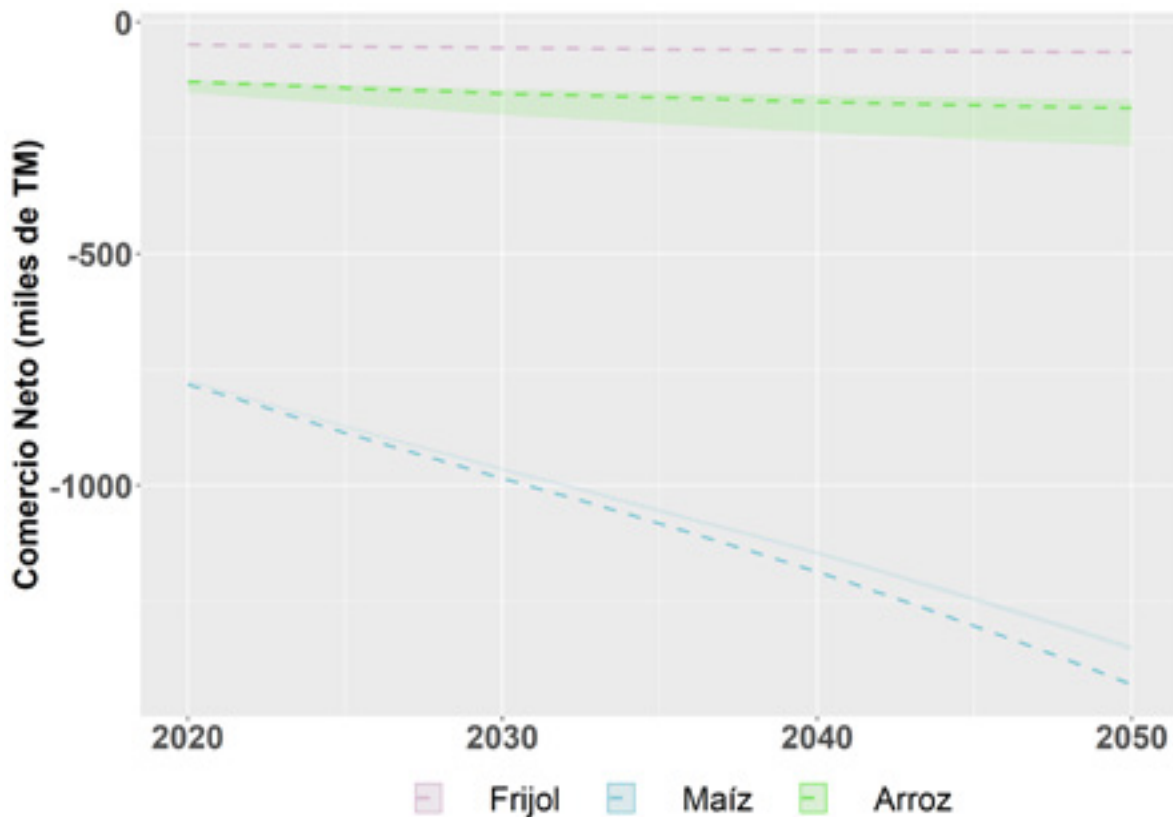


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Costa Rica al Acuerdo de París de 2015 incluye objetivos integrados de adaptación agrícola que pueden funcionar para reducir la magnitud de las tendencias que se ven aquí [7]. En particular, se han logrado avances sustanciales en la creación de un marco de política nacional de mitigación del cambio climático que, en general, ha establecido un alto estándar para el trabajo adicional de mitigación y adaptación en la región. La Estrategia Nacional de Cambio Climático y el Plan de Acción se establecieron para alcanzar el objetivo de convertirse en un país carbono neutral para el año 2021, sentando las bases para un mercado voluntario de carbono, el mecanismo REDD+ y numerosas intervenciones multisectoriales —incluyendo la agricultura [7]. Costa Rica y otros países de

América Latina pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola adoptando prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Algunas medidas de adaptación específicas se presentan en la Tabla 2.



**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2. Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A lo largo de la vertiente del Pacífico, se proyecta que las precipitaciones aumentarán durante diciembre-febrero y disminuirán durante marzo-mayo.</li> <li>• A lo largo de la vertiente del Caribe, se proyecta un leve aumento de las precipitaciones para el norte durante marzo-mayo, con un aumento más sustancial en toda la región durante septiembre-noviembre y una disminución durante junio-agosto.</li> <li>• Se proyectan temperaturas máximas y mínimas más elevadas en todo el país, especialmente a lo largo de la costa del Pacífico.</li> </ul>	<p>Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento de la capacidad de investigación, transferencia de tecnología y servicios de extensión pública orientados a la pequeña agricultura.</li> <li>• Fortalecimiento de los servicios de información agroclimática e inteligencia de mercado, especialmente en áreas de mayor vulnerabilidad.</li> <li>• Promoción de la investigación, liberación y adopción de variedades de cultivos básicos clave tolerantes a inundaciones y sequías.</li> <li>• Evaluación de posibles medidas de adaptación y/o alternativas al maíz, frijol, banano y caña de azúcar, que presentan alta vulnerabilidad al cambio climático.</li> <li>• Evaluación y explotación de las propiedades resilientes al cambio climático del ñame y la yuca.</li> </ul>
Agricultura	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partes del noroeste de importancia agrícola experimentarán los mayores aumentos de temperatura.</li> <li>• Se proyecta una fuerte disminución en las áreas aptas para el cultivo de banano y caña de azúcar en 2050.</li> <li>• También se proyectan fuertes caídas en el área apta para el café, aunque esto puede ser compensado por nuevas áreas de aptitud en elevaciones más altas a lo largo de la cordillera central.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para el cultivo de yuca y ñame aumentarán o se mantendrán estables en 2050, denotando resiliencia frente al cambio climático.</li> <li>• Se proyectan fuertes caídas en el rendimiento de maíz, frijoles y arroz, que podrían afectar la soberanía alimentaria si no se toman medidas de adaptación.</li> <li>• Los incentivos al comercio internacional pueden contrarrestar la vulnerabilidad biofísica de los frijoles y exacerbarla para el maíz y el arroz.</li> </ul>	

## Referencias:

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. <http://data.worldbank.org/indicator>

[2] Massachusetts Institute of Technology. 2018. Observatory of Economic Complexity. <http://bit.ly/2UUTxvt>

[3] FAOSTAT. 2018. Detailed Trade Matrix. <http://www.fao-arg/faostat/en/#data/TM>

[4] CIA Factbook. 2018. <http://bit.ly/2GF37tM>

[5] FAOSTAT. 2018. The Right to Food around the Globe. <http://bit.ly/2DxCncR>

[6] Banco Mundial. 2011. Vulnerability, Risk Reduction, and Adaptation to Climate Change, Costa Rica. <https://bit.ly/2GhhLt8>

[7] Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional. 2014. Tercera Comunicación Nacional, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, <https://unfccc.int/resource/docs/natc/crinc3.pdf>



# VIII. República Dominicana

## 1. Contexto

La agricultura juega un papel importante, aunque en declive, en la República Dominicana. El sector representa el 5,7% del PIB, 1,5 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 7,2% en 2005. Los empleos en la agricultura representan el 12,4% de todo el empleo en el país, 2,5 puntos porcentuales menos que hace 8 años [1]. Si bien representan una parte relativamente pequeña del PIB, los productos agrícolas aportan casi el 40% de todas las exportaciones de la República Dominicana en valor [2]. El cambio climático presenta desafíos importantes tanto para la seguridad alimentaria nacional como para el rendimiento de los cultivos de exportación, así como para el desempeño económico general del sector agrícola en la República Dominicana (RD). Dos impactos especialmente relevantes para el sector agrícola son las inundaciones y el aumento de eventos extremos de tormentas tropicales y otros peligros hidrometeorológicos que producen fuertes vientos y deslizamientos de tierra. Las estimaciones nacionales sugieren que los eventos extremos han causado cerca de \$10.000 millones de dólares en pérdidas económicas en la isla durante las últimas décadas, impactando de manera desproporcionada al sector agrícola [3]. El impacto del cambio climático progresivo a largo plazo en el rendimiento y la aptitud de los cultivos—y los impactos resultantes en el comercio regional—tienen consecuencias severas tanto para los agricultores como para los formuladores de políticas públicas en la RD. Por lo tanto, una mejor comprensión de los impactos del cambio

climático en cultivos específicos ayudará en la toma de decisiones. Para ello, los modelos climáticos, agrícolas y económicos brindan tendencias futuras (promedio para 2020-2050) en cuanto a la producción y el comercio agrícolas en el país, enmarcadas en el contexto regional de ALC.

## 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de ALC. En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

En promedio, se proyecta que la RD se volverá más seca entre marzo y agosto, con reducciones de lluvia de hasta un 20% en el período de junio a agosto (Figura 1). La temporada de lluvias del norte de diciembre a febrero y la temporada de lluvias del sur de marzo a mayo pueden ver ambas un aumento en las precipitaciones. Generalmente, en las áreas más húmedas, es probable que las precipitaciones aumenten tanto en magnitud como en frecuencia. Se proyecta que las temperaturas máximas aumentarán sustancialmente en todo el país—hasta 4°C en las provincias orientales. Se proyecta que las temperaturas mínimas aumentarán en aproximadamente 2°C y los aumentos más altos se producirán nuevamente en el este.

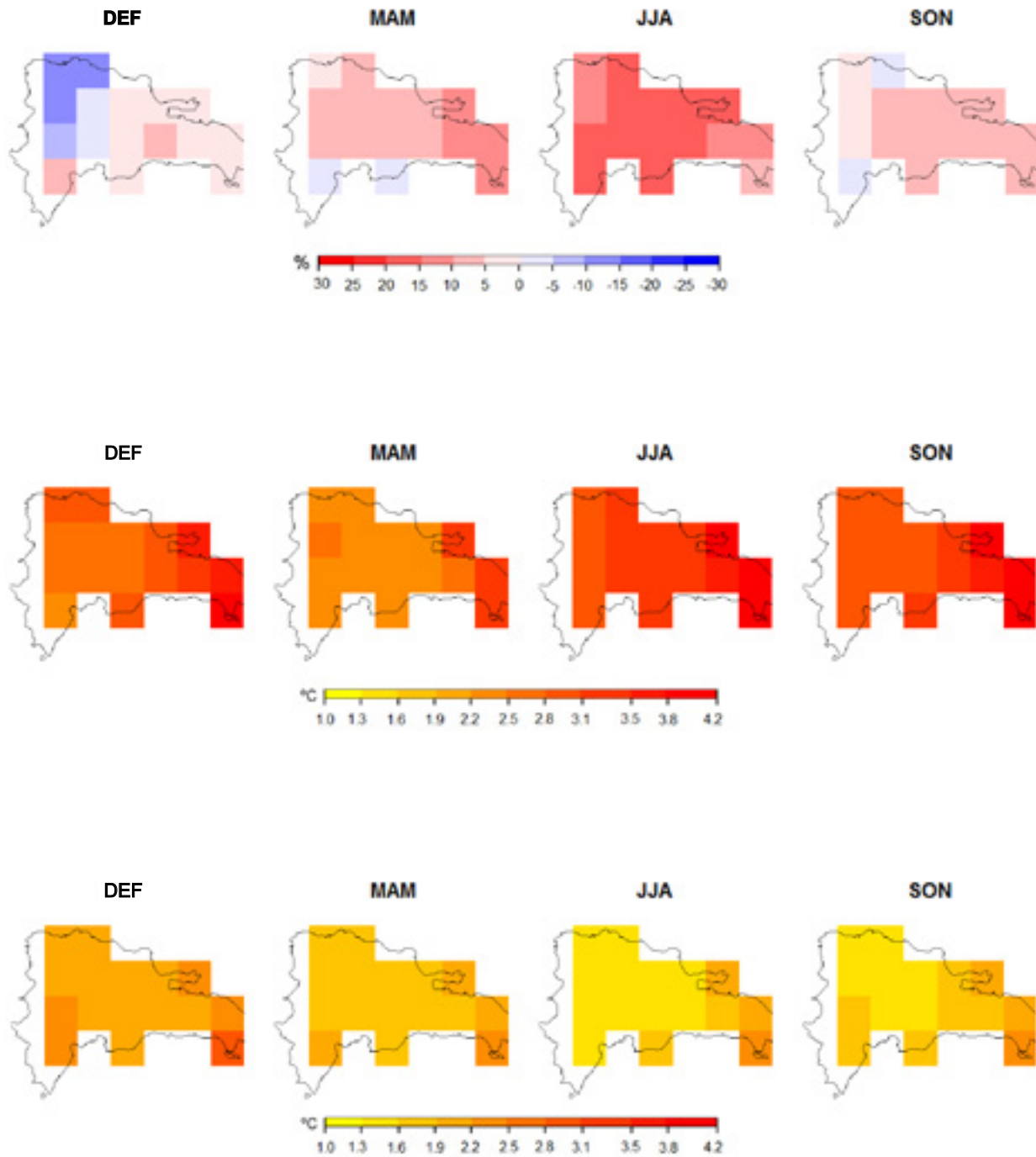


Figura 1: Cambio en precipitación (de arriba a abajo), temperatura máxima y temperatura mínima promediadas en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

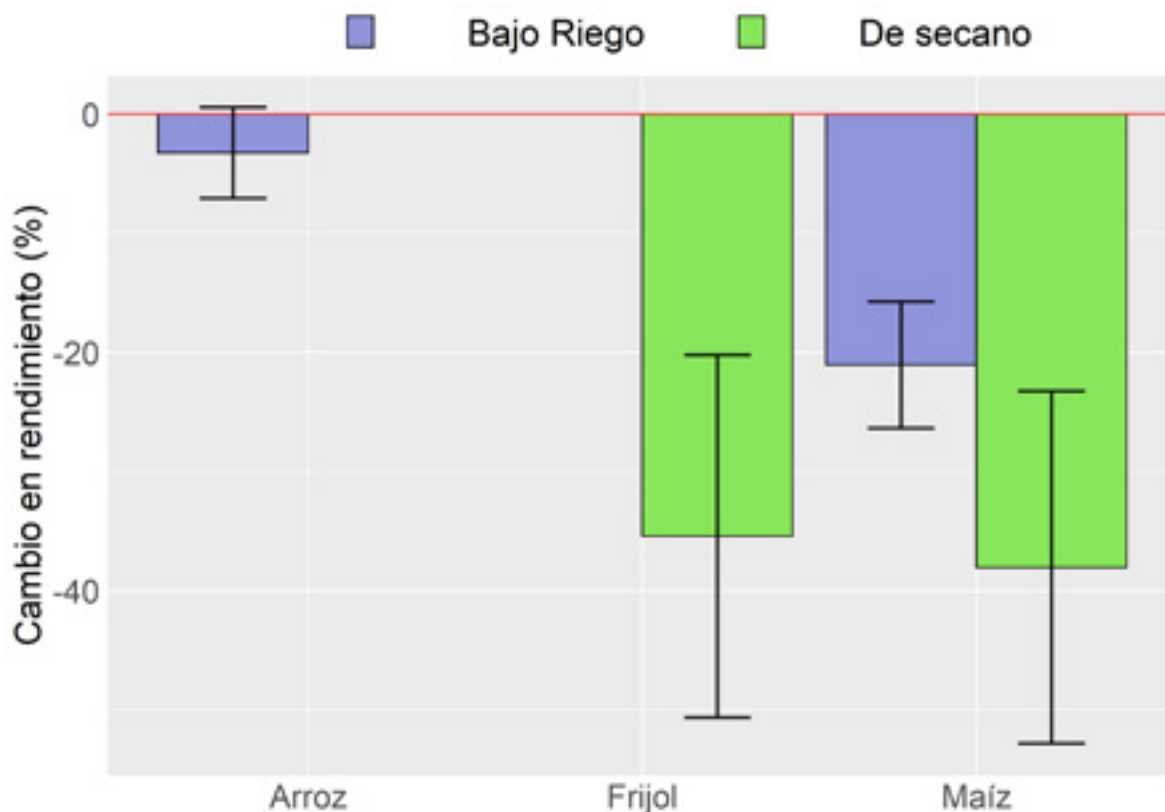
Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz, frijol y soja para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

El maíz, el frijol y el arroz son particularmente relevantes en el contexto de la RD. Los modelos sugieren que el rendimiento de frijol y maíz de secano puede disminuir considerablemente en un 35% y 37%, respectivamente. Esto es más severo que el promedio de la región de Centroamérica y el Caribe en su conjunto, 22% y 27%, respectivamente.

Entretanto, el maíz y el arroz bajo riego, y los rendimientos del maíz de secano, muestran una resiliencia relativa, aunque se proyecta que disminuirán en un 21% y un 3%, respectivamente (Figura 2).

Los mapas de impacto de rendimiento geográficamente explícitos en la Figura 3 muestran que estas disminuciones proyectadas en el rendimiento son más pronunciadas en algunos lugares que en otros. La disminución proyectada en el rendimiento del frijol de secano es particularmente pronunciada en las provincias de El Seibo, La Altagracia, La Romana y Hato Mayor en el sureste del país; mientras que las disminuciones proyectadas en los rendimientos de maíz (tanto bajo riego como de secano) son más pronunciadas en la provincia de Monte Cristi, en el noroeste. La disminución relativamente pequeña proyectada en el rendimiento del arroz bajo riego se concentra en las provincias de La Altagracia y El Seibo en el sureste, con solo pequeñas pérdidas —y un foco de pequeñas ganancias en la provincia de Azua— proyectadas para el resto del país.

Figura 2: Cambio de rendimiento promedio pro-



yectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

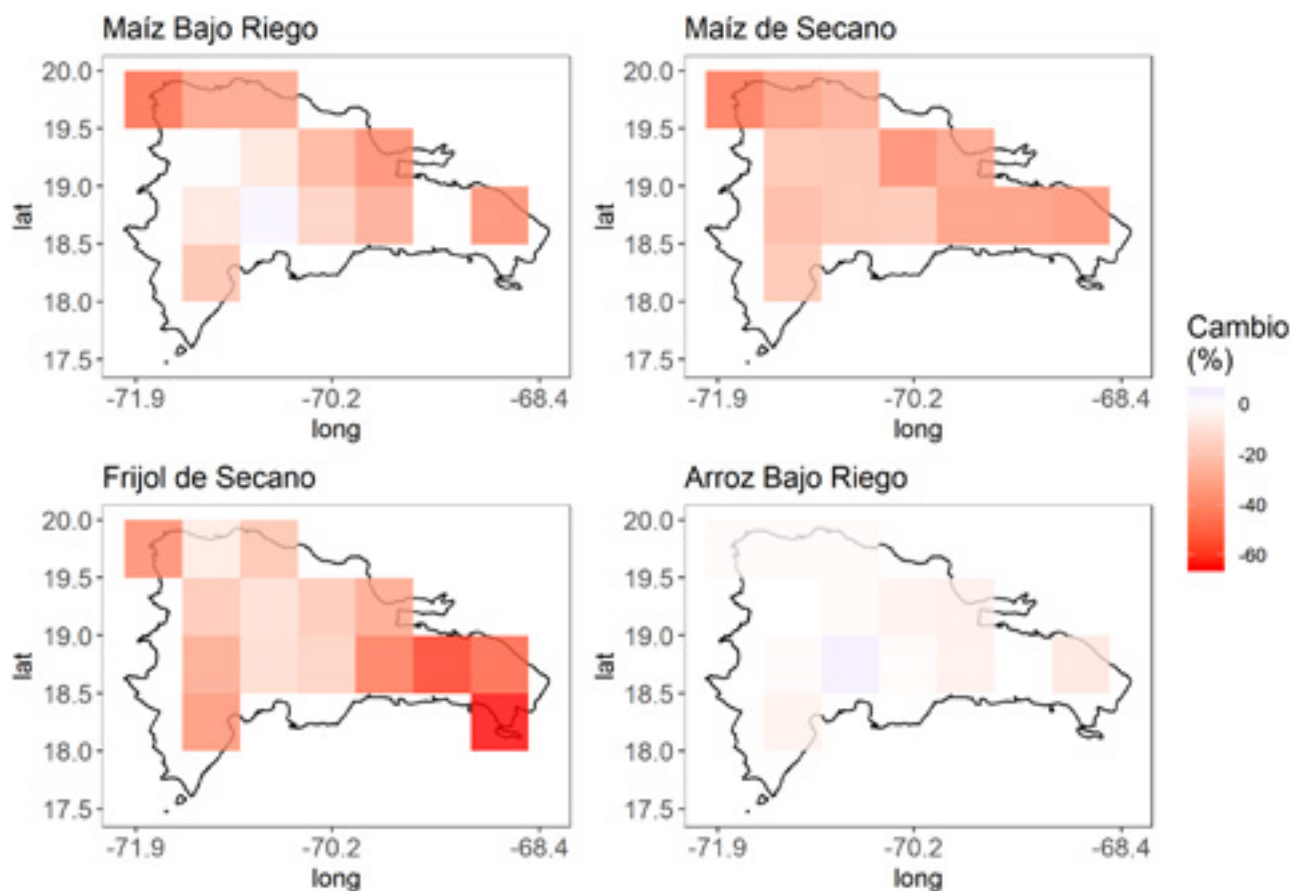


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, ñame, yuca, papa y caña de azúcar utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

La aptitud de los cultivos que son de particular relevancia en la RD se presenta en la Figura 4. Se proyecta que el área apta para el banano sufrirá una disminución sustancial del 57%. También se proyecta que el área apta para el cultivo de café arábica y robusta disminuirá considerablemente, en un 37% y 23%, respectivamente. Esto es con-

sistente con las tendencias regionales para América Latina y el Caribe, donde el banano, el café robusta y el café arábica demostraron tener disminuciones sustanciales en su área apta para el año 2050, con reducciones de área del 61%, 67% y 47%, respectivamente. Entretanto, se proyecta que la superficie apta para la caña de azúcar aumentará en un 19%. La yuca y el ñame, cultivos clave para la seguridad alimentaria, también muestran una resiliencia relativa, con un cambio en aptitud de +6% y -12%, respectivamente.



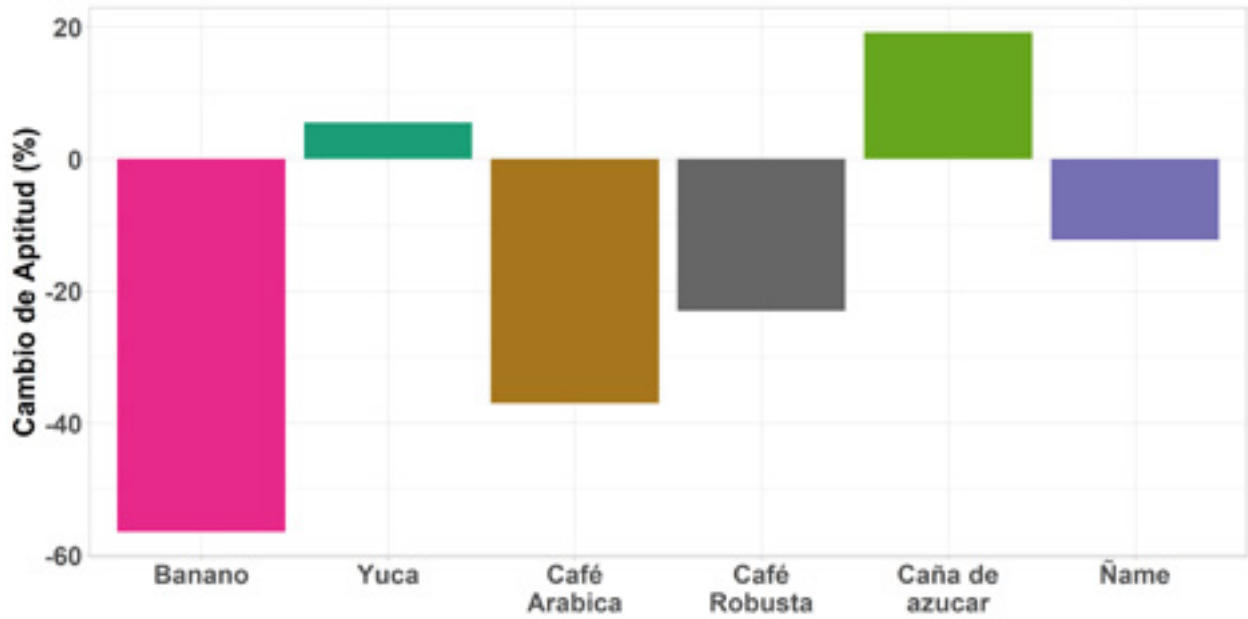


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050).

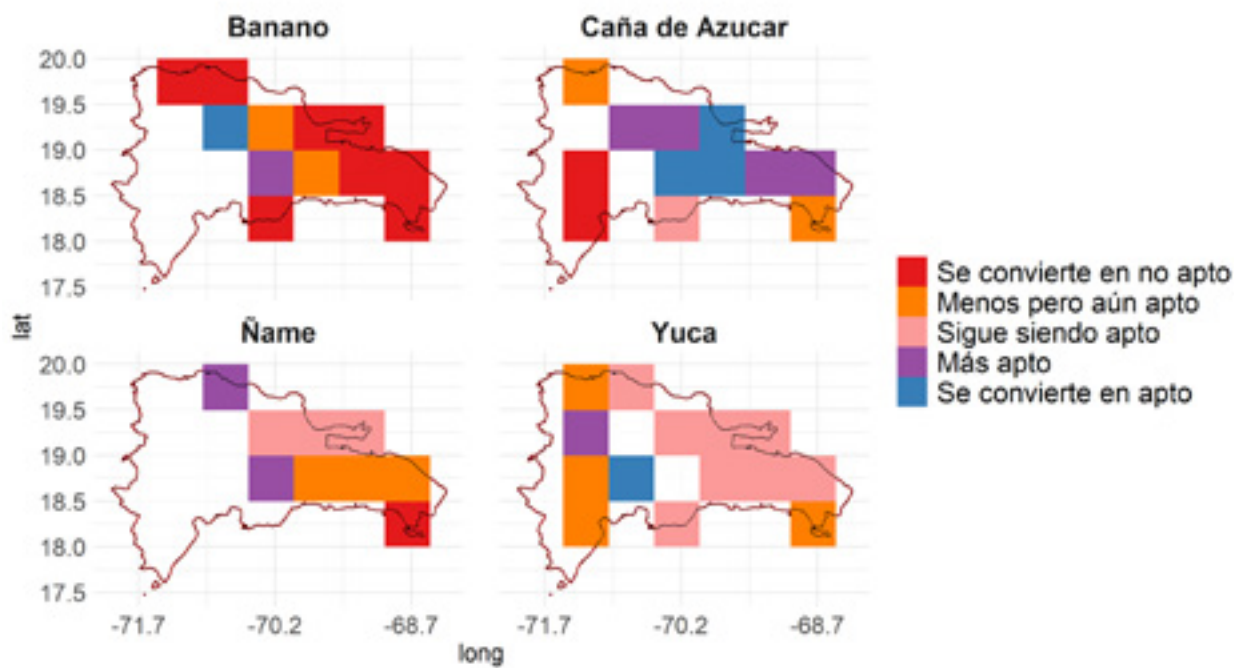


Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

Los mapas de impacto de aptitud geográficamente explícitos presentados en la Figura 5 muestran que existe una variación importante que se esconde detrás de estos promedios nacionales. Cabe resaltar que la fuerte disminución en la aptitud del banano, en gran parte de la mitad norte y este del país, se compensa en algún grado con un foco en el interior central, donde la aptitud puede aumentar alrededor de las provincias de La Vega, San Cristóbal, San José de Ocoa y Monseñor Nouel. Se proyecta un aumento en la aptitud de la caña de azúcar para gran parte del centro y este de la República Dominicana; pero también se proyecta que la aptitud de la caña de azúcar disminuirá en el extremo sur de La Altagracia, partes de las provincias costeras de Monte Cristi y Puerto Plata en el norte, y especialmente en las provincias de San Juan, Baoruco y Barahona en el oeste. Se proyecta que la yuca seguirá siendo apta o su aptitud aumentará en la mayor parte del país, excepto en los extremos sureste, noroeste y oeste. El ñame también muestra resiliencia en gran parte del país, especialmente en las provincias de Puerto Plata, San Cristóbal y San José de Ocoa. La yuca y el ñame no se cultivan actualmente en grandes cantidades en la República Dominicana (en comparación con su producción en Haití, por ejemplo); pero esta resiliencia proyectada frente al cambio climático podría convertirlos en una fuente alternativa atractiva de carbohidratos y nutrientes, especialmente considerando las disminuciones de rendimiento proyectadas para el maíz y el arroz en las Figuras 2 y 3.

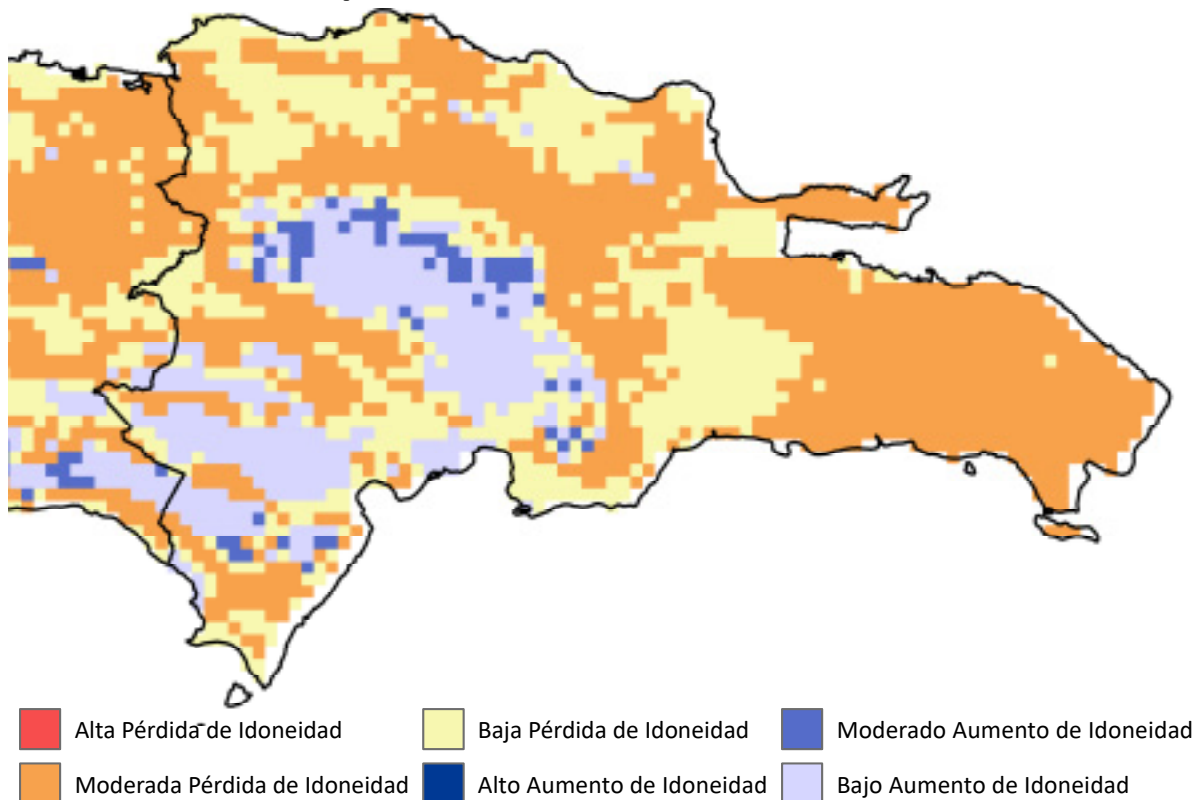
Entretanto, se proyecta que el área apta para el cultivo de café disminuirá en la mayor parte del país (más para arábica que para robusta), aunque esto se compensa en parte por un área en las tierras altas centrales donde se proyecta que la aptitud aumentará (Figura 6).

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

En la República Dominicana, se proyecta que la demanda, la producción y el área sembrada para los cultivos modelados aumentarán para el año 2050. Sin embargo, se proyecta que la introducción de factores de estrés climático reducirá el crecimiento de muchos de estos indicadores en varios puntos porcentuales (pp) por debajo del punto de referencia No-CC. Se proyecta que el cambio climático tendrá un impacto particularmente negativo en la producción de maíz (-32,2 pp) y frijol (-8,1 pp), y un impacto comparativamente leve en la producción de arroz (+1,2 pp). Se proyecta que la producción de frijoles y arroz será suficiente para satisfacer la demanda interna. Sin embargo, se proyecta que el ya sustancial déficit comercial de maíz aumentará para el año 2050 (Figura 8).

## Café Robusta - República Dominicana



## Café Arabica - República Dominicana

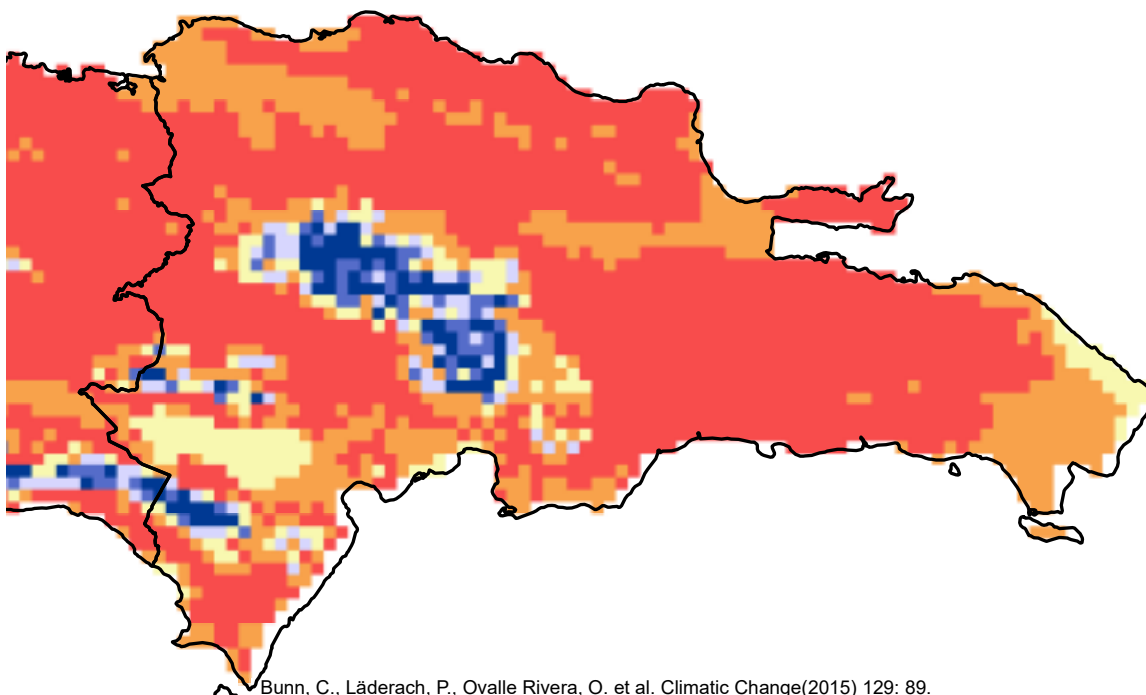


Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café para 2050.

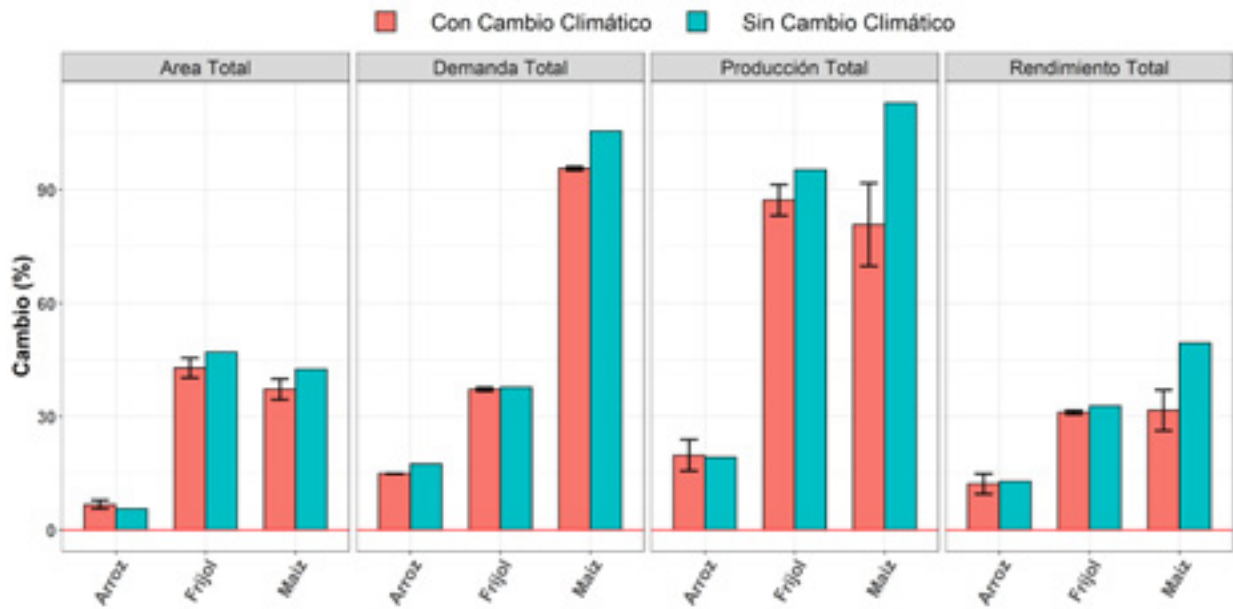


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

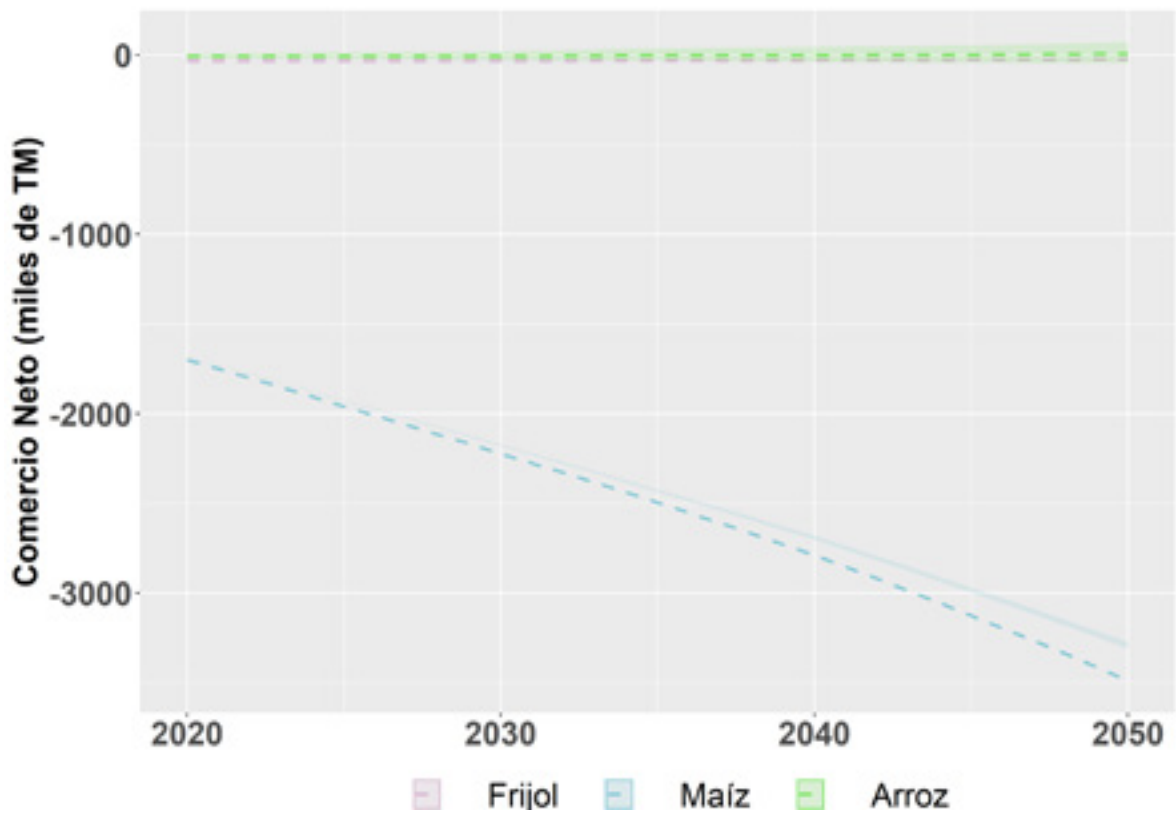


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de la República Dominicana al Acuerdo de París de 2015 incluye objetivos integrados de adaptación agrícola que pueden funcionar para reducir la magnitud de las tendencias que se ven aquí. En un esfuerzo por limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) citan la agricultura y el uso del suelo como una fuente clave de potencial de adaptación y/o mitigación [4]. La República Dominicana tiene como

objetivo lograr una reducción del 25% en las emisiones en todos los sectores para 2030, incluyendo la agricultura, en relación con los niveles de 2010. El país ha establecido una Política Nacional de Cambio Climático, un Plan de Desarrollo Compatible con el Clima y un Plan de Acción Nacional de Adaptación (NAPA-DR) para orientar sus acciones climáticas. El documento NAPA-DR cita la necesidad de un mejor almacenamiento de semillas y granos, la adopción de variedades mejoradas de cultivos y ganado, y los esfuerzos para reducir la deforestación y las quemadas a fin de reducir las emisiones del sector, entre otras actividades críticas [5]. Entretanto, la Segunda Comunicación Nacional del país a la CMNUCC también enfatiza la necesidad de ajustar los pa-

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2. Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en la República Dominicana para el año 2050. Las temperaturas máximas aumentarán más que las temperaturas mínimas.</li> <li>• Disminución de las precipitaciones en el período comprendido entre marzo y agosto. Entretanto, las precipitaciones pueden aumentar durante las temporadas de lluvias tanto en el norte como en el sur de la isla. En áreas más húmedas, es probable que las precipitaciones aumenten tanto en magnitud como en frecuencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor almacenamiento de semillas y granos</li> <li>• Investigación agrícola en lo siguiente:               <ul style="list-style-type: none"> <li>» Priorización de opciones de adaptación para cultivos clave, incluyendo gestión del suelo y cultivos alternativos</li> <li>» Evaluación de cultivos resistentes al calor y las inundaciones (particularmente relevante para banano y café)</li> <li>» Evaluación de raíces y tubérculos como el ñame y la yuca como cultivo alternativo de carbohidratos básicos.</li> </ul> </li> </ul>
Agricultura	<p>Observaciones Agrícolas Clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es probable que los aumentos de temperatura y la reducción de las precipitaciones aumenten el riesgo de sequía en todo el país, afectando especialmente a los sistemas de secano.</li> <li>• El análisis de aptitud de cultivos muestra que el café y el banano son particularmente vulnerables al cambio climático en la República Dominicana. Se espera que los impactos en cultivos clave para la seguridad alimentaria, como el ñame y la yuca, sean mínimos. La aptitud de la caña de azúcar en el sureste puede aumentar.</li> <li>• Es probable que el maíz y el arroz bajo riego y el frijol y el maíz de secano experimenten descensos de rendimiento en el futuro. Se proyecta que los rendimientos del maíz de secano sufrirán las caídas más severas.</li> <li>• Se esperan aumentos en las importaciones, especialmente de maíz, lo que intensificará aún más la dependencia del país de las importaciones de cereales.</li> </ul>	



trones de consumo de alimentos, considerar la mejora de la rotación de cultivos y disposiciones generales para mejorar la humedad del suelo y la eficiencia del uso del agua. La RD y otros países de ALC pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola mediante la adopción de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Esto puede incluir la expansión continua de prácticas agrícolas de labranza cero, manejo de nutrientes de precisión (fertilizantes) y cultivos intercalados, entre otras prácticas.

El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los cultivos orientados a la exportación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado, y una gestión y planificación responsable del suelo. En un entorno insular en particular, la conservación del suelo y las prácticas agrícolas sostenibles son vitales para garantizar la seguridad alimentaria. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en ALC, la República Dominicana dependerá cada vez más del comercio con zonas más templadas, incluyendo

el Cono Sur, para garantizar la seguridad alimentaria nacional. La estabilidad política y del mercado financiero será clave para garantizar que se aprovechen estas oportunidades potenciales. Los mensajes clave para las intervenciones de política y el camino a seguir para las medidas de adaptación se resumen en la Tabla 2.

## Referencias:

- [1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. <http://data.worldbank.org/indicator>
- [2] MIT Observatory of Economic Complexity. 2018. Perfil de País de República Dominicana. <http://atlas.media.mit.edu/en/profile/country/dom/>
- [3] Gobierno de República Dominicana. 2015. Intended Nationally Determined Contribution (INDC-DR). <http://bit.ly/2bml3fX>
- [4] CCAFS. 2015. Info Note: Agriculture's prominence in the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bits-treams/62364/retrieve>. Información detallada del país sobre la agricultura en las INDC, disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/73255>
- [5] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2018. Tercera Comunicación Nacional de la República Dominicana ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. <http://bit.ly/32BKXCD>



# IX. Ecuador

## 1. Contexto

La agricultura sigue jugando un papel importante en Ecuador. El sector representa el 9,5% del PIB, 5,9 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 15,4% en 2000. Los productos agrícolas representaron el 21,8% de todas las exportaciones en 2018, 0,1 pp menos que en 2009. Los empleos en la agricultura representan el 26,9% de todo el empleo en el país, 1,8 pp menos que hace 8 años [1]. El cambio climático presenta un riesgo significativo para el rendimiento de los cultivos y el desempeño económico general del sector agrícola. Los impactos de El Niño, las inundaciones, las sequías y la disminución del deshielo de los glaciares andinos son las principales amenazas climáticas que enfrenta actualmente el sector agrícola de Ecuador [2]. El impacto del cambio climático progresivo a largo plazo en el rendimiento y la aptitud de los cultivos, y los impactos resultantes en el comercio regional, tienen consecuencias severas tanto para los agricultores como para los formuladores de políticas públicas en Ecuador. Por lo tanto, una mejor comprensión de los impactos del cambio climático en cultivos específicos ayudará en la toma de decisiones. Para ello, en este informe se presentan los resultados de la modelación de clima, de cultivos y económica (promediados durante 2020-2050), en relación con la producción y el comercio agrícolas del país, enmarcados en el contexto regional de ALC. Con base en estas tendencias, se proponen medidas de adaptación al final del informe.

## 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de ALC. En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

En Ecuador, se proyecta un aumento de las precipitaciones (en algunos casos un aumento del 30%) en la mayor parte del país para el año 2050 (Figura 1). El aumento proyectado de las precipitaciones es especialmente pronunciado en el piedemonte andino oriental y el bosque tropical durante el período de diciembre a febrero. Sobre los Andes y las áreas costeras al este, los aumentos proyectados en las precipitaciones son más pronunciados durante los meses de junio a agosto. Es posible que haya una disminución de las precipitaciones en la región central del noreste de Ecuador durante el período de julio a noviembre. Se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán en todo el país hasta en 4°C, y los aumentos más severos se producirán a lo largo de la costa. El aumento proyectado es algo menos pronunciado durante la época de junio a agosto.

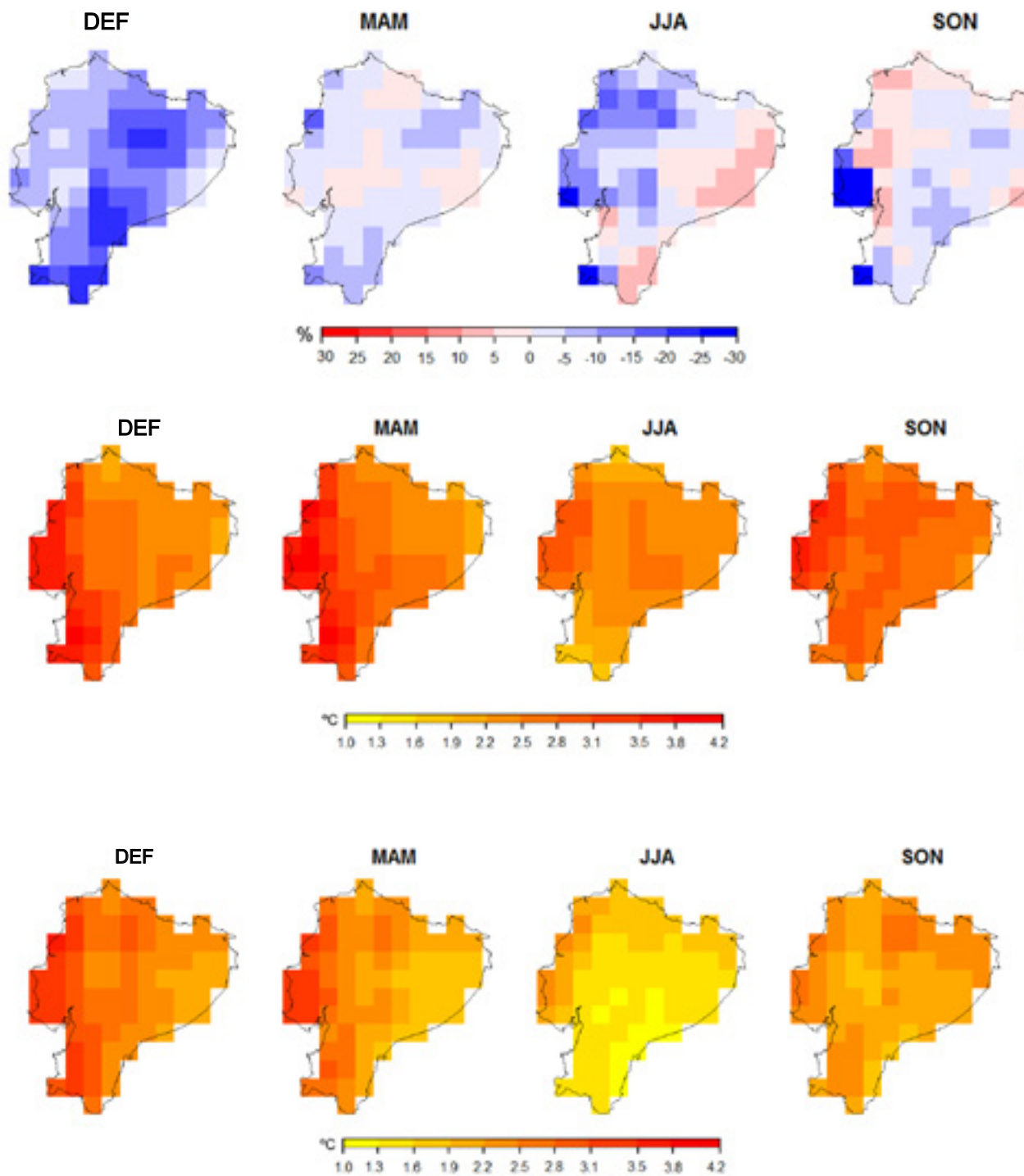


Figura 1: Cambio en precipitación (de arriba a abajo), temperatura máxima y temperatura mínima promediadas en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz, frijol y soja para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

En Ecuador, los resultados de los modelos de cultivos que se muestran en la Figura 2 sugieren que el rendimiento puede aumentar para el frijol de secano, el maíz bajo riego y la soja de secano en un 31,7%, 10% y 21%, respectivamente; mientras que para el arroz bajo riego se reduce en un

18,4%. Esto es contraintuitivo, ya que los sistemas bajo riego, como regla general, son más resilientes al cambio climático que los sistemas de secano. Sin embargo, respecto a los mapas de impacto de rendimiento geográficamente explícitos en la Figura 3, queda claro que la fuerte disminución de los rendimientos bajo riego puede atribuirse, en gran parte, a su ubicación a lo largo de las llanuras costeras bajas, donde se proyecta que los aumentos de temperatura serán especialmente severos (ver la Figura 1). Los sistemas de arroz y maíz bajo riego en las provincias de Manabí y Guayas pueden verse especialmente afectados, con pérdidas de rendimiento del 20% al 30%. Si bien algunos cultivos de frijol, arroz, maíz y soja de secano también pueden ocurrir en esta área, gran parte de ellos generalmente se encuentran hacia el interior y en tierras altas, donde el modelo proyecta que un aumento menos pronunciado de la temperatura combinado con un aumento de las precipitaciones podría generar aumentos de rendimiento para estos cultivos.

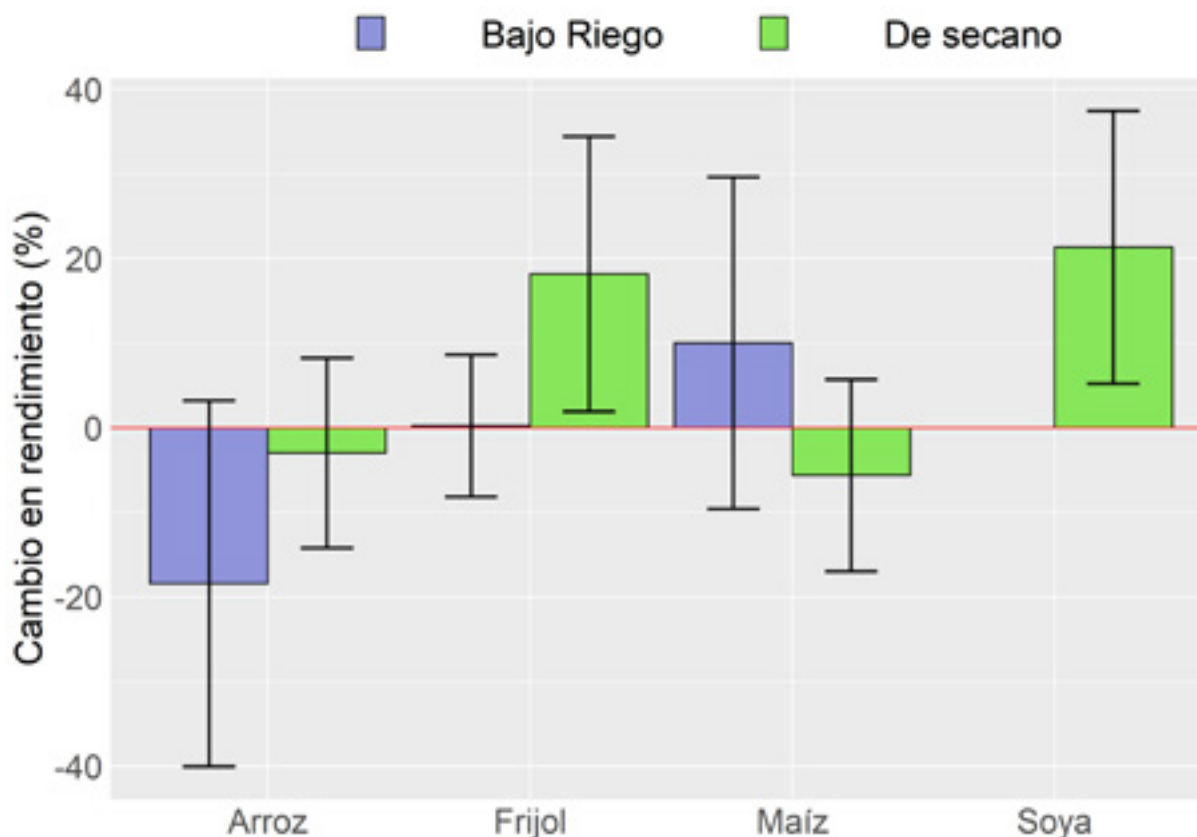


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

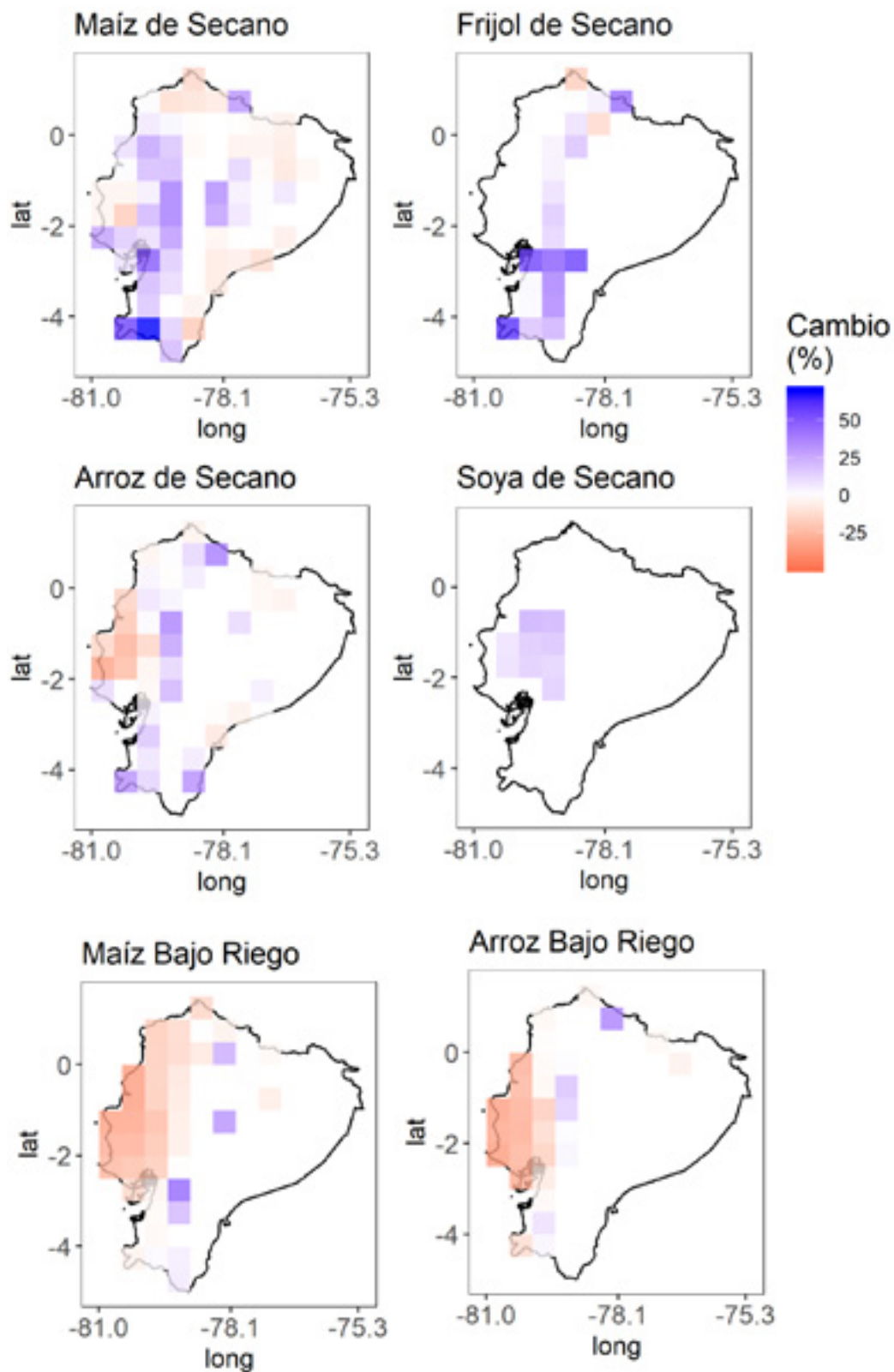


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).



## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, ñame, yuca, papa y caña de azúcar utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

El modelo sugiere que, en promedio, la aptitud para la caña de azúcar, el ñame y el café robusta puede aumentar en un 50,9%, 32,2% y 100%, respectivamente. El área apta para el banano y el café arábica puede disminuir en un 37% y un 26%, respectivamente, mientras que la aptitud de la yuca y la papa se mantiene más o menos en sus niveles actuales. Los mapas de impacto de aptitud geográficamente explícitos en la Figura 5 revelan una variación importante que se esconde detrás de estos promedios. Se proyecta una pérdida generalizada de aptitud del banano a lo largo de la llanura costera, sin embargo, cabe resaltar que una franja de área más cercana al piedemonte andino occidental también se vuelve apta. Se proyecta una mayor aptitud de la caña de azúcar principalmente en las áreas costeras bajas donde se espera que los aumentos de temperatura sean más altos. Se proyecta que la papa

verá ganancias de aptitud en la cordillera de los Andes centrales, aunque también pérdidas en el norte y sur de esa zona.

Entretanto, la yuca y el ñame denotan una resiliencia considerable, con ganancias de aptitud proyectadas en elevaciones más bajas al oeste y noreste de los Andes, particularmente en las áreas donde se proyecta que los aumentos de temperatura serán más severos. El ñame y la yuca no se producen actualmente en Ecuador en cantidades significativas, sin embargo, esta resiliencia potencial frente al cambio climático puede posicionarlos como fuentes alternativas atractivas de carbohidratos y nutrientes, especialmente considerando las fuertes disminuciones de rendimiento proyectadas para el maíz y el arroz bajo riego en las Figuras 2 y 3.

Los mapas de impacto de la aptitud del café arábica y robusta se presentan en la Figura 6. Cabe resaltar que gran parte de la disminución proyectada en la aptitud se produce en los bosques tropicales y otras áreas bajas que ya no son aptas para el cultivo de café. Los aumentos en la aptitud, por otro lado, se proyectan en elevaciones más altas en los Andes. La notable duplicación del área apta proyectada para el café robusta es atribuible a estas extensas regiones montañosas.

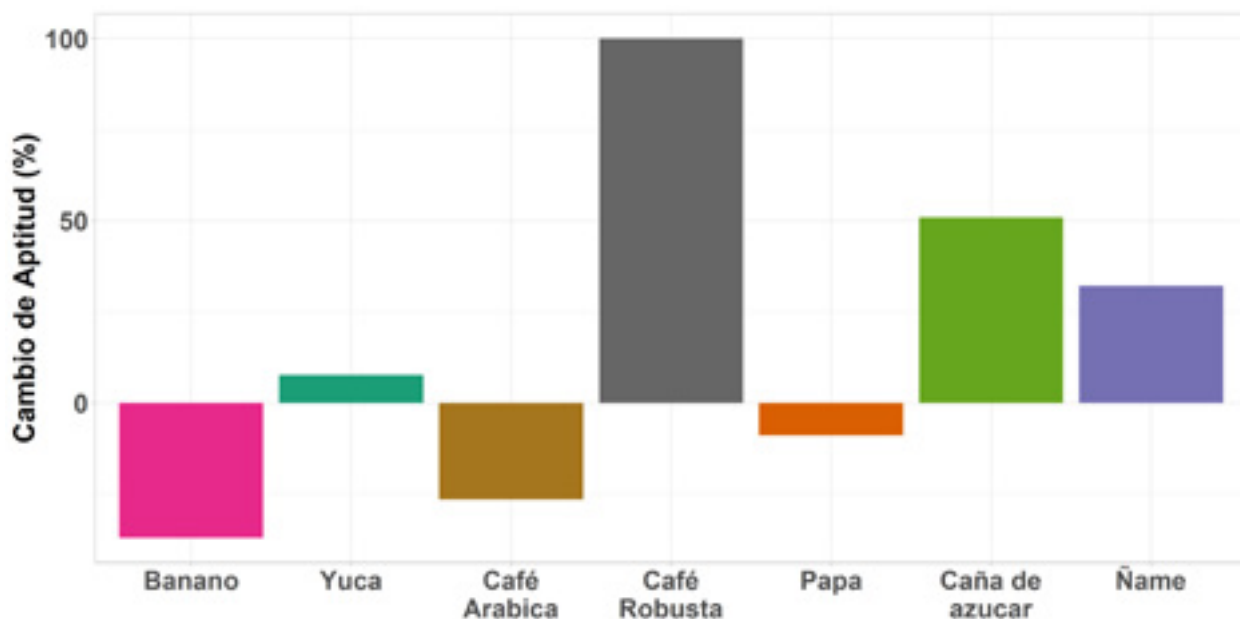


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050).

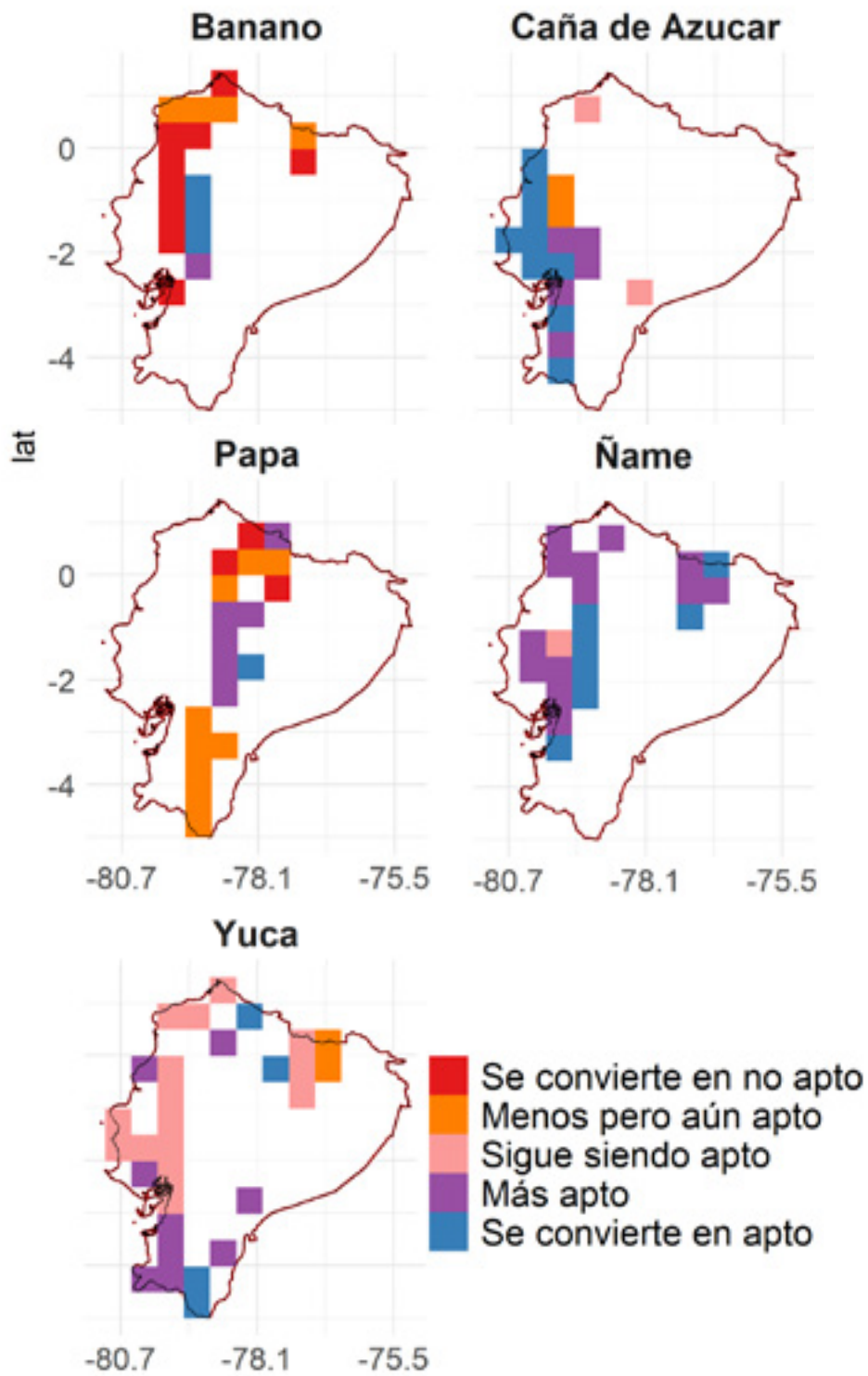
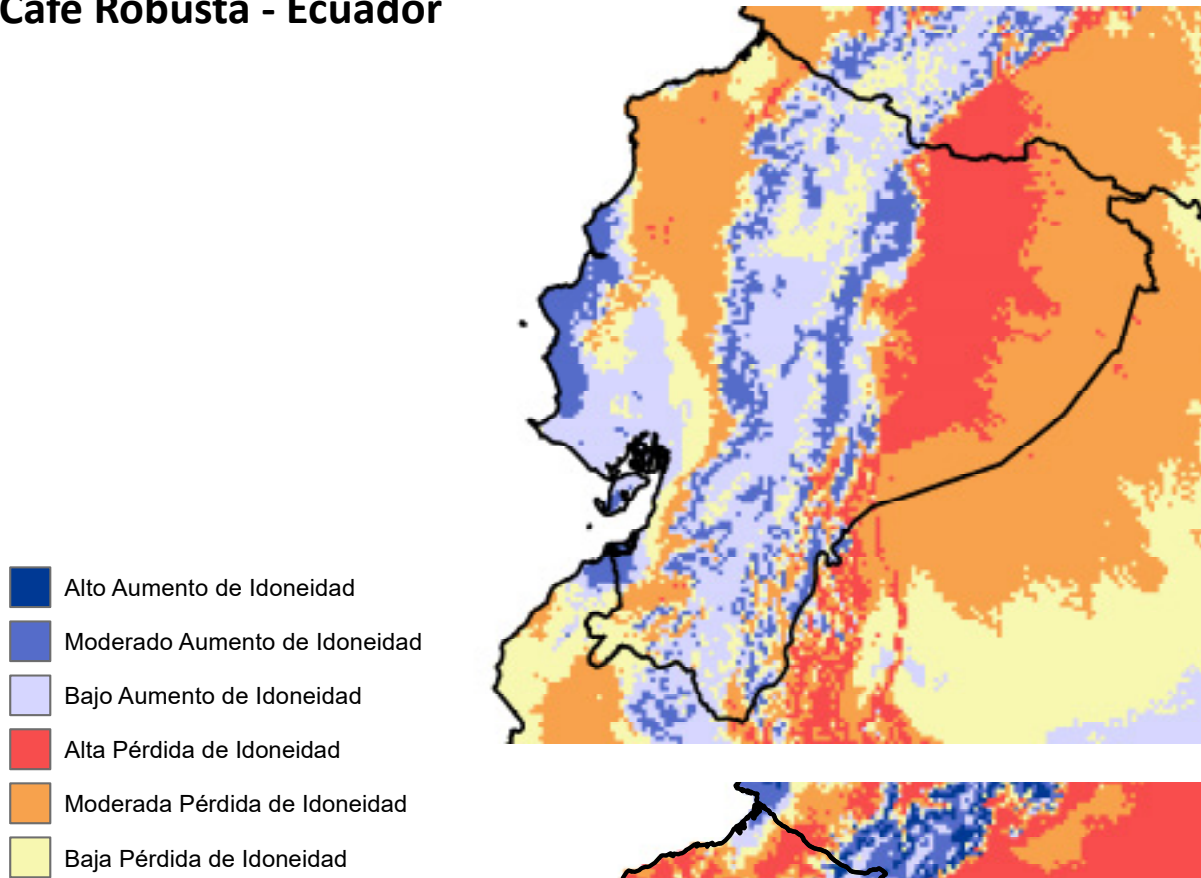
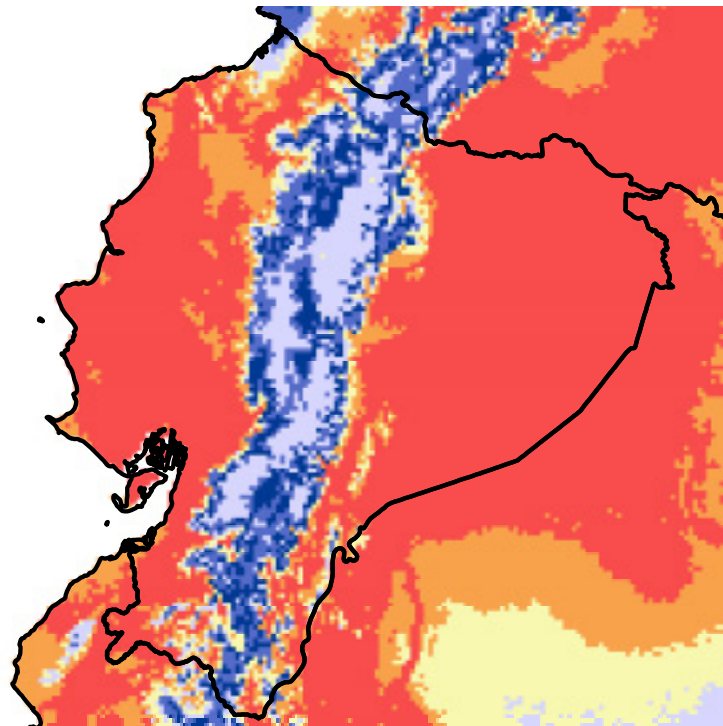


Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

## Café Robusta - Ecuador



## Café Arabica - Ecuador



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change(2015) 129: 89.

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café para 2050.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

En Ecuador, se proyecta que la producción agrícola total aumentará para el año 2050 tanto bajo un escenario de CC como bajo uno No-CC para todos los cultivos modelados excepto el arroz, el cual denota una disminución significativa en la producción (Figura 7). El crecimiento de la producción de frijol de seco es especialmente pronunciado, y puede ser incluso mayor bajo un escenario de cambio climático, superando el punto de referencia No-CC en 6,1 pp. La introducción de factores de estrés climático también puede tener un impacto positivo en la producción de maíz (+9,2 pp), aunque negativo en la producción de arroz (-7,8 pp), y un impacto comparativamente leve en el crecimiento de la producción de soja (+1,9 pp) y trigo (-2,1 pp). En cuanto al comercio en la Figura 8, se proyecta que Ecuador continuará registrando un déficit comercial en todos estos cultivos clave, excepto el frijol, para el año 2050, tanto en escenarios de CC como en aquellos No-CC. Sin embargo, se proyecta que el CC agravará el déficit de arroz, compensando en cierta medida el déficit de maíz.

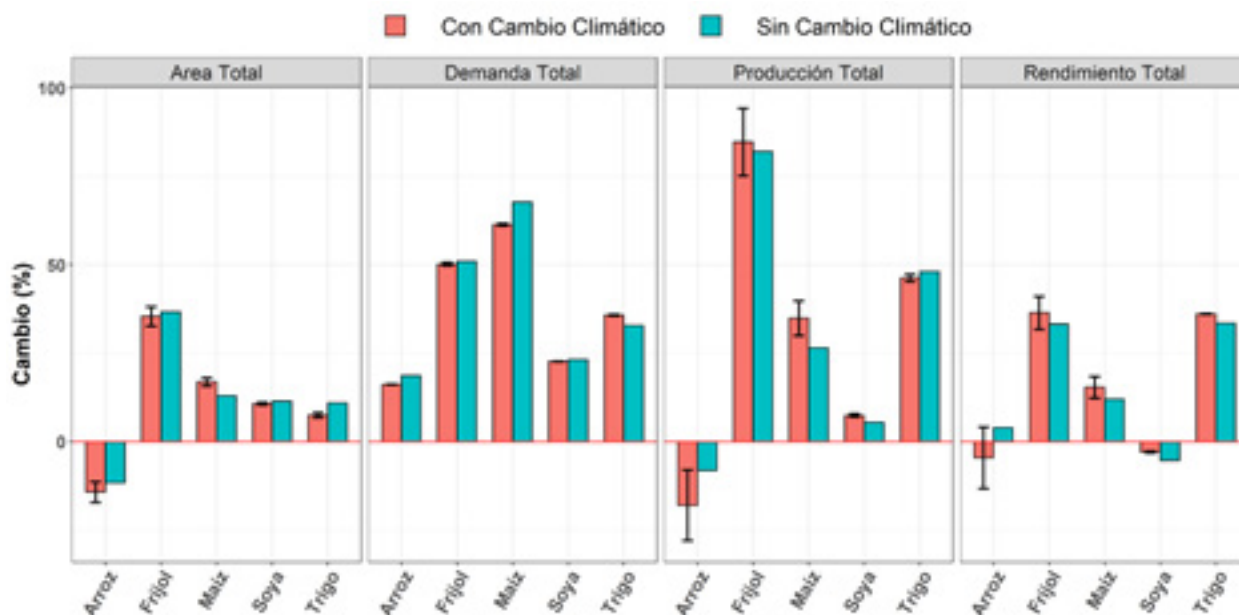


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

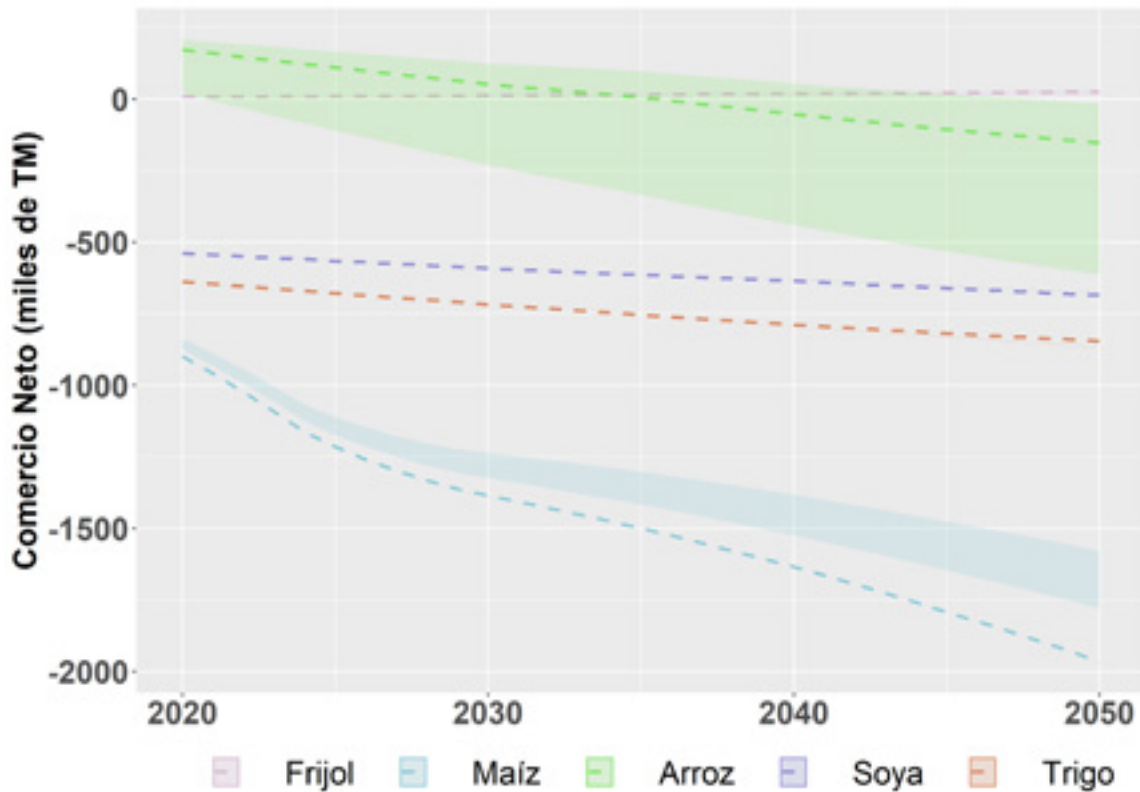


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

Para limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) citan la agricultura y el uso del suelo como elementos clave para la acción climática [3]. De hecho, la contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Ecuador al Acuerdo de París de 2015 incluye acciones explícitas de mitigación y adaptación agrícola, como la producción ganadera climáticamente inteligente, sistemas de investigación e información para incorporar el cambio climático en el sector agrícola y la promoción de prácticas sostenibles [4].

Ecuador y otros países de ALC pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola mediante la adopción de otras prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones

de crecimiento cambiantes. Esto puede incluir la expansión continua de prácticas agrícolas de labranza cero, manejo de nutrientes de precisión (fertilizantes), cultivos intercalados y rotaciones de cultivos más avanzadas.

El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los cultivos orientados a la exportación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado, y una gestión y planificación responsable del suelo. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en la parte tropical de América Latina, Ecuador dependerá cada vez más del comercio con las zonas más templadas del mundo, incluyendo el Cono Sur, para garantizar la seguridad alimentaria nacional. La estabilidad política y del mercado financiero será clave para garantizar que se aprovechen estas oportunidades potenciales. A continuación, se resumen los mensajes clave para las intervenciones de políticas y el camino a seguir para las medidas de adaptación.



**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que las temperaturas máximas aumentarán entre 1°C y 4°C para el año 2050. El calentamiento será más pronunciado en la costa del Pacífico.</li> <li>• Se proyecta un aumento de las precipitaciones en todo el país para el año 2050, especialmente durante el período de diciembre a febrero.</li> <li>• El cambio climático presenta un riesgo significativo para el rendimiento de los cultivos y el desempeño económico general del sector agrícola en Ecuador. Las inundaciones y sequías de El Niño y la disminución del deshielo de los glaciares seguirán afectando negativamente la producción.</li> </ul>	<p>Las medidas de adaptación son clave, principalmente aquellas que tienen el potencial de aumentar la productividad mientras se mitiga el cambio climático. Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas (es decir, diversificación de cultivos, CSA, uso de variedades mejoradas, siembra directa, cultivos intercalados, manejo de nutrientes de precisión e integración del conocimiento indígena)</li> <li>• Manejo de bosques, suelos y agua</li> <li>• Incrementar la eficiencia en el uso del agua (es decir, expansión y/o rehabilitación de sistemas de riego)</li> <li>• Desarrollar mecanismos para informar y orientar la política de adaptación al CC a nivel departamental y municipal.</li> <li>• Servicios climáticos y previsiones agroclimáticas estacionales.</li> <li>• Investigación agrícola:             <ul style="list-style-type: none"> <li>» Realizar los análisis necesarios para identificar y priorizar la adaptación al CC</li> <li>» Evaluación de variedades de maíz y arroz tolerantes a la sequía y al calor para cultivos bajo riego a lo largo de las llanuras costeras</li> <li>» Y/o evaluación de cultivos alternativos más adaptados a las temperaturas costeras más altas, como la caña de azúcar, para reemplazar los sistemas de maíz y arroz a medida que disminuyan sus rendimientos</li> <li>» Realizar evaluaciones de impacto <i>ex ante</i> sobre tecnologías potenciales, con énfasis en café, arroz y banano.</li> <li>» Evaluación de cultivos resilientes al CC como el ñame y la yuca como fuentes alternativas de carbohidratos y nutrientes.</li> </ul> </li> </ul>
Agricultura	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que los rendimientos de maíz y arroz bajo riego disminuirán considerablemente debido a su ubicación en Manabí y Guayas, donde los aumentos de temperatura son más severos. El riego de los cultivos actuales por sí solo puede, por lo tanto, no ser suficiente para enfrentar el CC.</li> <li>• Se proyecta que los rendimientos de maíz, arroz, frijoles y soja de secano aumentarán, debido a su ubicación hacia el interior y en tierras altas, donde se proyecta un incremento en las precipitaciones y los aumentos de temperatura son menos pronunciados.</li> <li>• Las condiciones para el banano—una exportación clave—pueden volverse sustancialmente menos aptas para el año 2050 bajo un escenario de cambio climático, con algunas excepciones notables en las provincias de Bolívar y Cotopaxi.</li> <li>• El ñame y la yuca denotan resiliencia al CC, con una aptitud estable o mayor en áreas donde los aumentos de temperatura proyectados son más severos.</li> <li>• Las áreas bajas se vuelven completamente no aptas para el cultivo de café robusta y especialmente arábica, sin embargo esto se compensa por extensas regiones montañosas donde las condiciones se vuelven aptas.</li> </ul>	

## Referencias:

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. <http://data.worldbank.org/indicator>

[2] FIDA; OMS; ONUAA; PMA; UNICEF. 2017. The State of Food Security and Nutrition in the World 2017. Building resilience for peace and food security. Roma, FAO. [www.fao.org/3/a-l7695e.pdf](http://www.fao.org/3/a-l7695e.pdf)

[3] CCAFS. 2015. Info Note: Agriculture's prominence in the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bits-treams/62364/retrieve>. Información detallada del país sobre la agricultura en las INDC, disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/73255>

[4] Ministerio del Ambiente. 2017. Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <http://bit.ly/32RagkO>



# X. El Salvador

## 1. Contexto

La agricultura juega un papel importante, aunque en declive, en El Salvador. El sector representa el 5,8% del PIB, 1,5 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 7,3% en 2011. Los productos agrícolas representaron el 25,9% de todas las exportaciones en 2015, 11,4 puntos porcentuales más que en 2006. Los empleos en la agricultura representan el 18,8% de todo el empleo en el país, 2,1 pp menos que hace 8 años [1]. El café es la principal exportación agrícola y representa más del 50% de las exportaciones de cultivos del país, destinadas principalmente a Estados Unidos. La caña de azúcar también está aumentando en importancia como exportación comercial. Los sistemas de maíz y frijoles, principalmente de secano, luchan por satisfacer la demanda alimentaria interna. El Salvador importa la mayor parte de su maíz de Estados Unidos [2]. Aun así, aproximadamente el 12,3% de la población de El Salvador está desnutrida, frente al 10,7% de la década anterior; y esto está por encima del promedio de 8,3% para Centroamérica en su conjunto [3]. La deforestación y la erosión del suelo están generalizadas y afectan de manera desproporcionada a los agricultores de las regiones montañosas del interior del país [4]. El Salvador está ubicado en el camino de las tormentas tropicales, así como

en medio del Corredor Seco propenso a la sequía. Así las cosas, el sector agrícola ya se encuentra en desventaja en este respecto y se proyecta que se verá sometido a una presión cada vez mayor en los próximos años debido al cambio climático y al aumento de la variabilidad climática [5]. Por lo tanto, una mejor comprensión de los impactos del cambio climático en cultivos específicos ayudará en la toma de decisiones. Para ello, en este informe se presentan los resultados de la modelación de clima, de cultivos y económica (promediados durante 2020-2050), en relación con la producción y el comercio agrícolas del país, enmarcados en el contexto regional de ALC. Con base en estas tendencias, se proponen medidas de adaptación al final del informe.

## 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de ALC. En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

En El Salvador, el impacto del cambio climático en los patrones de lluvia varía considerablemente según la temporada (Figura 1). Se proyecta una disminución de las precipitaciones en todo el país durante el período lluvioso de junio a agosto, aunque que se proyecta un aumento de las lluvias durante el período de septiembre a noviembre y en el sureste durante el período de diciembre a febrero. Se proyecta que las

temperaturas máximas y mínimas en El Salvador aumentarán entre 1°C y 3°C. El aumento proyectado de las temperaturas máximas es especialmente pronunciado a lo largo de la costa durante la época de septiembre a noviembre, mientras que el aumento de las temperaturas mínimas es más pronunciado durante el período de diciembre a febrero.

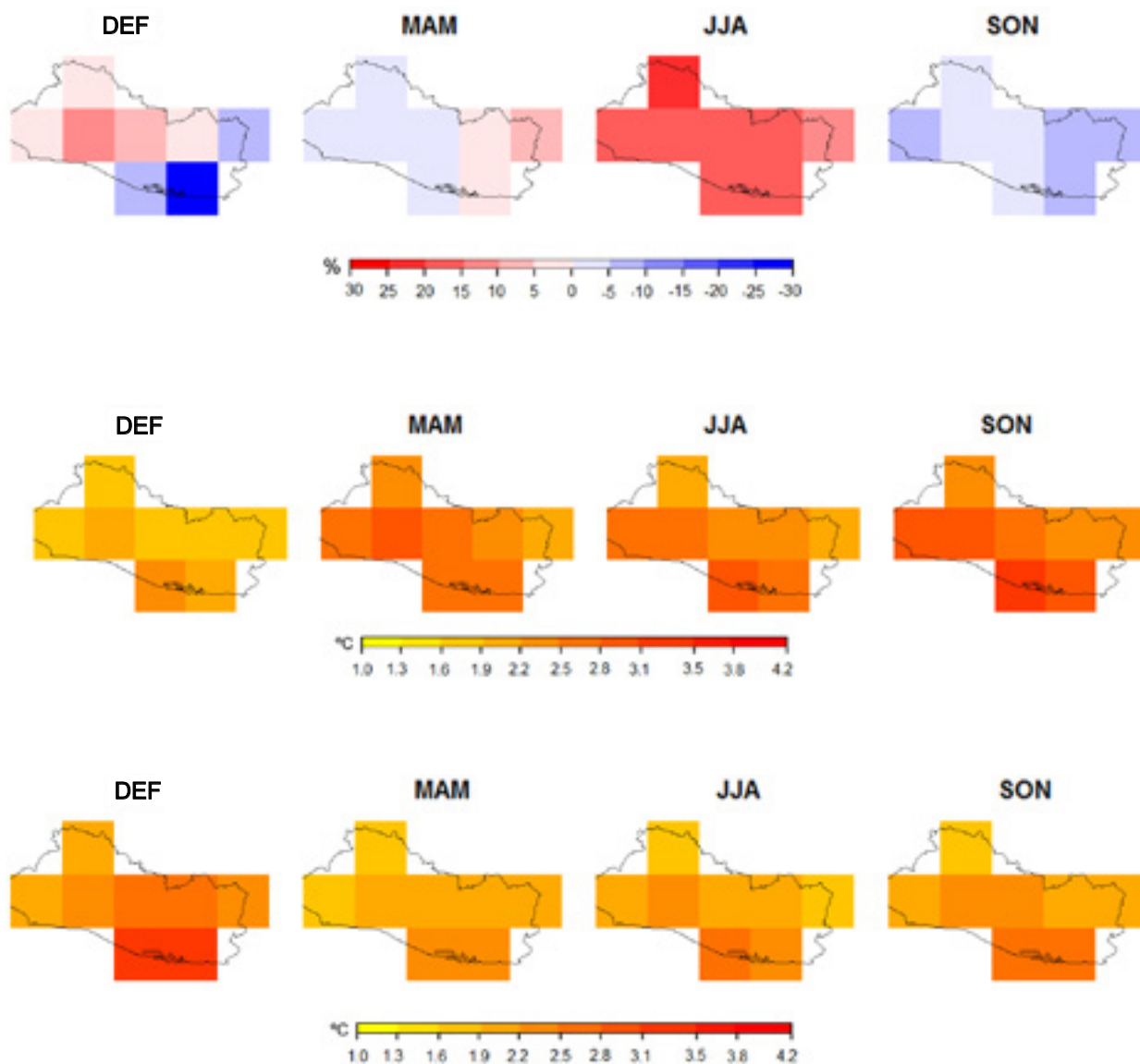


Figura 1: Cambio en precipitación (de arriba a abajo), temperatura máxima y temperatura mínima promediadas en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz y frijoles para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

En El Salvador, los modelos de rendimiento sugieren que es probable que las temperaturas más altas afecten a los sistemas de cultivo de frijol y maíz de secano, con una disminución del rendimiento del 31% y 24%, respectivamente (Figura 3). Se proyecta que los sistemas de frijol y maíz bajo riego tendrán un rendimiento relativamente mejor, con una disminución en rendimiento del

23% y 3%, respectivamente. Entretanto, se proyecta que el arroz de secano y bajo riego experimentará leves aumentos de rendimiento en condiciones de cambio climático.

Los mapas de impacto de rendimiento geográficamente explícitos en la Figura 3 indican que hay una variación importante que se esconde detrás de estos promedios nacionales. Las disminuciones proyectadas del rendimiento del maíz se concentran en el sureste, especialmente a lo largo de la costa del Pacífico; mientras que los rendimientos de maíz en el norte y el oeste no se ven relativamente afectados, y se proyecta incluso que algunas áreas experimentarán un aumento. Las disminuciones proyectadas en el rendimiento del frijol de secano son especialmente severas en el sureste, sin embargo, se proyecta que los impactos del cambio climático en el rendimiento del frijol bajo riego serán más severos en la mitad occidental del país. El aumento de rendimiento proyectado para el arroz de secano y bajo riego se distribuye uniformemente por todo el país, con la excepción del sureste, donde se prevé una disminución del rendimiento.

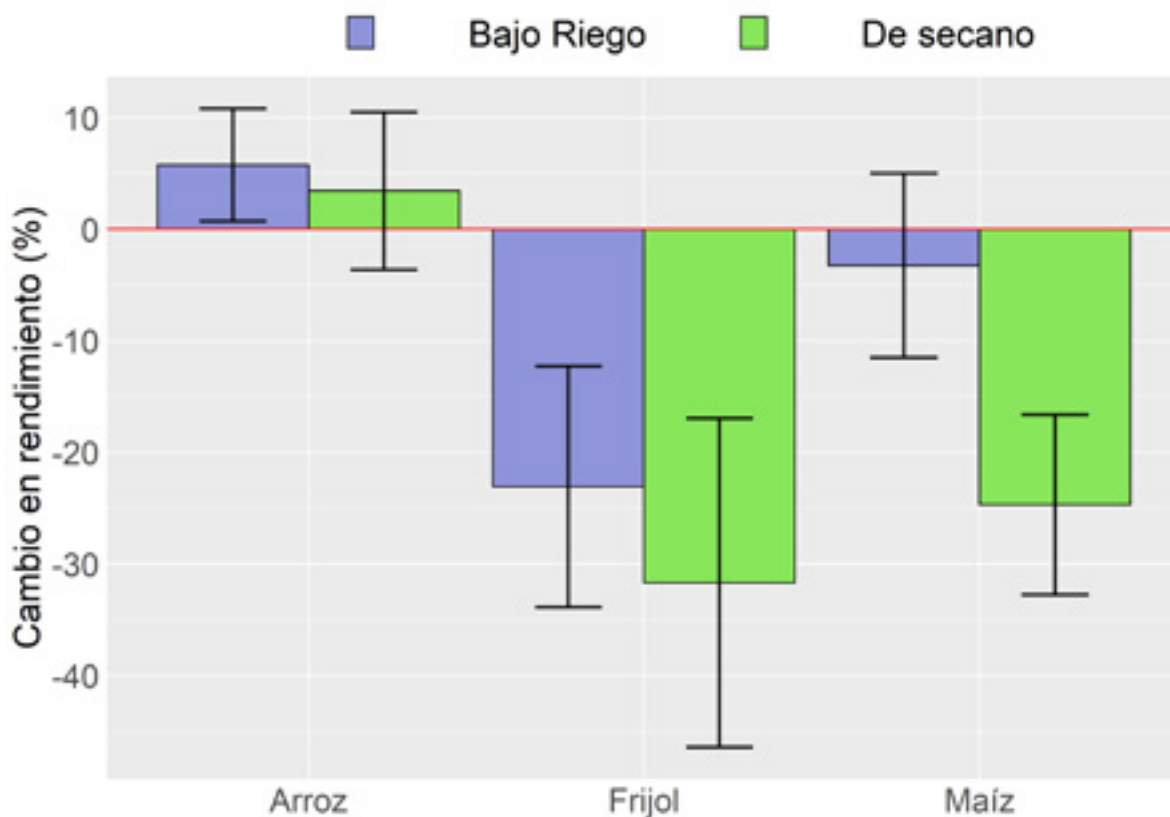


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



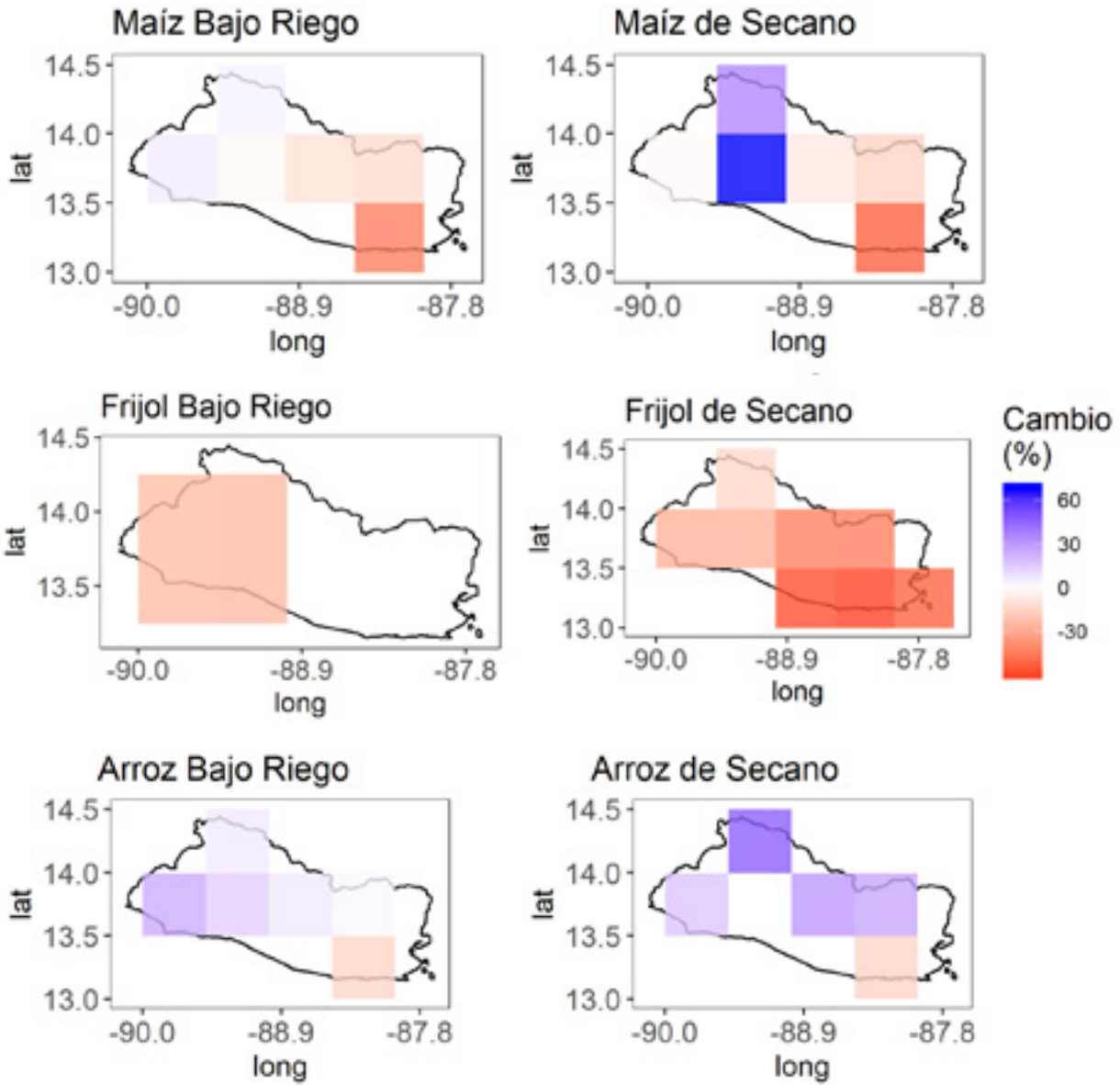


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica para cultivos comerciales y básicos clave, incluyendo el café (robusta y arábica), el banano y la caña de azúcar, utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

En El Salvador, los modelos de aptitud sugieren que las áreas aptas para el cultivo de banano, café arábica, café robusta y caña de azúcar pueden disminuir en 61%, 77%, 47% y 18%, respectivamente (Figura 4). Los mapas de impacto de aptitud geográficamente explícitos en la Figura 5 indican que estos cambios en la aptitud pueden ser más pronunciados en algunas áreas que en otras.

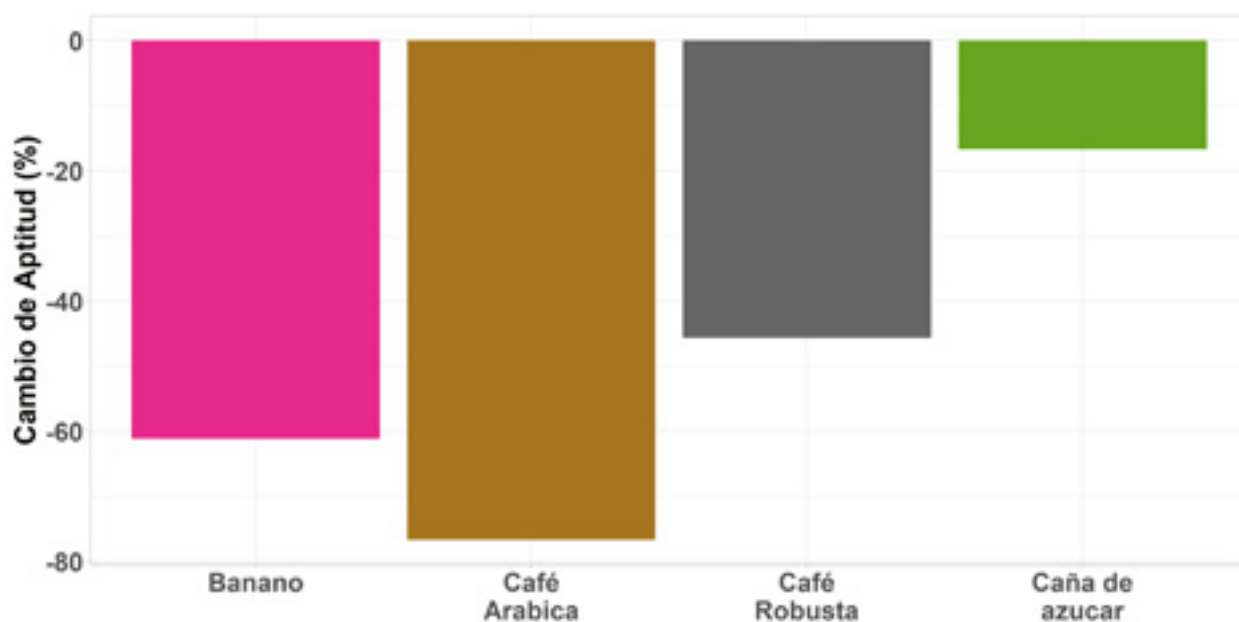


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050).

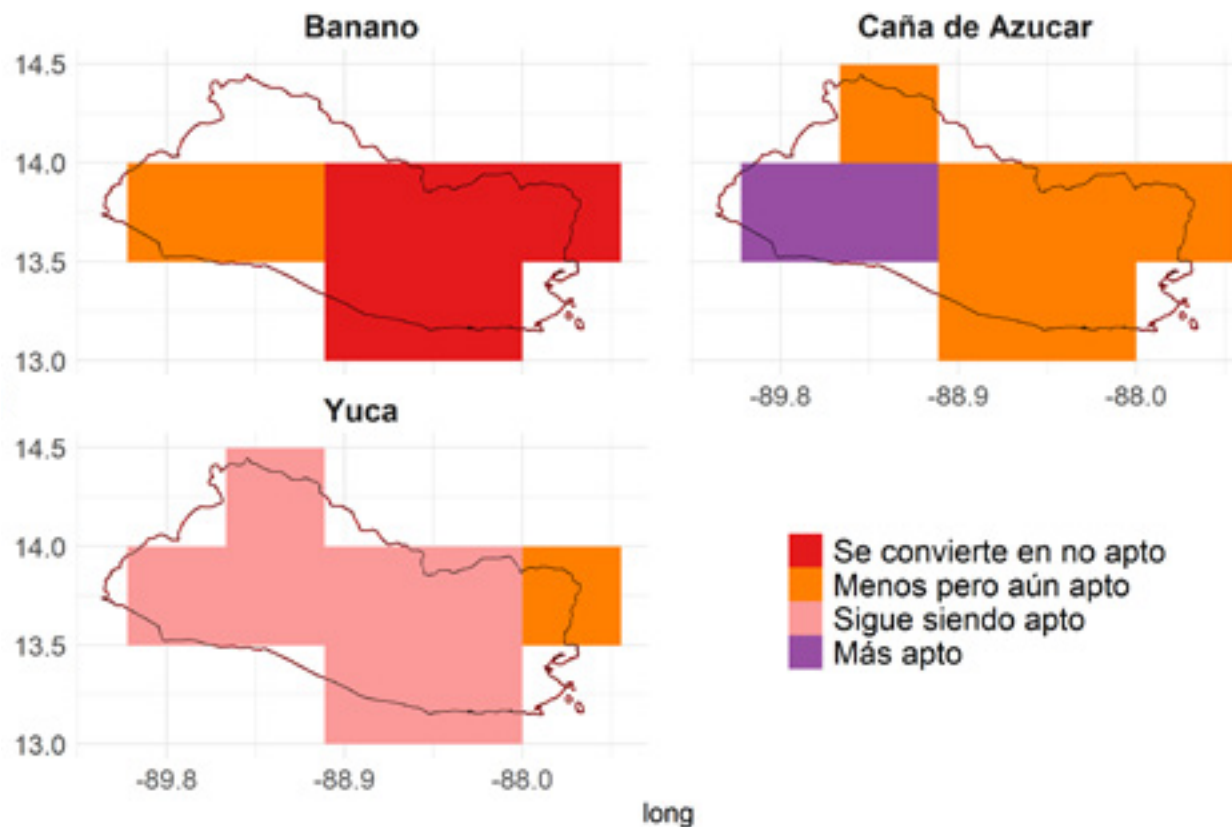
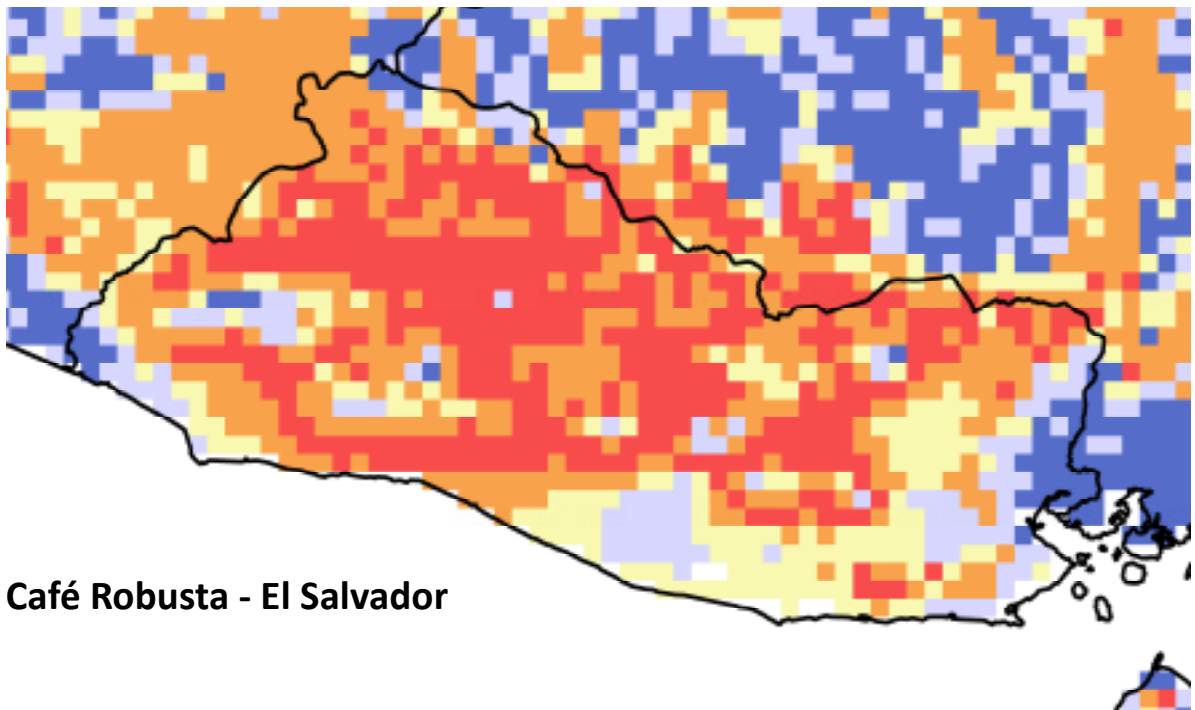


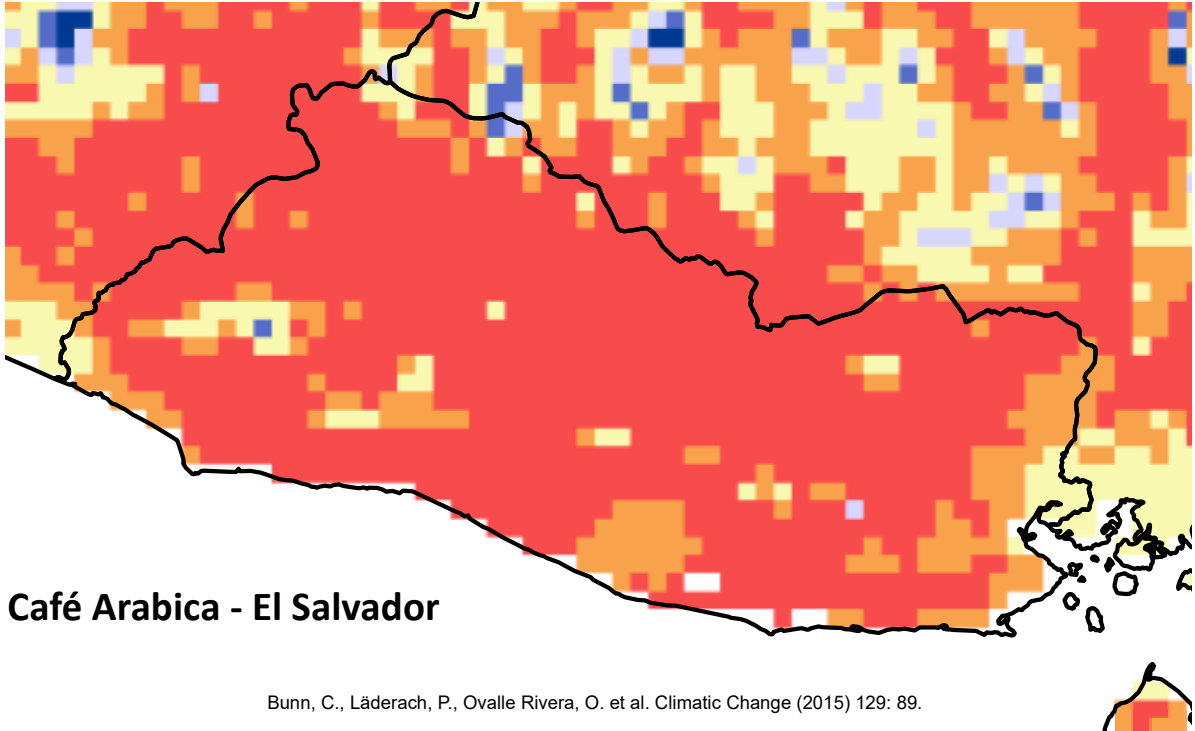
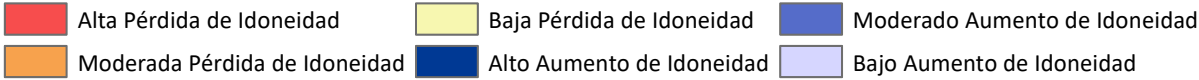
Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

Se proyecta que la mitad oriental del país se volverá completamente no apta para el cultivo de banano, aunque el cultivo de banano todavía podría ser apto en el oeste. Sin embargo, también se proyecta que esta área se volverá más apta para el cultivo de caña de azúcar, por lo que los productores de banano y caña de azúcar pueden encontrarse compitiendo por la tierra en esta región. Entretanto, se proyecta que la aptitud de la yuca no se verá afectada en la mayor parte del país. Actualmente, la yuca no se cultiva en

El Salvador en cantidades significativas, pero esta resiliencia frente al cambio climático puede convertirla en una fuente alternativa atractiva de carbohidratos y nutrientes, especialmente considerando las disminuciones proyectadas en el rendimiento de maíz que se contemplan en las Figuras 2 y 3. Por último, se proyecta que las áreas aptas para la producción de café robusta y arábica disminuirán drásticamente en todo el país, excepto, quizás, en un pequeño foco en la frontera oriental con Honduras (Figura 6).



**Café Robusta - El Salvador**



**Café Arabica - El Salvador**

Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89.

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café para 2050.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

En El Salvador, los modelos económicos sugieren que los rendimientos y la producción podrían aumentar para el año 2050 tanto bajo un escenario de CC como No-CC para los cultivos modelados (Figura 7). El crecimiento de la producción de frijoles y maíz es especialmente pronunciado. Sin embargo, la introducción de factores de estrés climático puede tener un impacto negativo severo en la producción de frijol, reduciendo su crecimiento en 55,6 pp por debajo del punto de referencia No-CC. El impacto del CC sobre la producción de maíz es comparativamente leve (-1,5 pp), y el arroz puede experimentar un aumento significativo en producción en tales condiciones (+10,8 pp). En la Figura 8, se proyecta que las tendencias del comercio de frijoles y arroz se mantendrán en los niveles actuales para el año 2050 tanto bajo CC como No-CC. Sin embargo, se prevé que el déficit comercial de maíz aumentará. En algunos de los MCG, el déficit proyectado es menor con CC que sin él, tal vez debido a que la pérdida de rendimiento de maíz en toda la región por CC nivela el campo de juego en cuanto a la ventaja comparativa.

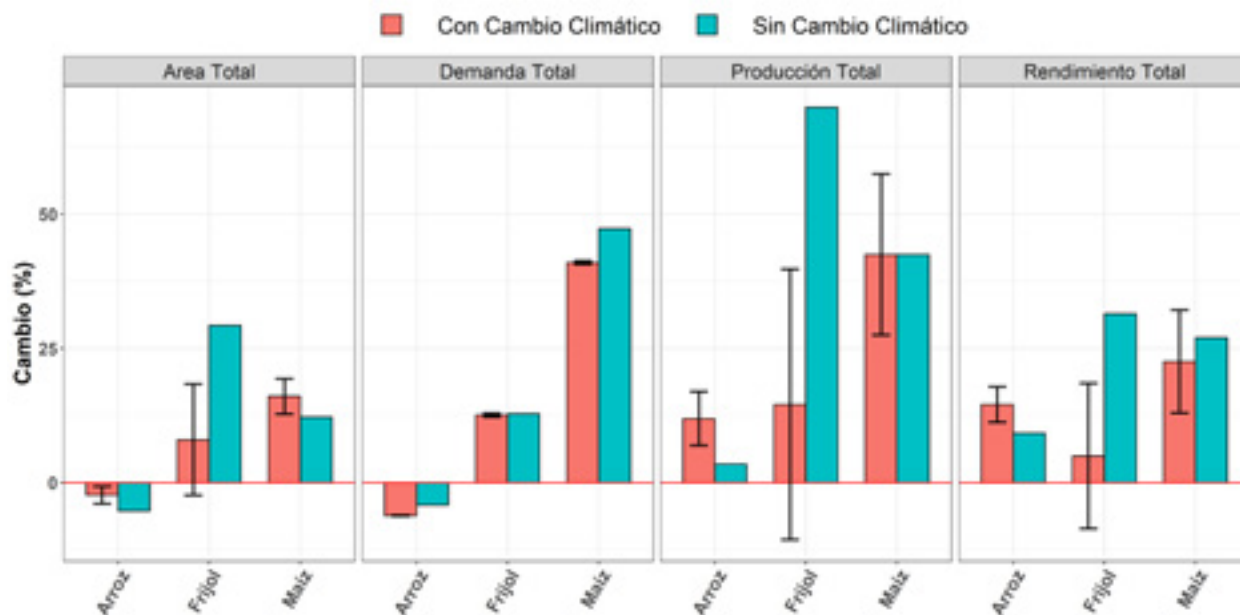


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



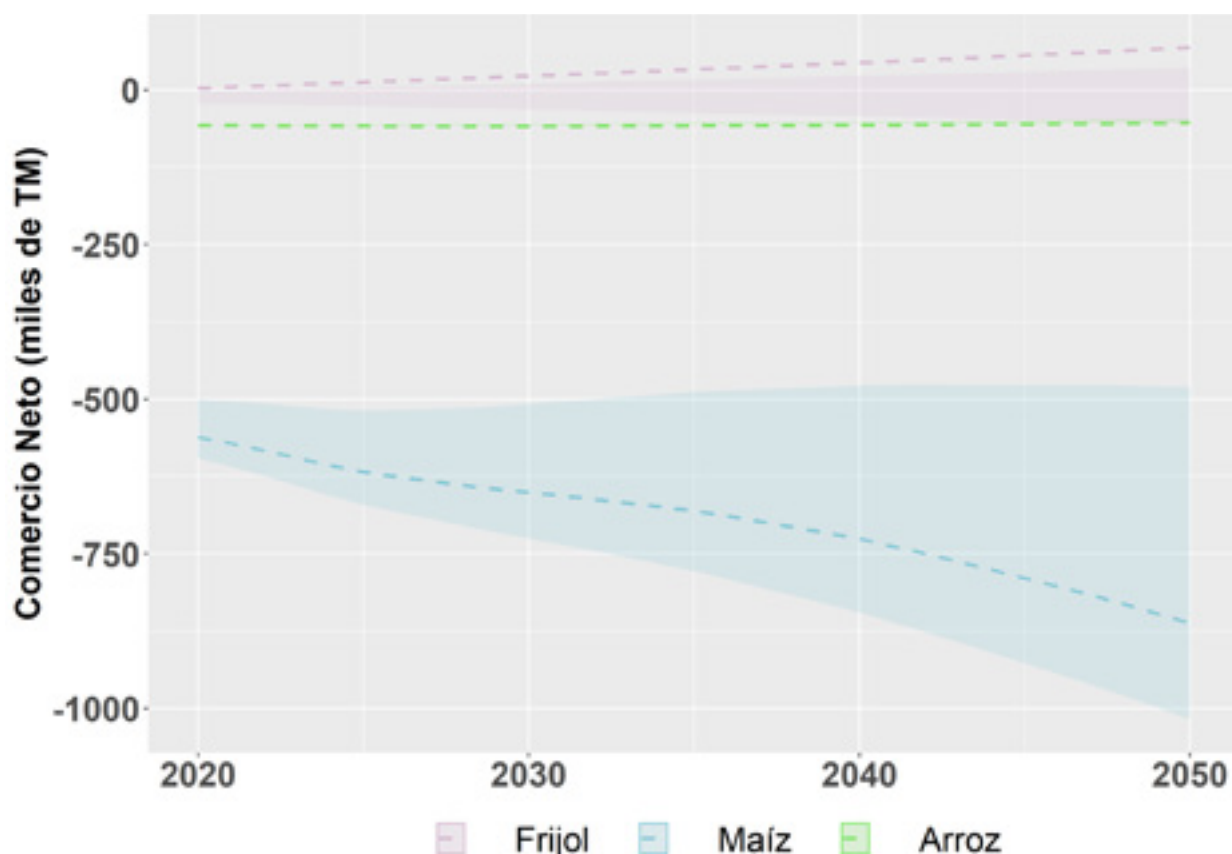


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

Para limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) citan la agricultura y el uso del suelo como elementos clave para la acción climática. De hecho, la contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de El Salvador al Acuerdo de París de 2015 reconoce los impactos significativos del cambio climático (es decir, cambios en la precipitación y la temperatura) en el sector agrícola y prioriza las acciones de adaptación y mitigación para aumentar la resiliencia y reducir las emisiones [6]. Estas medidas incluyen el cambio de la agricultura tradicional hacia una sostenible.

El Salvador y otros países de ALC pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector

agrícola mediante la adopción de otras prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Esto puede incluir la expansión continua de prácticas agrícolas de labranza cero, manejo de nutrientes de precisión (fertilizantes), cultivos intercalados y rotaciones de cultivos más avanzadas.

El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los cultivos orientados a la exportación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado, y una gestión y planificación responsable del suelo. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en la parte tropical de América Latina, El Salvador dependerá cada vez más del comercio

con las zonas más templadas del mundo, incluyendo el Cono Sur, para garantizar la seguridad alimentaria nacional. La estabilidad política y del mercado financiero será clave para garantizar que

se aprovechen estas oportunidades potenciales. A continuación, se resumen los mensajes clave para las intervenciones de políticas y el camino a seguir para las medidas de adaptación.

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 3°C para el año 2050. El calentamiento será más pronunciado en la región baja de la costa del Pacífico.</li> <li>• En general, se espera una reducción de las precipitaciones en todo El Salvador durante la actual temporada de lluvias. En áreas más húmedas, es probable que las precipitaciones aumenten tanto en magnitud como en frecuencia.</li> <li>• El aumento de la actividad de las tormentas tropicales, junto con la intensificación de las sequías e inundaciones inducidas por El Niño/La Niña, representan un riesgo significativo para los rendimientos de los cultivos y el desempeño económico general del sector agrícola en El Salvador.</li> </ul>	<p>La adaptación es clave, especialmente para aumentar la productividad y la resistencia de los cultivos básicos en condiciones de cambio climático. Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas (es decir, diversificación de cultivos, CSA, uso de variedades mejoradas, siembra directa, cultivos intercalados, manejo de nutrientes de precisión e integración del conocimiento indígena)</li> <li>• Manejo de bosques, suelos y agua</li> <li>• Incrementar la eficiencia en el uso del agua (es decir, expansión y/o rehabilitación de sistemas de riego)</li> <li>• Desarrollar mecanismos para informar y orientar la política de adaptación al cambio climático a nivel departamental y municipal.</li> <li>• Investigación agrícola:             <ul style="list-style-type: none"> <li>» Realizar los análisis necesarios para identificar y priorizar las opciones de investigación de adaptación al CC.</li> <li>» Realizar estudios de viabilidad sobre opciones de diversificación/rotación de cultivos.</li> <li>» Evaluar nuevas tecnologías agrícolas para cultivos resistentes al calor y las inundaciones.</li> <li>» Evaluar la viabilidad de cultivos resilientes al CC como la yuca como fuentes alternativas de carbohidratos y nutrientes.</li> </ul> </li> </ul>
Agricultura	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta una disminución sustancial para los rendimientos de frijol y maíz, aunque menor para los sistemas bajo riego.</li> <li>• Se proyecta un modesto aumento para el rendimiento del arroz, mayor para los sistemas bajo riego.</li> <li>• Pérdidas de rendimiento proyectadas especialmente severas en el sureste.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para el cultivo de banano y café (arábica y robusta) disminuirán drásticamente.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para el cultivo de caña de azúcar aumentarán, especialmente en las zonas bajas del departamento de Sonsonate a lo largo de la costa.</li> <li>• Se proyecta que el déficit comercial de maíz aumentará.</li> </ul>	

En un esfuerzo por limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático de la CMNUCC —177 de 189— citan la agricultura y el uso del suelo como una fuente clave de potencial de adaptación y/o mitigación [7]. La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de El Salvador al Acuerdo de París indica que el país identificará metas cuantificables para la transformación de su sistema agrícola antes de la COP22. La iNDC destaca los esfuerzos para mejorar la sostenibilidad de su producción de caña de azúcar, reducir la deforestación y desarrollar un plan para transformar la producción agrícola en la parte oriental del país. La iNDC también destaca el riego por goteo, los sistemas de producción sin quema (especialmente para la caña de azúcar), sombreado para la producción de café y mejores sistemas de gestión ganadera. También aboga por la expansión de la producción de frutas y cacao menos sensibles a los aumentos de temperatura. Entretanto, el país ya ha invertido considerablemente en mejores servicios climáticos, impulsado por un aumento en el número de estaciones meteorológicas en todo el país. Actualmente, las estrategias agroforestales también se implementan ampliamente en todas las plantaciones de café de El Salvador. Otras posibles estrategias de adaptación en el país incluyen la diversificación de cultivos, una mejor conservación del agua y una mejor gestión del estiércol de ganado, incluyendo sistemas de pastoreo de “corte y transporte” [8]. Estos esfuerzos han sido guiados por varias políticas clave: la agricultura se incluye de manera central en la Estrategia Nacional de Medio Ambiente y la Estrategia Nacional de Biodiversidad, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, la Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático para la Agricultura, la Silvicultura y la Pesca, y el Plan de Agricultura Familiar, entre otros.

El Salvador y otros países de América Latina pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola adoptando otras prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Esto puede incluir la expansión continua de prácticas agrícolas de labranza cero, manejo de nutrientes de precisión (fertilizantes), cultivos intercalados y rotaciones de cultivos más avanzadas. El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los

cultivos orientados a la exportación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado, y una gestión y planificación responsable del suelo. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en la parte tropical de América Latina, El Salvador dependerá cada vez más del comercio con las zonas más templadas del mundo, incluyendo el Cono Sur, para garantizar la seguridad alimentaria nacional. Cabe destacar que el país ha demostrado un compromiso de larga data con la liberalización del comercio. El Salvador fue el primer país en ratificar el Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana y Centroamérica. La estabilidad política y del mercado financiero será clave para garantizar que se aprovechen estas oportunidades potenciales. Los mensajes clave para las intervenciones de política y el camino a seguir para las medidas de adaptación se resumen en la Tabla 2.

## Referencias:

- [1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. Disponible en: <http://data.worldbank.org/indicator>
- [2] MIT Observatory of Economic Complexity. 2018. Perfil de País de El Salvador. <https://oec.world/en/profile/country/slv/>
- [3] FIDA; OMS; ONUAA; PMA; UNICEF. 2017. The State of Food Security and Nutrition in the World 2017, Building resilience for peace and food security. [www.fao.org/3/a-l7695e.pdf](http://www.fao.org/3/a-l7695e.pdf)
- [4] ONUAA 2015. Perfil de País de Aquastat: El Salvador. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Roma. Disponible en: [http://www.fao.org/nr/water/aguastat/countries\\_regions/SLV/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aguastat/countries_regions/SLV/index.stm)
- [5] USAID. 2017. Climate Risk Profile: El Salvador. Washington, D.C., EE.UU. <http://bit.ly/3a6mo3g>
- [6] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2018. Tercera Comunicación de Cambio Climático El Salvador. <http://bit.ly/2PzEe6R>
- [7] CCAFS (2015). Info Note: Agriculture’s prominence In the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/62364/retrieve>. Información detallada del país sobre la agricultura en las INDC, disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/73255>
- [8] Banco Mundial; CIAT; CATIE. 2015. Climate-Smart Agriculture in El Salvador CSA Country Profiles for Latin America Series. 2da. ed. Washington D.C.: The World Bank Group.



# XI. Guatemala

## 1. Contexto

La agricultura sigue desempeñando un papel importante, aunque en declive, en Guatemala. El sector representa el 10,1% del PIB, 12,7 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 22,8% en 2000. Los productos agrícolas representaron el 30,5% de todas las exportaciones en 2017, 2,7 puntos porcentuales más que en 2009. Los empleos en la agricultura representan el 29,4% de todo el empleo en el país, 6,7 puntos porcentuales menos que hace 8 años [1]. Los impactos del cambio climático presentan un riesgo significativo para el rendimiento de los cultivos y el desempeño económico general del sector agrícola y la economía. De hecho, las tormentas tropicales, los huracanes, las sequías y las lluvias extremas son las principales amenazas climáticas que enfrenta actualmente la agricultura guatemalteca. Por lo tanto, una mejor comprensión de los impactos del cambio climático en cultivos específicos ayudará en la toma de decisiones. Para ello, en este informe se presentan los resultados de la modelación de clima, de cultivos y económica (promediados durante 2020-2050), en relación con la producción y el comercio agrícolas del país, enmarcados en el contexto regional de ALC. Con base en estas tendencias, se proponen medidas de adaptación al final del informe.

## 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de ALC. En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

En Guatemala, se proyecta que las precipitaciones disminuirán drásticamente en gran parte del país para el año 2050, en algunas áreas hasta en un 30%. La disminución proyectada es especialmente pronunciada en el norte durante la temporada de lluvias de junio a agosto (Figura 1). Entretanto, se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán entre 1°C y 2,5°C en todo el país. La agricultura del futuro en el país puede, por tanto, tener que lidiar con el aumento del estrés por calor y agua simultáneamente.

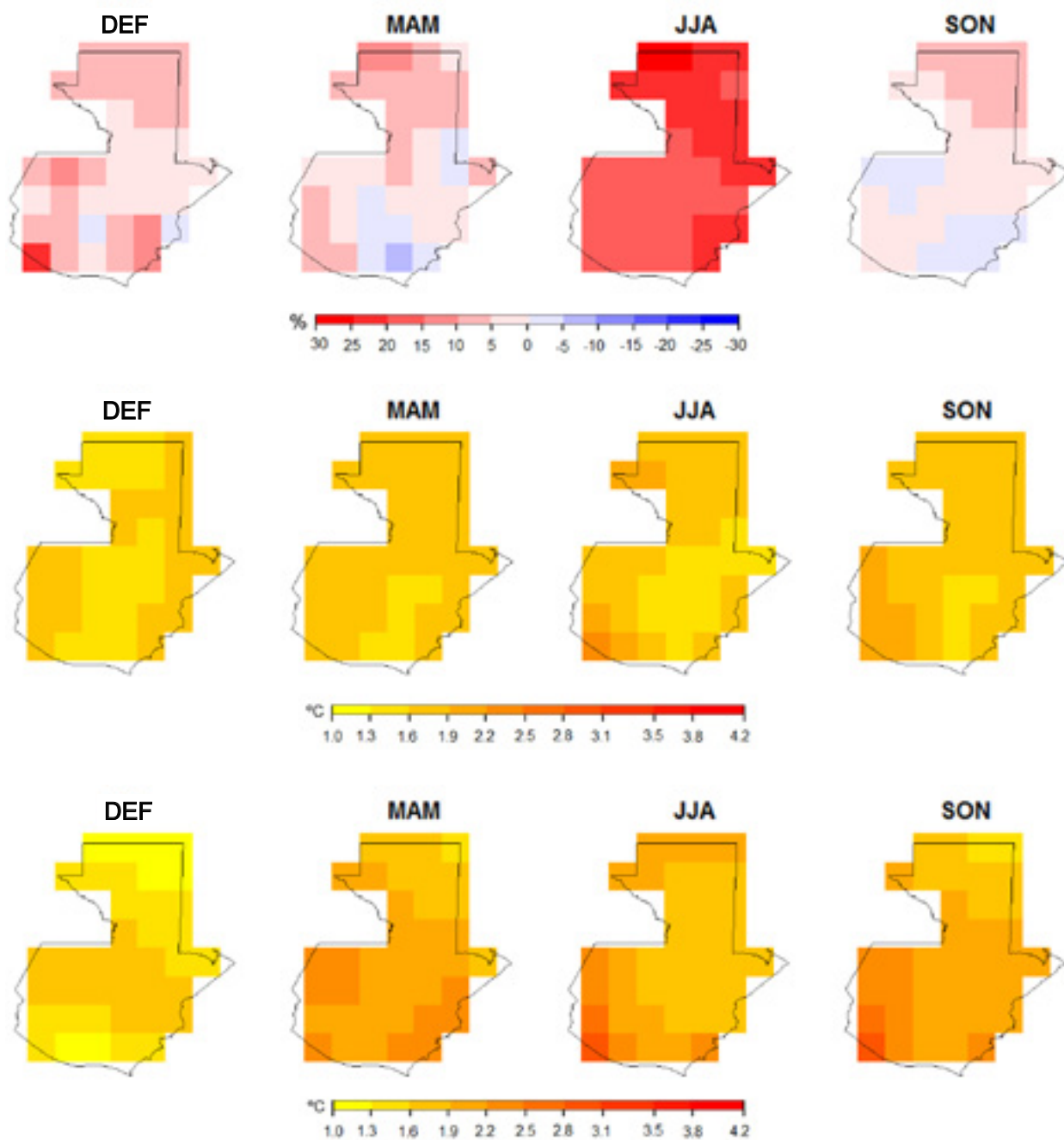


Figura 1: Cambio en precipitación (de arriba a abajo), temperatura máxima y temperatura mínima promediadas en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.



### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz y frijoles para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

En Guatemala, se proyecta que los rendimientos de maíz disminuirán sustancialmente en todo el país: un 20,2% para los sistemas bajo riego y un

12,4% para los sistemas de secano, respectivamente (Figura 2). Esto sugiere que el riego por sí solo puede ser insuficiente para contrarrestar la fuerte disminución de las precipitaciones y las temperaturas más altas que se ven en la Figura 1. Los rendimientos del arroz, por otro lado, denotan una resiliencia considerable, con un aumento de rendimiento proyectado del 38% en promedio. Los rendimientos del frijol también parecen evidenciar cierta resiliencia, aunque la vista desagregada geográficamente que se presenta en la Figura 3 revela que hay una variación importante que se esconde detrás de este promedio nacional. Cabe resaltar también, que las disminuciones proyectadas en el rendimiento del maíz son especialmente severas en la frontera norte y las zonas costeras del Pacífico, siendo las zonas montañosas menos afectadas. La resiliencia del arroz es especialmente pronunciada en el centro del país.

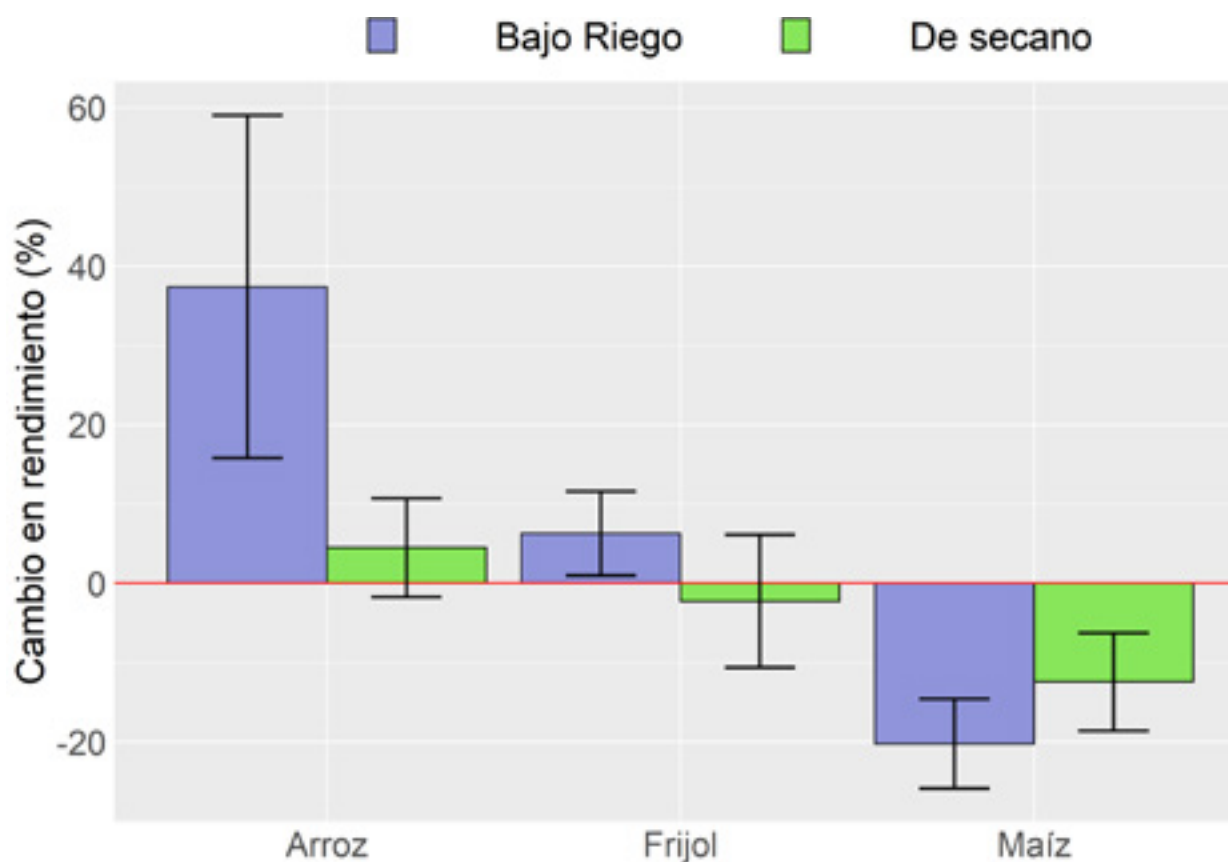


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

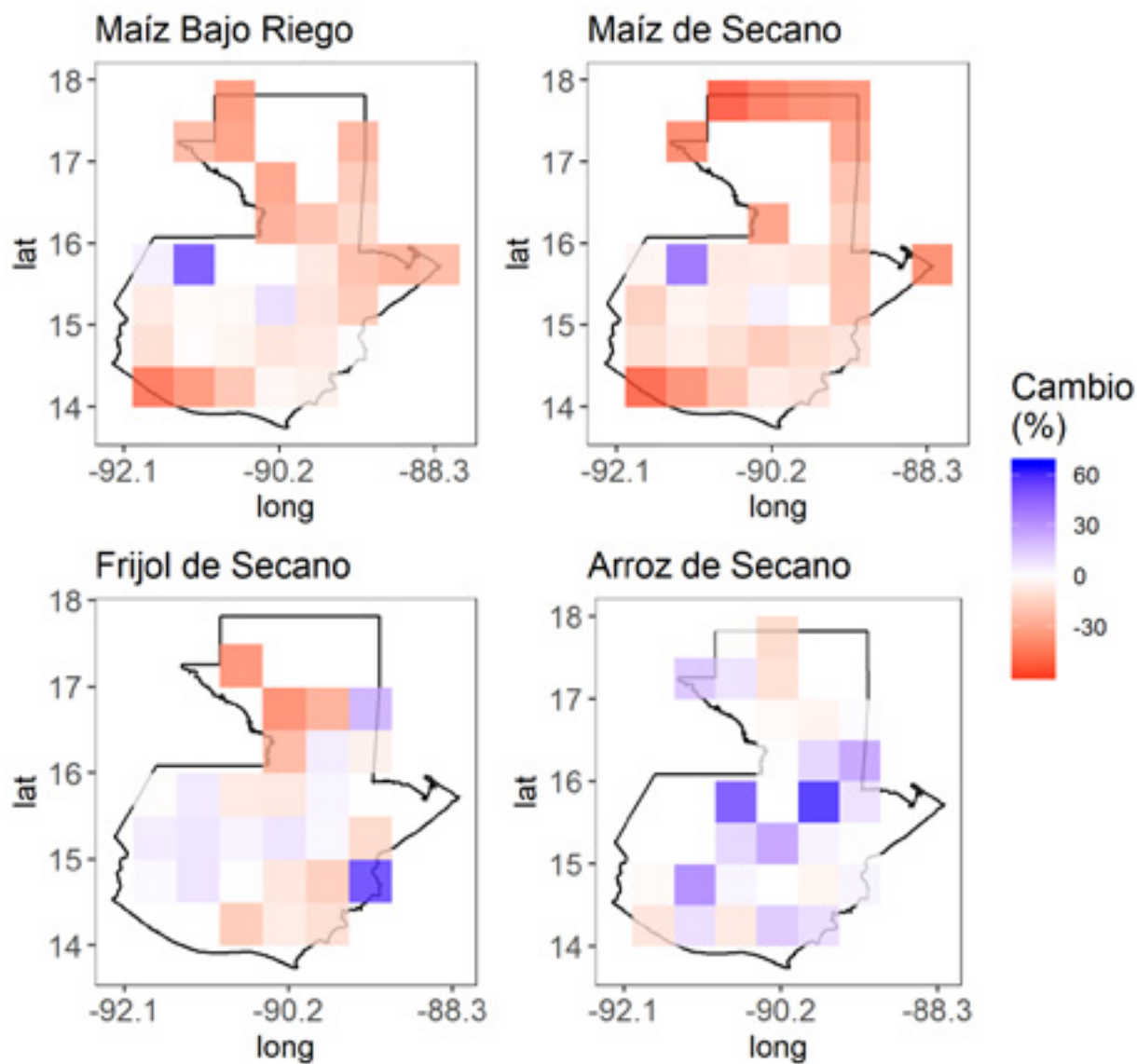


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, yuca, papa y caña de azúcar utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo dado.

Los modelos sugieren disminuciones sustanciales en áreas aptas para banano, café (robusta y arábica) y papa para el año 2050 (Figura 2). Por otro lado, se proyecta las áreas aptas para la caña de azúcar y la yuca aumentarán. Sin embargo, la vista desagregada geográficamente en la Figura 5 revela una variación importante que se esconde detrás de estos promedios nacionales. La pérdida proyectada de aptitud del banano se concentra en el norte, aunque esto se compensa en parte por dos focos de resiliencia y una mayor aptitud en la mitad sur del país. Entretanto, se proyecta que la aptitud de la caña de azúcar aumentará en las áreas del norte donde la aptitud del banano disminuye. Es importante tener en cuenta que el norte consiste en bosques densos, por lo que la expansión de la frontera agrícola en

esta zona implica cierto grado de deforestación.

La pérdida de aptitud de la papa se concentra en las tierras altas donde se cultiva actualmente. La yuca, por otro lado, denota una notable resiliencia en todo el país. Actualmente, la yuca no se cultiva en cantidades significativas en Guatemala; sin embargo, esta resiliencia potencial puede convertirla en una fuente alternativa atractiva de carbohidratos y nutrientes, especialmente considerando la fuerte disminución de los rendimientos de maíz proyectada para el año 2050.

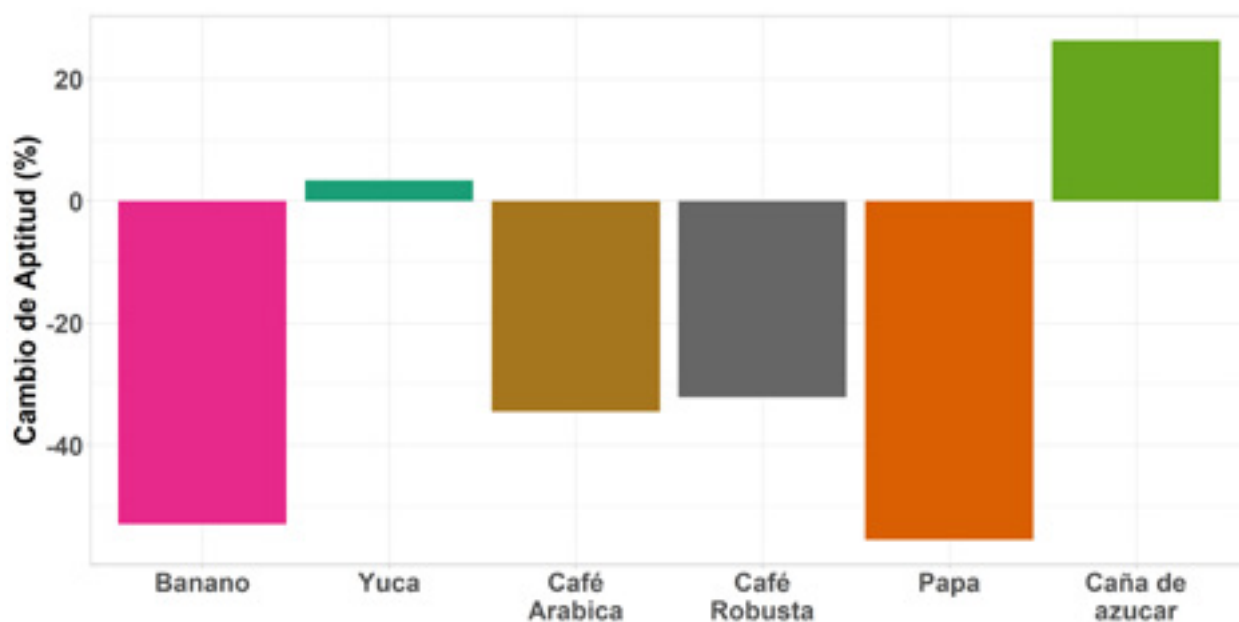


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050).

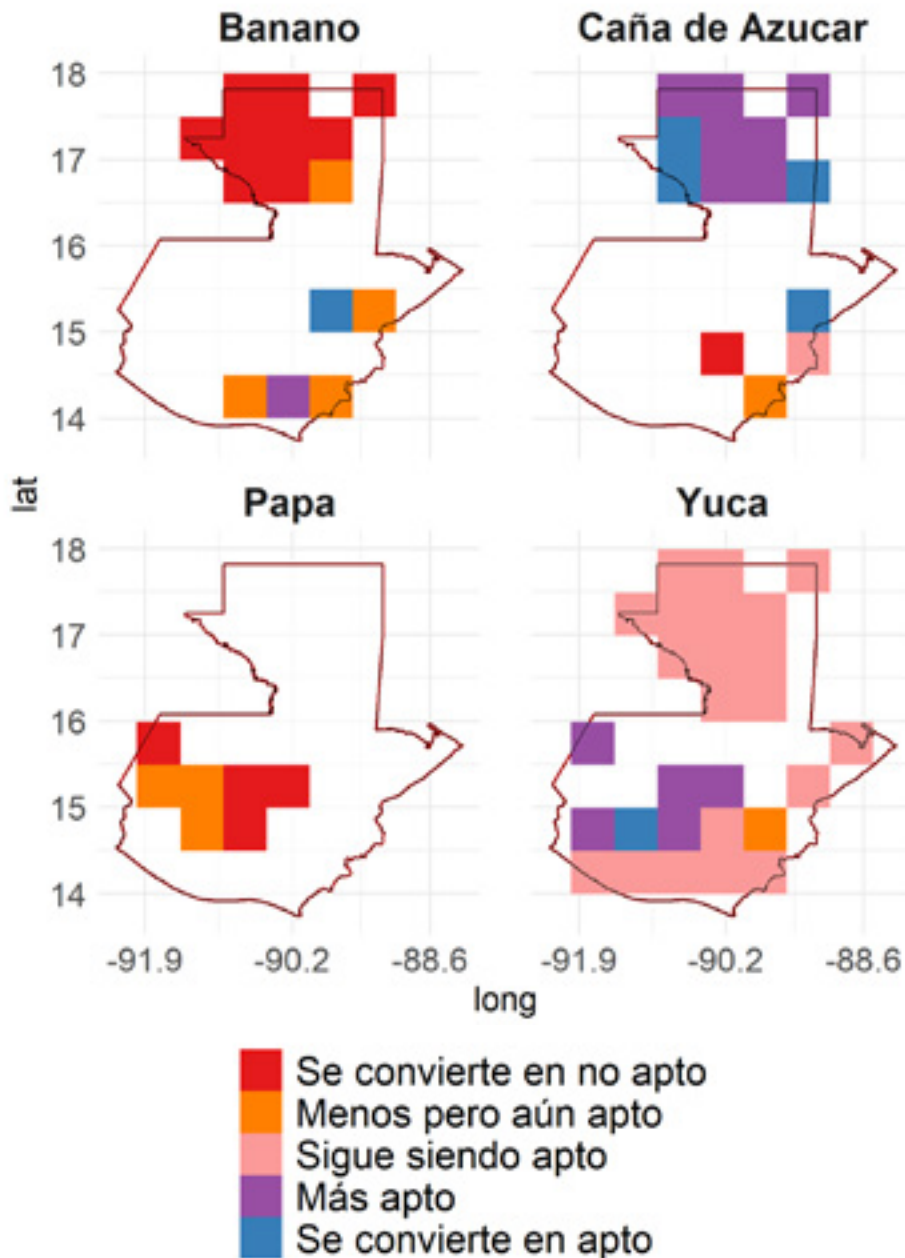
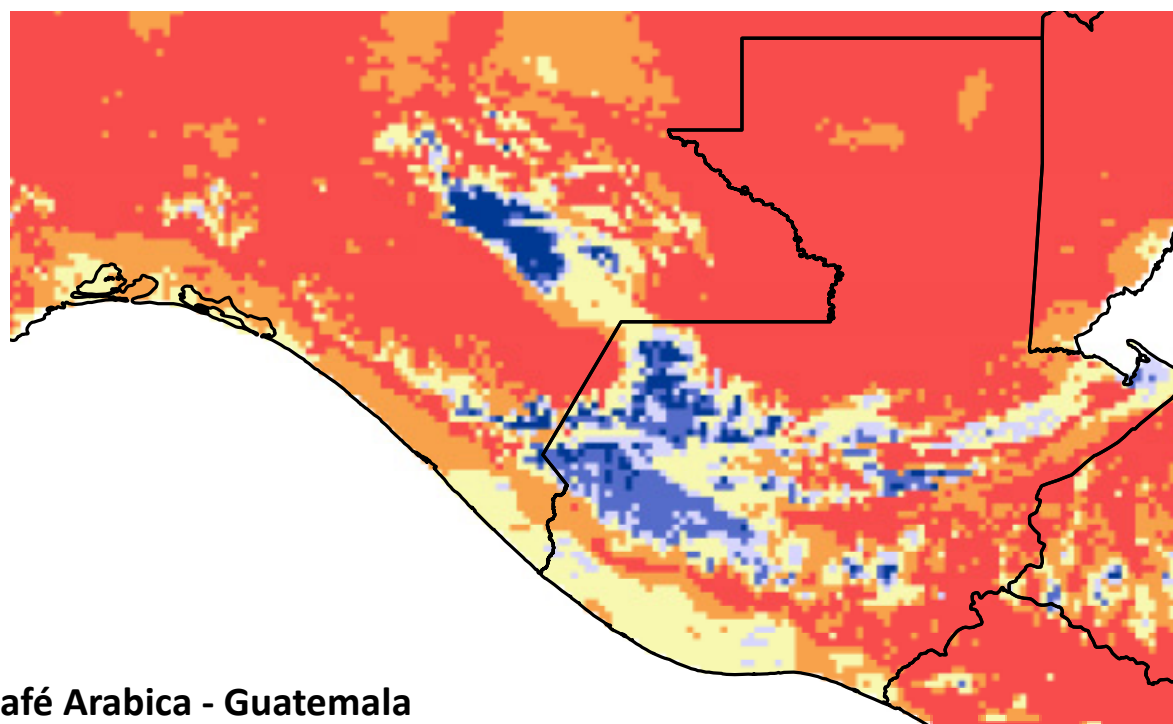
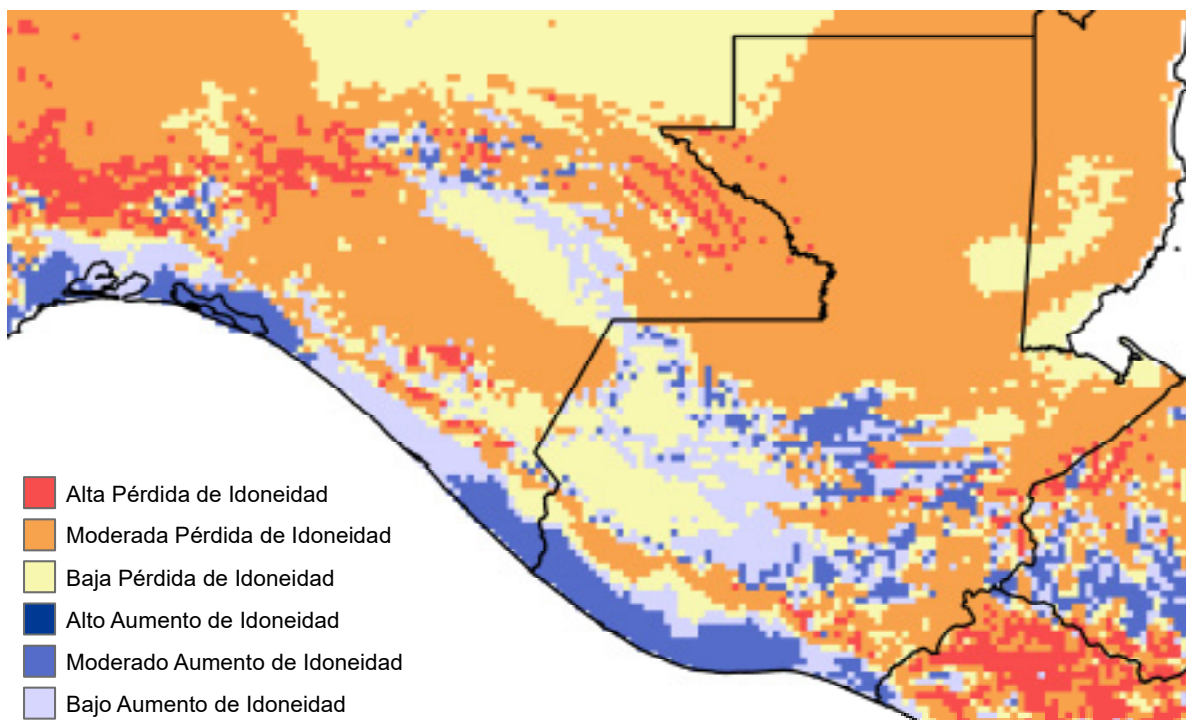


Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

Entretanto, los mapas de impacto de aptitud del café en la Figura 6, revelan que la mayor parte de la disminución en la aptitud de arábica y robusta indicada en la Figura 4 se concentra en áreas bajas que ya no son aptas para el cultivo de café. Además, esto se compensa con aumentos sus-

tanciales en la aptitud proyectados en las tierras altas. Para robusta, también se proyecta que una amplia franja a lo largo del piedemonte del Pacífico aumentará en aptitud.

## Café Robusta - Guatemala



## Café Arabica - Guatemala

Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89.

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café para 2050.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

En Guatemala, se proyecta que la producción y el área agrícolas aumentarán en los escenarios de CC y No-CC para el año 2050 (Figura 7). Sin embargo, el cambio climático puede reducir el crecimiento de la producción de maíz en 23,8 puntos porcentuales (pp) por debajo del punto de referencia No-CC. El crecimiento de la producción de frijol y arroz, por otro lado, puede aumentar 18,3 pp y 53,7 pp por encima del punto de referencia No-CC. En cuanto al comercio en la Figura 8, este aumento de la producción es en gran medida suficiente para satisfacer la creciente demanda interna para el año 2050, mientras que el menor crecimiento del maíz bajo un escenario de CC se refleja en una trayectoria pronunciada de déficit comercial.

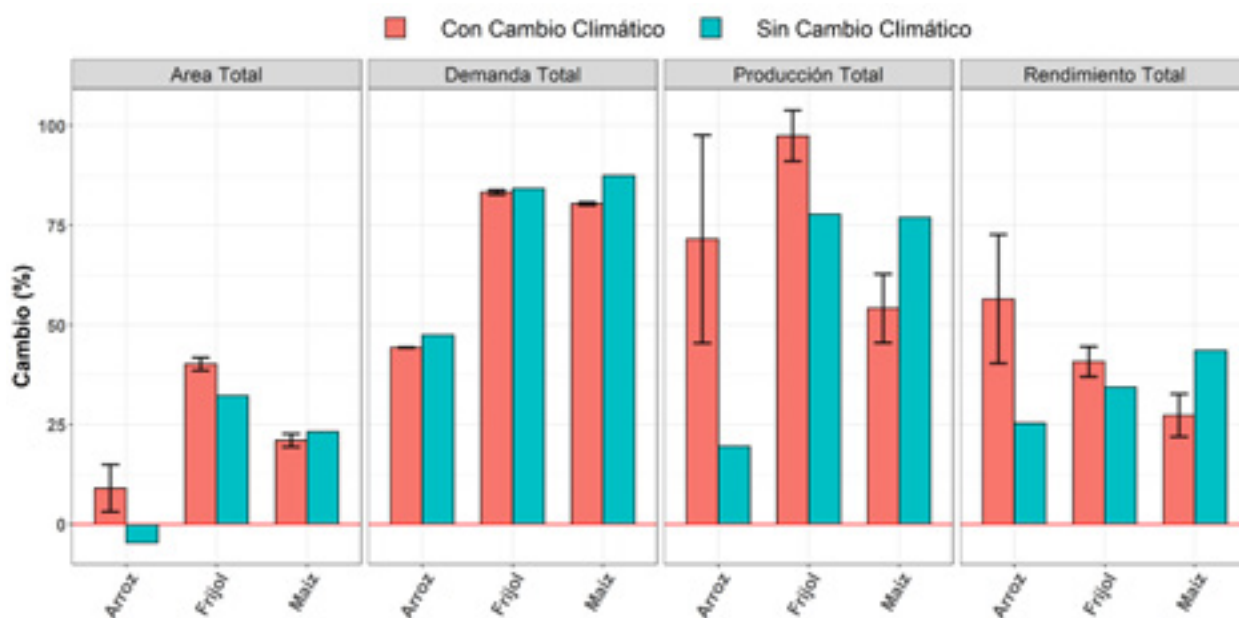


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



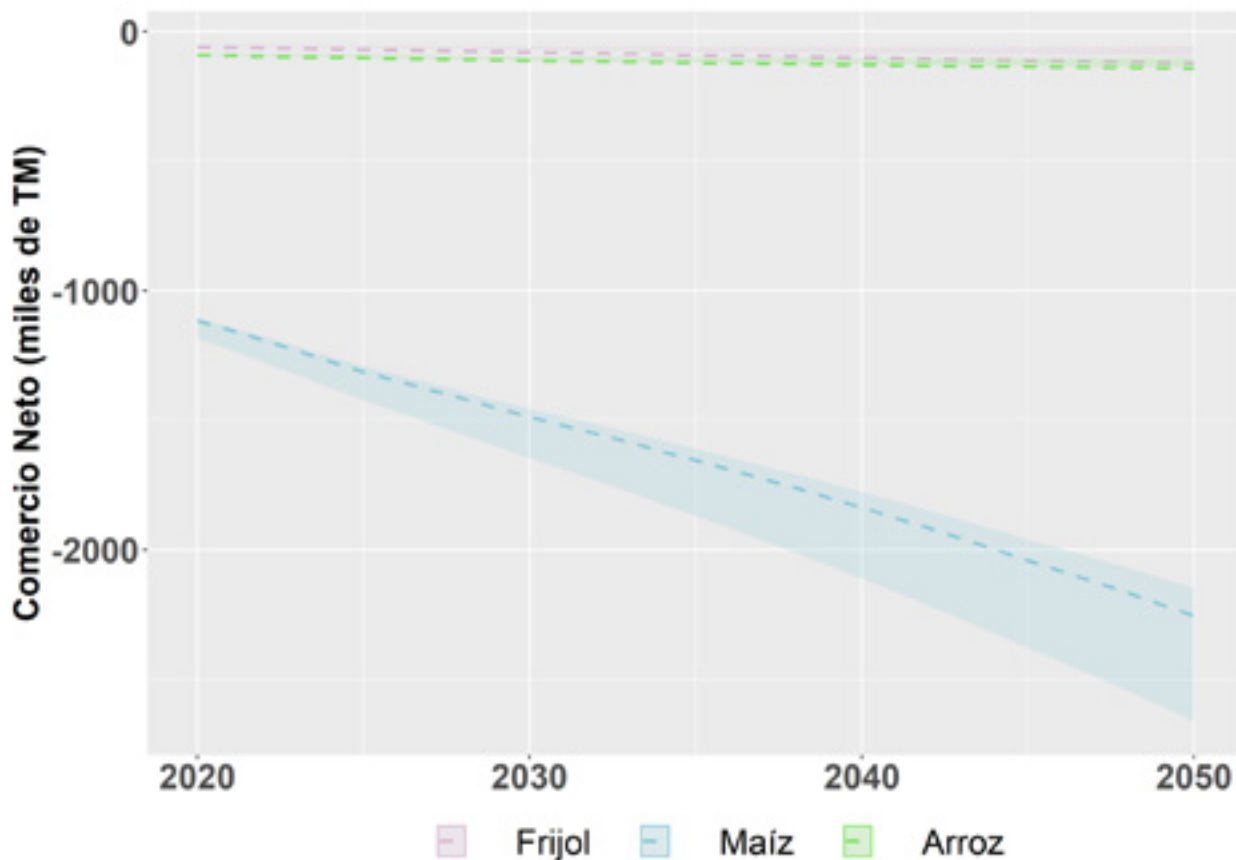


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

Para limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) citan la agricultura y el uso del suelo como elementos clave para la acción climática [2]. De hecho, la contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Guatemala al Acuerdo de París de 2015 prioriza las actividades de adaptación y mitigación agrícolas [3].

Guatemala y otros países de ALC pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola mediante la adopción de otras prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases

de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Esto puede incluir la expansión continua de prácticas agrícolas de labranza cero, manejo de nutrientes de precisión (fertilizantes), cultivos intercalados y rotaciones de cultivos más avanzadas. Además, dada la cambiante aptitud de los cultivos (es decir, la caña de azúcar) proyectada aquí, la planificación intersectorial entre los sectores forestal y agrícola será clave para proteger la megadiversidad del país y las vastas áreas protegidas. El desarrollo de variedades de trigo y maíz tolerantes al calor y la sequía puede ser particularmente relevante para Guatemala, dadas las importantes pérdidas de rendimiento proyectadas para estos cultivos.

El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los cultivos orientados a la ex-

portación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado, y una gestión y planificación responsable del suelo. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en la parte tropical de América Latina, Guatemala dependerá cada vez más del comercio con las zonas más templadas

del mundo, incluyendo el Cono Sur, para garantizar la seguridad alimentaria nacional. La estabilidad política y del mercado financiero será clave para garantizar que se aprovechen estas oportunidades potenciales. A continuación, se resumen los mensajes clave para las intervenciones de políticas y el camino a seguir para las medidas de adaptación.

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán entre 1°C y 2,5°C en todo el país para el año 2050.</li> <li>• Se proyecta una fuerte reducción de las precipitaciones en Guatemala, especialmente durante el período de junio a agosto.</li> <li>• El cambio climático presenta un riesgo significativo para el rendimiento de los cultivos y el desempeño económico general del sector agrícola en Guatemala. Los eventos de sequía e inundaciones, el aumento de las temperaturas y las tormentas tropicales continuarán afectando negativamente la producción.</li> </ul>	<p>La adaptación es clave, especialmente para aumentar la productividad y la resistencia de los cultivos básicos en condiciones de cambio climático. Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas (es decir, diversificación de cultivos, CSA, uso de variedades mejoradas, siembra directa, cultivos intercalados, manejo de nutrientes de precisión e integración del conocimiento indígena)</li> <li>• Manejo de bosques, suelos y agua</li> <li>• Incrementar la eficiencia en el uso del agua (es decir, expansión y/o rehabilitación de sistemas de riego)</li> <li>• Investigación agrícola: <ul style="list-style-type: none"> <li>» Identificación y priorización de opciones de adaptación para los cultivos más relevantes</li> <li>» Evaluación <i>ex ante</i> del impacto de la tecnología resistente al calor y la sequía para maíz y frijol.</li> <li>» Y/o evaluación de alternativas comerciales como la caña de azúcar y el arroz, que se proyecta que aumentarán en rendimiento bajo un escenario de CC.</li> <li>» Realizar estudios de viabilidad sobre diversificación/rotación de cultivos.</li> <li>» Evaluar la viabilidad de cultivos básicos resilientes al CC como la yuca como fuente alternativa de carbohidratos y nutrientes.</li> </ul> </li> <li>• Al expandir la frontera agrícola, los planificadores deben considerar cuidadosamente los pros y contras de reemplazar los bosques por agricultura.</li> </ul>
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que los rendimientos de maíz y frijol disminuirán sustancialmente para el año 2050 debido al cambio climático. El riego por sí solo no es suficiente para contrarrestar esta tendencia. Es posible que se requieran nuevas variedades tolerantes al calor y la sequía.</li> <li>• Se proyecta que la producción de arroz bajo riego aumentará en todo el país debido al cambio climático.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para el cultivo de banano disminuirán drásticamente, especialmente en el norte.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para la caña de azúcar aumentarán en el norte.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para el cultivo de café arábica y robusta disminuirán en las elevaciones más bajas; aunque esto se compensa con una mayor aptitud en elevaciones más altas.</li> <li>• Se proyecta que Guatemala dependerá cada vez más de las importaciones de frijoles y maíz.</li> </ul>	

## Referencias:

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. <http://data.worldbank.org/indicator>

[2] CCAFS. 2015. Info Note: Agriculture's prominence in the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/62364/retrieve>. Información detallada del país sobre la agricultura en las INDC, disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/73255>

[3] **Contribución determinada a nivel nacional de Guatemala**



## XII. Honduras

### 1. Contexto

La agricultura sigue jugando un papel importante en Honduras. El sector representa el 12,9% del PIB, sólo 1,5 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 14,4% en 2000. Los productos agrícolas representaron el 14,7% de todas las exportaciones en 2015, 1,4 puntos porcentuales más que en 2006. Los trabajos en la agricultura representan el 28,5% de todo el empleo en el país, 8,6 puntos porcentuales menos que hace 8 años [1]. Sin embargo, el cambio climático presenta un riesgo significativo para el rendimiento de los cultivos y el desempeño económico general del sector agrícola. Honduras se encuentra entre los países más vulnerables al cambio climático en Centroamérica. Gran parte del país se encuentra en el Corredor Seco Centroamericano y, por lo tanto, es propenso a sufrir sequías severas. Las tormentas tropicales y las inundaciones también afectan la agricultura hondureña. Por lo tanto, una mejor comprensión de los impactos del cambio climático en cultivos específicos ayudará en la toma de decisiones. Para ello, en este informe se presentan los resultados de la modelación de clima, de cultivos y económica (promediados durante 2020-2050), en relación con la producción y el comercio agrícolas del país, enmarcados en el contexto regional de ALC. Con base en estas tendencias, se proponen medidas de adaptación al final del informe.

### 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de ALC. En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

En Honduras, en general, se espera que las precipitaciones disminuyan en todo el país, especialmente durante el período lluvioso de junio a agosto. Con algunas excepciones aisladas, se esperan cambios mínimos en las tendencias actuales de las precipitaciones en el período de septiembre a febrero (Figura 1). Generalmente, en las áreas más húmedas, es probable que las precipitaciones aumenten tanto en magnitud como en frecuencia. Se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán entre 1°C y 2,5°C en todo el país. Los aumentos máximos de temperatura son más pronunciados en el período de septiembre a noviembre, especialmente a lo largo de la costa atlántica.

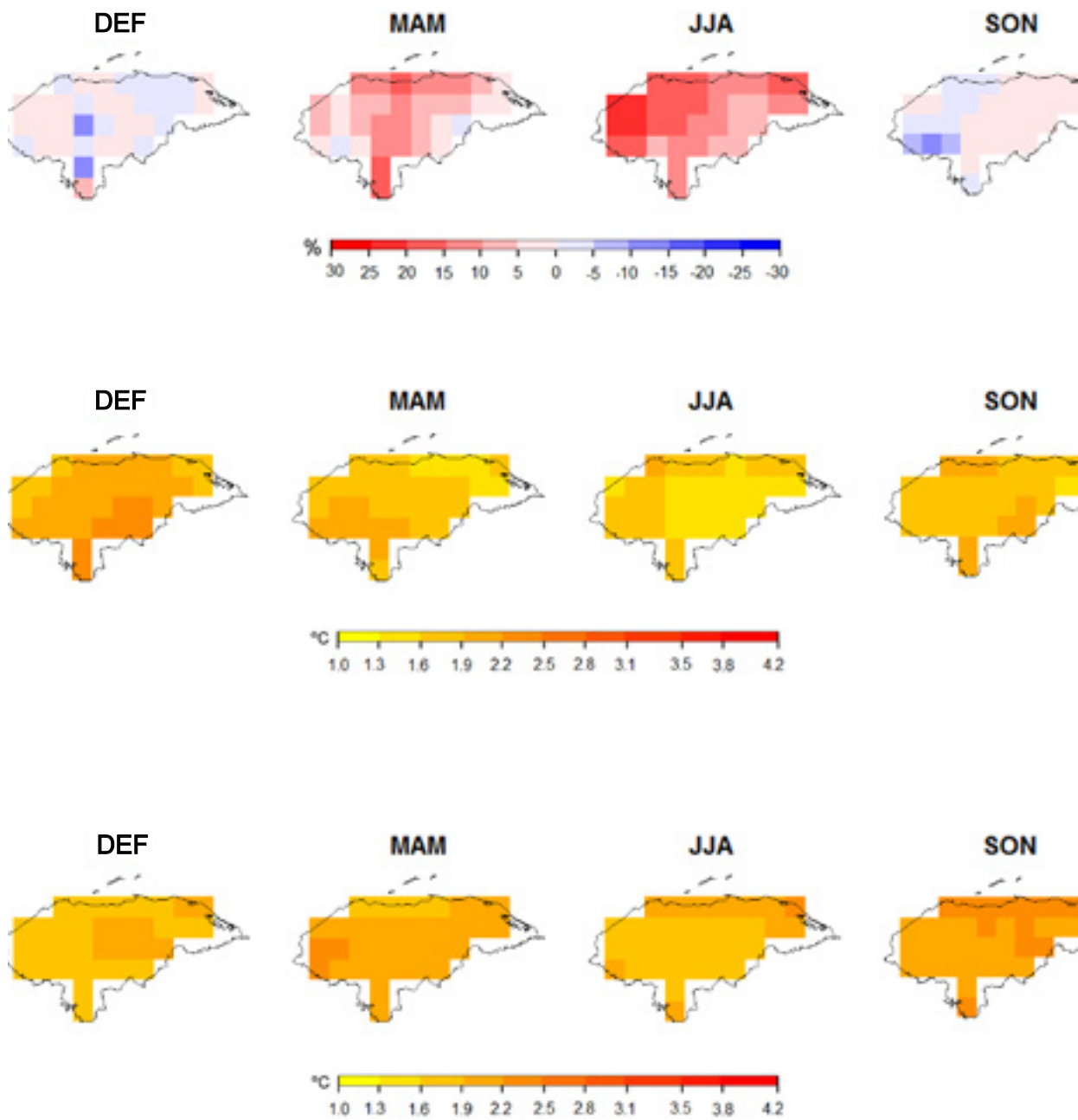


Figura 1: Cambio en precipitación (de arriba a abajo), temperatura máxima y temperatura mínima promediadas en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

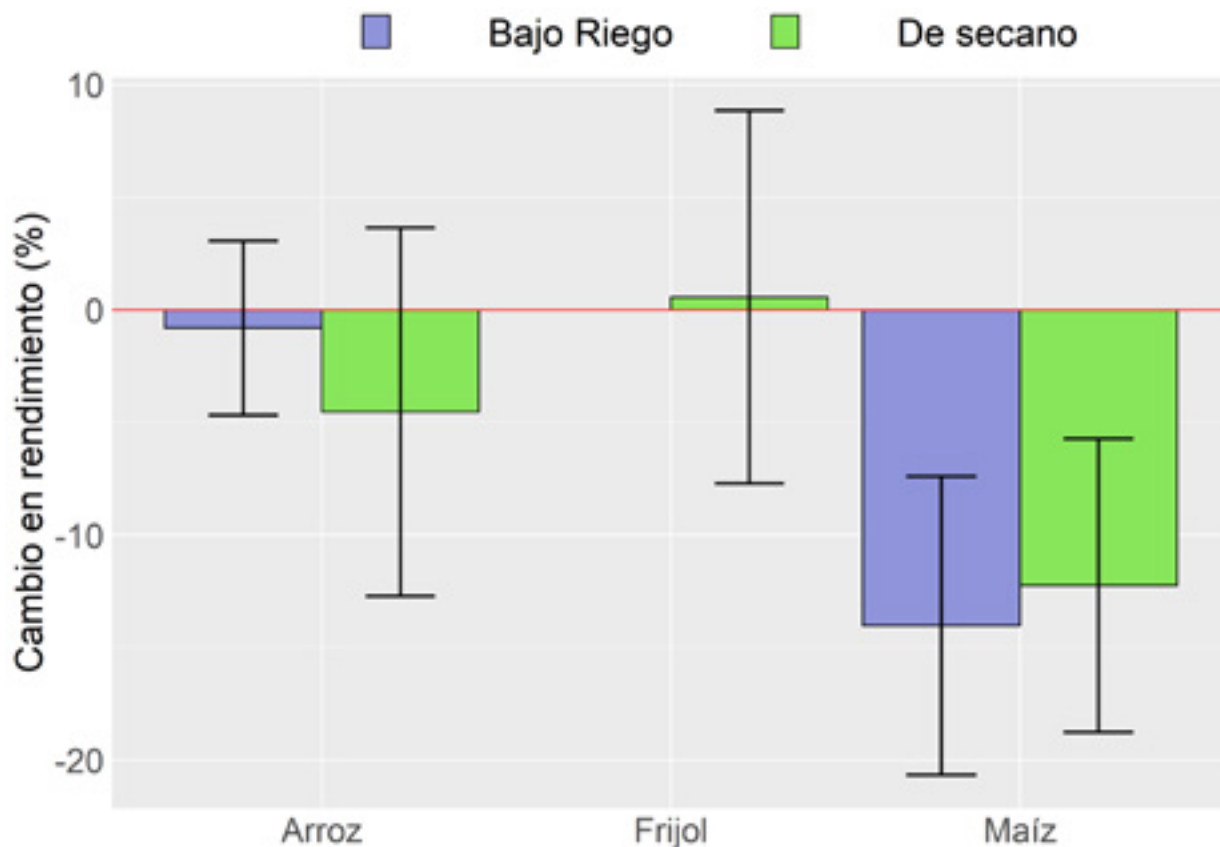


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz y frijoles para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

En Honduras, los resultados de los modelos de cultivos que se muestran en la Figura 2 sugieren que es probable que el maíz bajo riego y de secano experimente una disminución en el rendimiento promedio del 17% y 18%, respectivamente, en relación con un escenario sin cambio climático (No-CC). Los rendimientos del arroz bajo riego y de secano pueden experimentar descensos del 2% y el 5%, respectivamente, mientras que los rendimientos de frijoles

de secano se verán poco afectados. Los mapas de impacto de rendimiento geográficamente explícitos en la Figura 3 revelan una variación importante detrás de estos promedios nacionales.

En esta perspectiva desagregada geográficamente, se proyecta que los rendimientos de maíz de secano disminuirán considerablemente en el norte y el este, especialmente en los departamentos de Cortés, Atlántida y Colón, aunque esta pérdida se compensa parcialmente con focos de rendimiento que aumentan hacia el oeste y el sur. El pequeño aumento en todo el país de los rendimientos de frijoles de secano oculta una disminución generalizada del rendimiento en el norte y el este. A partir de este mapa, es evidente que los aumentos pronunciados del rendimiento en el sur y el oeste del país, especialmente en los departamentos de Ocotepeque, Lempira e Intibucá, son responsables del aumento promedio del rendimiento en todo el país que se informa en la Figura 2. Finalmente, la pequeña disminución en todo el país en los rendimientos de arroz bajo riego oculta algunos focos de aumento considerable del rendimiento, con el aumento más pronunciado proyectado en el departamento de El Paraíso.



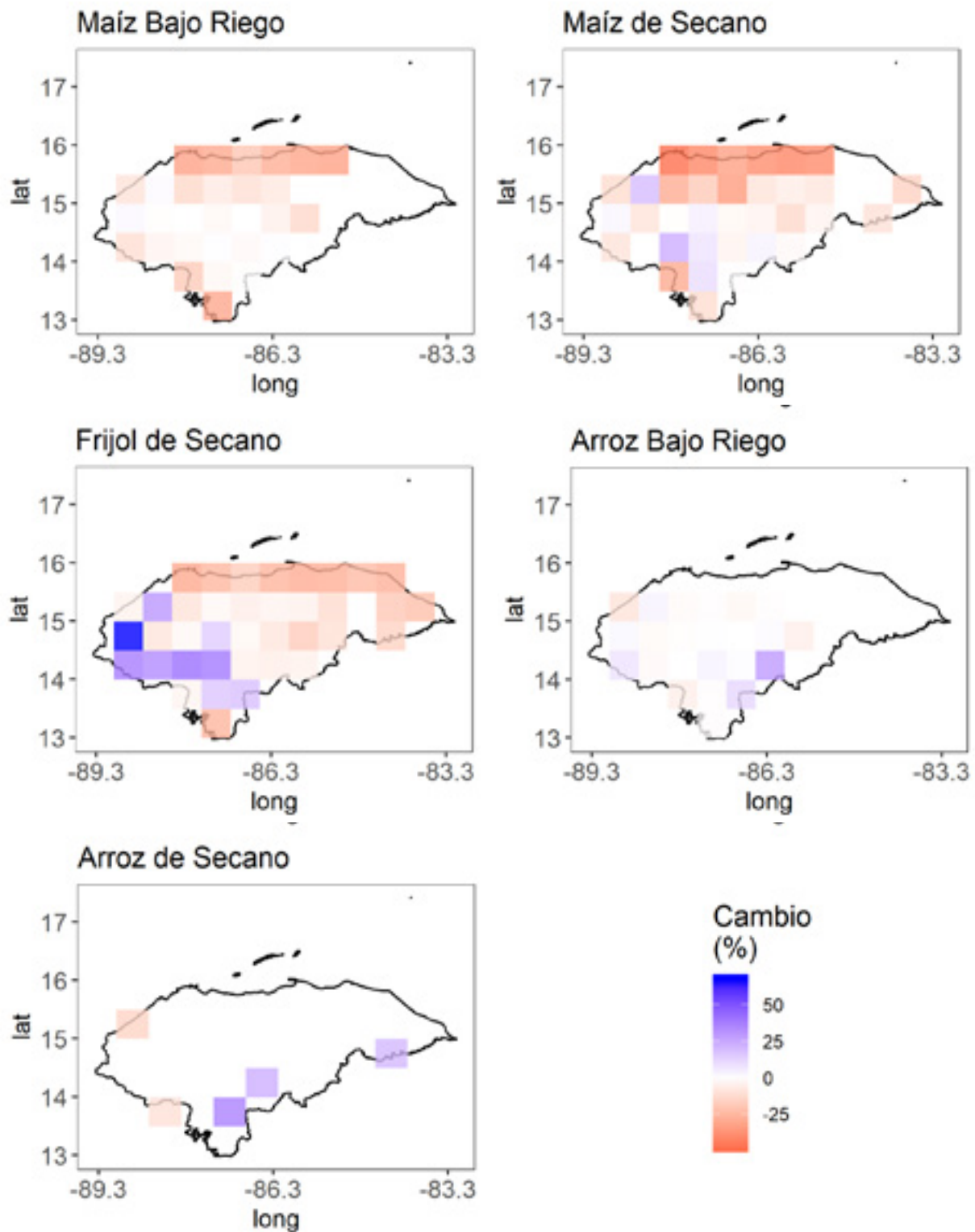


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica para cultivos comerciales y básicos clave, incluyendo el café (robusta y arábica), el banano y la caña de azúcar, utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

La aptitud futura en Honduras varía considerablemente entre cultivos (Figura 4). Se proyecta que el área apta para el banano experimentará una disminución en su aptitud del 8%, especialmente a lo largo de la costa atlántica. Esto es sustancialmente menor que la tendencia regional del 63%. Por otro lado, se proyecta que la superficie apta para el cultivo de café arábica y robusta disminuirá mucho más drásticamente, en un 63% y 27%, respectivamente. Entretanto, se proyecta que la superficie apta para la caña de azúcar aumentará en un 10%. La mejora de la aptitud de la caña de azúcar en Olancho y partes de los departamentos de Yoro y Cortés podría impulsar la deforestación en esta región densamente boscosa.

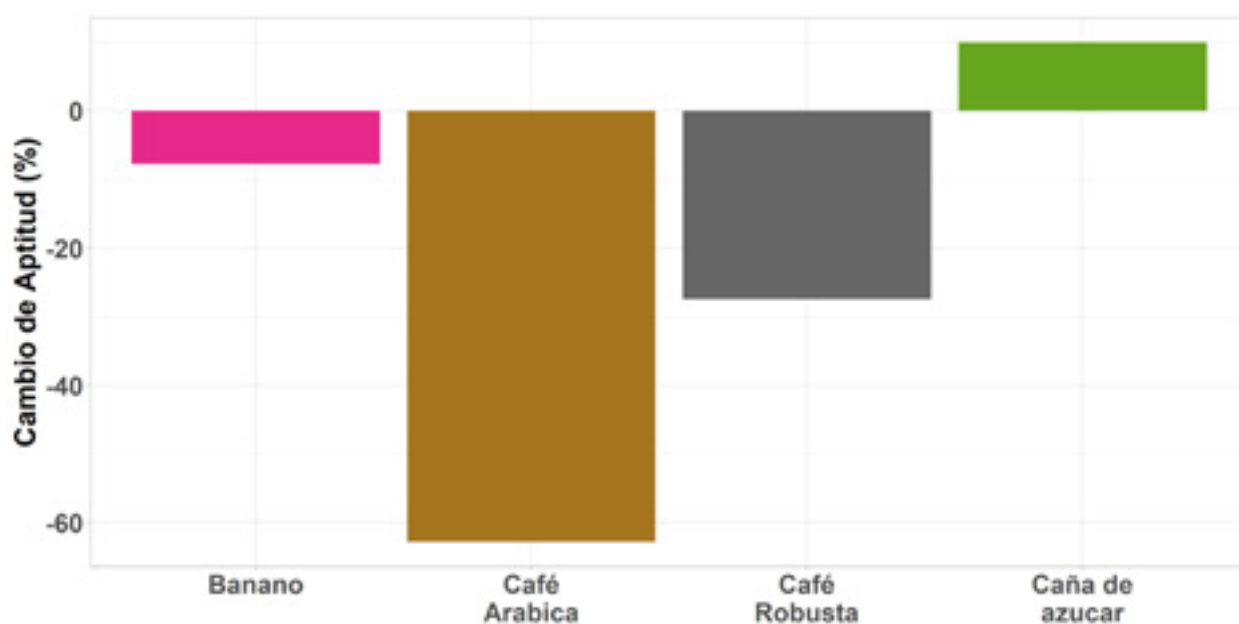


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050).

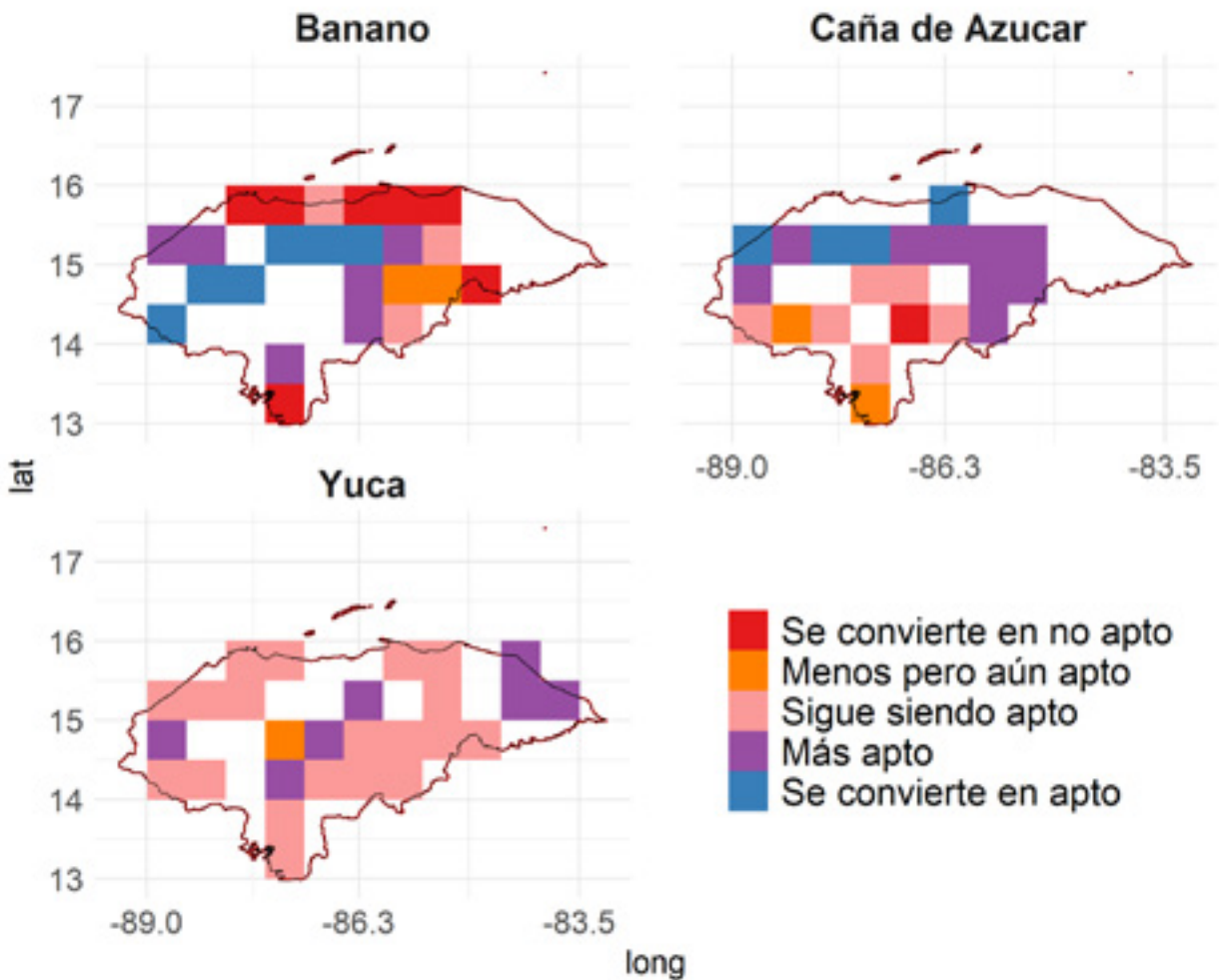
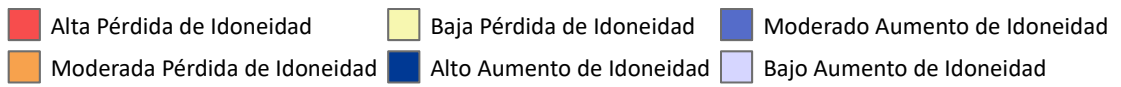
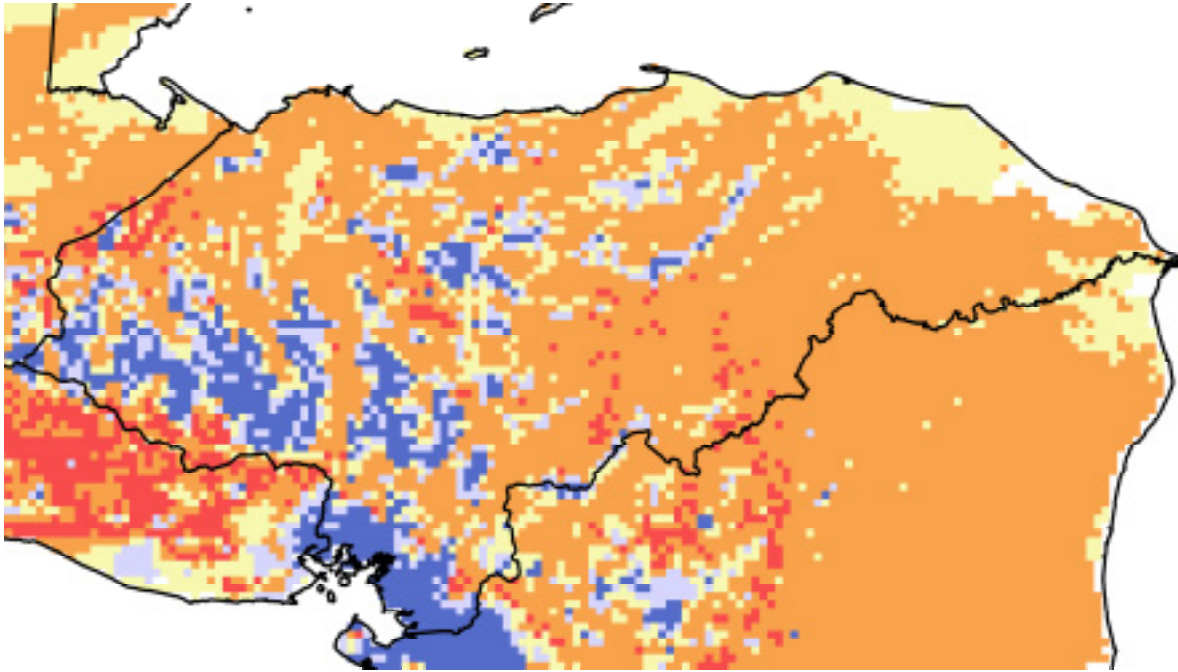


Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

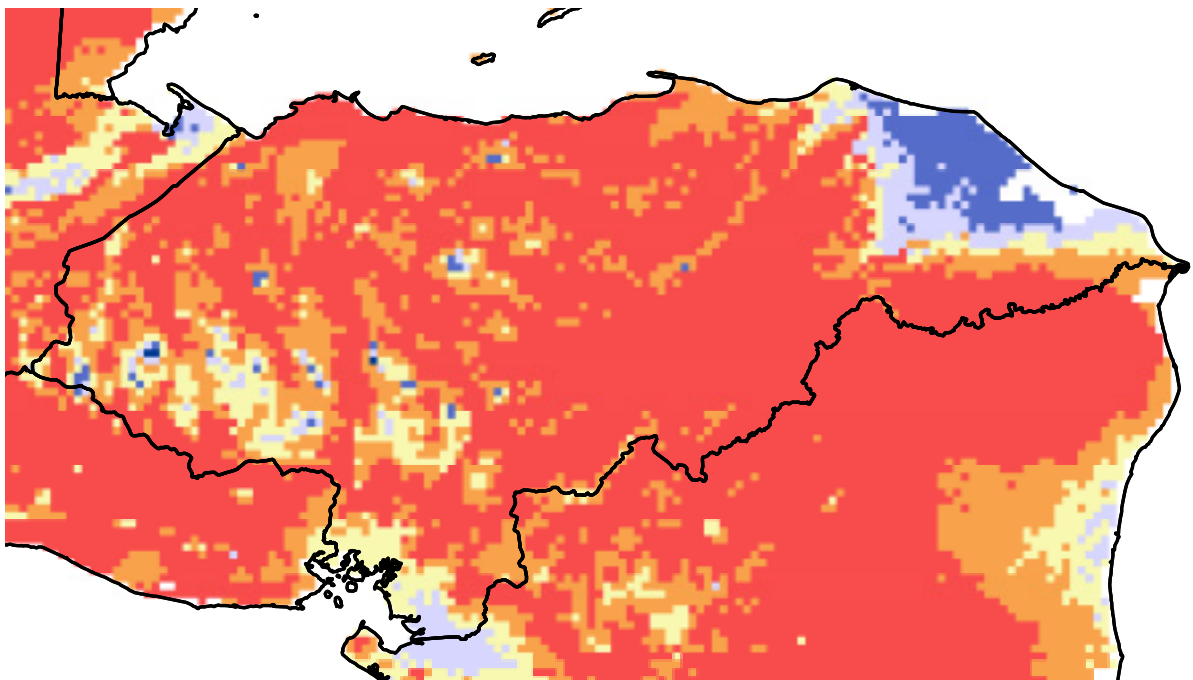
Los mapas de impacto de aptitud geográficamente explícitos en la Figura 5 indican que estos cambios en la aptitud pueden ser más pronunciados en algunas áreas que en otras. La pérdida proyectada de aptitud del banano se concentra a lo largo de la frontera norte del país y se compensa con las áreas al sur y al oeste donde se proyecta que aumentará la aptitud. Los aumentos proyectados en la aptitud para la caña de azúcar se concentran principalmente en el interior oriental, extendiéndose hacia el norte y el oeste, con gran parte del resto del país permaneciendo apto. Se proyecta que las áreas aptas para el cultivo de yuca se mantendrán estables o mejorarán frente al cambio climático en todo el país. Esto puede

hacer de la yuca una fuente alternativa atractiva de carbohidratos y nutrientes, dada la disminución proyectada en el rendimiento de maíz que se observa en las Figuras 2 y 3. Los mapas de aptitud del café en la Figura 6 indican que el área apta para el cultivo del café arábica puede disminuir drásticamente en todo el país, aunque esto se compensa, en parte, por un pequeño enclave en el noreste remoto donde las condiciones podrían mejorar. También se proyecta que la aptitud del café robusta disminuirá en todo el país, aunque de forma algo menos marcada, con focos sustanciales de mayor aptitud en las elevaciones más altas de la mitad occidental del país.

## Café Robusta - Honduras



## Café Arabica - Honduras



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café para 2050.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT,

teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

En Honduras, los modelos económicos sugieren que los rendimientos y la producción podrían aumentar para el año 2050 tanto bajo un escenario de CC como No-CC para los cultivos modelados (Figura 7). Sin embargo, la introducción de factores de estrés climático en la modelación económica tiene un impacto considerable en las perspectivas de la producción de maíz, reduciendo su crecimiento a 10,1 puntos porcentuales por debajo del punto de referencia No-CC. Esto da lugar a un aumento del déficit comercial en este cultivo básico clave (Figura 8). El impacto del CC sobre el frijol seco es menor, reduciendo el crecimiento de la producción a 4,3 pp por debajo del punto de referencia No-CC y con poca influencia en los términos de intercambio. Se proyecta que la producción de arroz bajo un escenario de cambio climático será superior a aquella bajo un escenario No-CC en 5,3 pp.

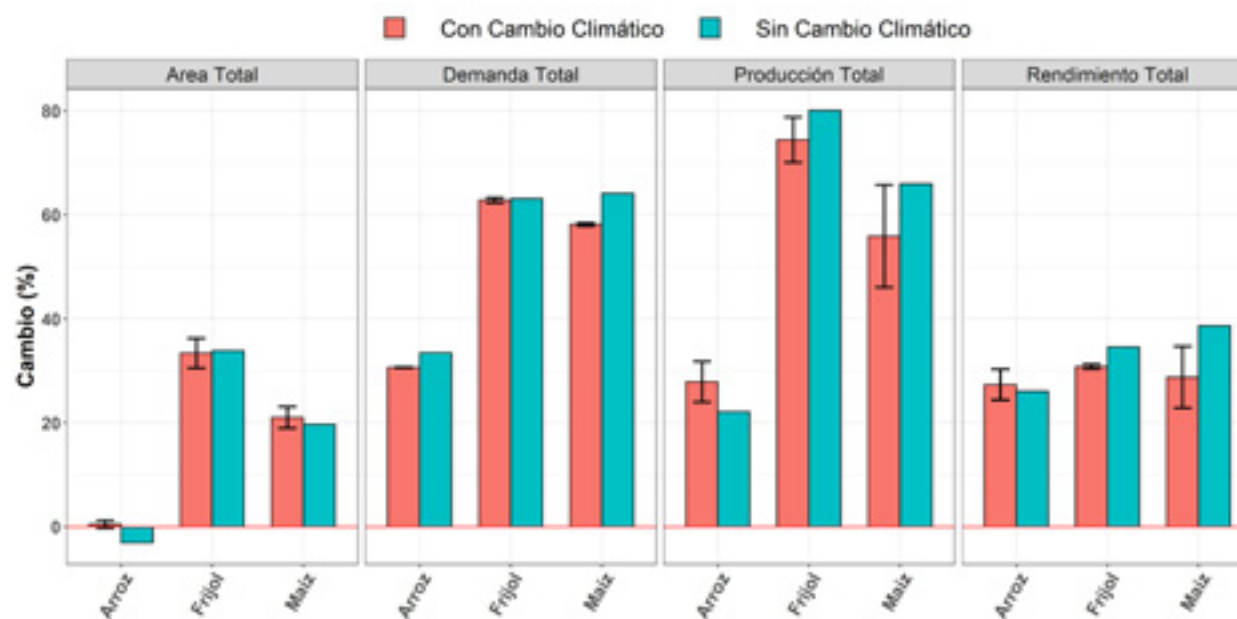


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

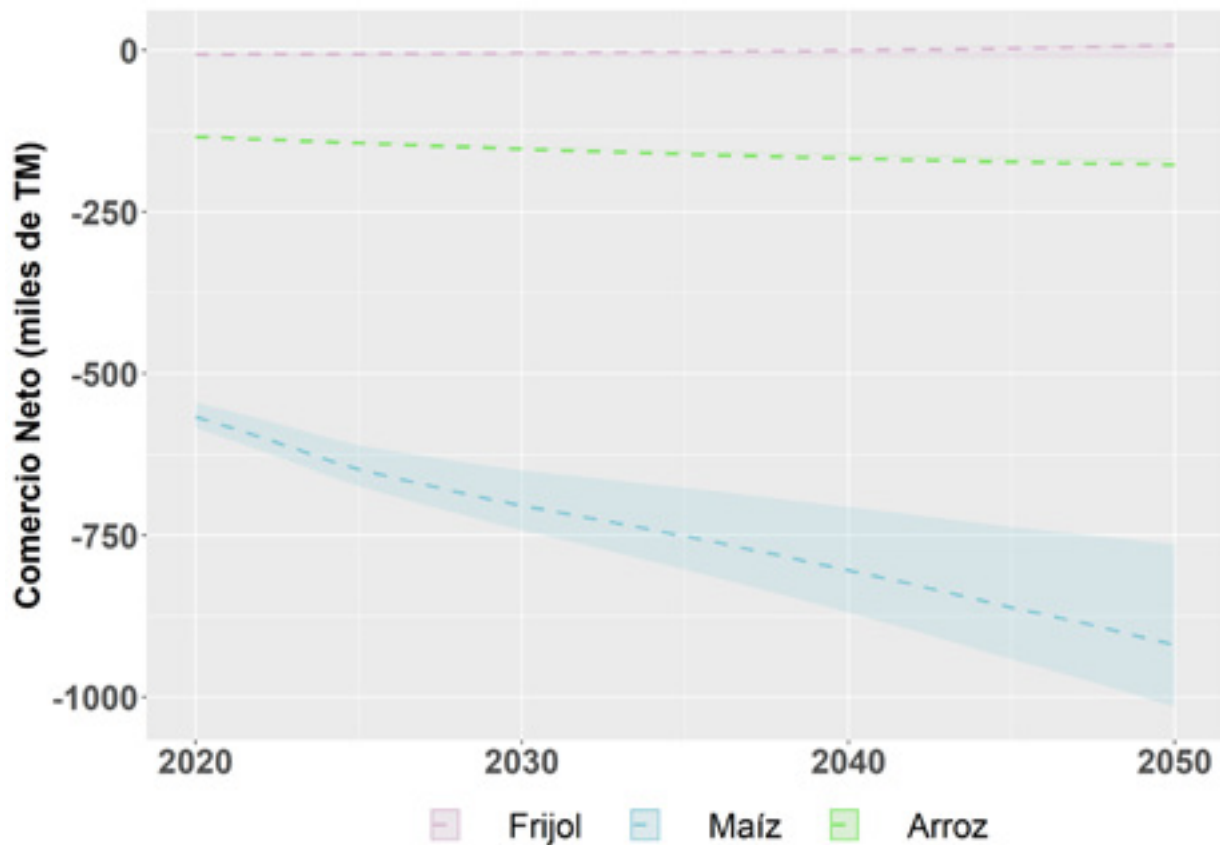


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

En un esfuerzo por limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático de la CMNUCC citan la agricultura y el uso del suelo como una fuente clave de potencial de adaptación y/o mitigación [2]. La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) del país al Acuerdo de París destaca varias intervenciones agrícolas destinadas a la adaptación en el sector y la reducción de emisiones: agrosilvicultura, mejora de la eficiencia de los fertilizantes, fechas de agricultura migratoria, variedades de semillas adaptadas localmente, manejo integrado de plagas, reducción de quema y control de la erosión, entre otros [3]. Otras medidas de adaptación para el sector identificadas en la Segunda Comunicación Nacional del país a la CMNUCC incluyen la diversificación agrícola, abordar los problemas de tenencia y acceso a la tierra y una mayor adopción de sistemas silvopastoriles.

Estos objetivos de adaptación y mitigación también se lograrán a través de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (2010), el Plan Nacional (2010-2022) y la Estrategia de Seguridad Alimentaria y Nutricional (2010-2022) del país, facilitados por el Comité Interinstitucional sobre Cambio Climático dentro de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) [4].

Honduras y otros países de América Latina pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola adoptando otras prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Esto puede incluir la expansión continua de prácticas agrícolas de labranza cero, manejo de nutrientes de precisión (fertilizantes), cultivos intercalados y rotaciones de cultivos más avanzadas. Honduras también podría buscar mejores estrategias de gestión del agua y prácticas de extensión.



**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
<b>Clima</b>	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que las temperaturas en Honduras aumentarán entre 1°C y 2,5°C. Los aumentos máximos de temperatura serán más pronunciados a lo largo de la costa atlántica.</li> <li>• Con algunas excepciones notables, en general se espera que las precipitaciones disminuyan en todo el país, especialmente para el actual período lluvioso de junio a agosto.</li> <li>• El cambio climático presenta un riesgo significativo para el rendimiento de los cultivos y el desempeño económico general del sector agrícola en Honduras. Las tormentas tropicales, la sequía y las inundaciones seguirán teniendo un impacto negativo en la producción.</li> </ul>	<p>La adaptación es clave, especialmente para aumentar la productividad y la resistencia de los cultivos básicos en condiciones de cambio climático. Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas (es decir, diversificación de cultivos, uso de variedades mejoradas, cultivos intercalados, sistemas silvopastoriles y manejo integrado de plagas, entre otros).</li> <li>• Manejo de suelos y aguas.</li> <li>• Incrementar la eficiencia en el uso del agua (es decir, expansión y/o rehabilitación de los sistemas de riego).</li> <li>• Investigación agrícola:             <ul style="list-style-type: none"> <li>» Identificación y priorización de opciones de adaptación para los cultivos más relevantes.</li> <li>» Evaluación exploratoria de los beneficios potenciales de la tecnología de cultivos resistentes al calor y las inundaciones.</li> <li>» Estrategias mejoradas de gestión del agua.</li> <li>» Evaluación de cultivos resilientes al CC como la yuca como fuentes alternativas de carbohidratos y nutrientes.</li> </ul> </li> </ul> <p>Si se lleva a cabo una agricultura migratoria para generar nuevas áreas de terreno apto, los planificadores deben considerar cuidadosamente los costos y beneficios de reemplazar los bosques por agricultura.</p>
<b>Agricultura</b>	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que el rendimiento del frijol de secano se mantendrá relativamente estable a pesar del cambio climático.</li> <li>• Una fuerte disminución en la aptitud del banano en el norte se compensa con áreas sustanciales al sur y al oeste donde la aptitud podría aumentar.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para el café arábica disminuirán drásticamente en todo el país.</li> <li>• También se proyecta que las áreas aptas para el café robusta disminuirán, aunque de manera menos pronunciada, con algunos focos de mayor aptitud en las elevaciones más altas.</li> <li>• Se proyecta que la aptitud de la caña de azúcar mejorará en gran parte del país, especialmente en el noreste densamente boscoso.</li> <li>• Debido a que la demanda supera a la oferta, Honduras dependerá cada vez más del maíz y el arroz importados.</li> </ul>	

El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los cultivos orientados a la exportación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado, y una gestión y planificación responsable del suelo. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en la parte tropical de América Latina, Honduras dependerá cada vez más del comercio con las zonas más templadas del mundo, incluyendo el Cono Sur, para garantizar la seguridad alimentaria nacional. La estabilidad política y del mercado financiero será clave para garantizar que se aprovechen estas oportunidades potenciales. Los mensajes clave para las intervenciones de política y el camino a seguir para las medidas de adaptación se resumen en la Tabla 2.

## Referencias:

- [1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. <http://data.worldbank.org/indicator>
- [2] CCAFS. 2015. Info Note: Agriculture's prominence in the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bits-treams/62364/retrieve>; Información detallada del país sobre la agricultura en las INDC, disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/73255>
- [3] Gobierno de Honduras. 2015. Intended Nationally Determined Contribution to the UNFCCC. <http://bit.ly/2jzAYey>
- [4] CCAFS. 2015. La agricultura de Honduras y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? <https://ccafs.cgiar.org/node/47620#.WAZCp-2Wrw80>



## XIII. Jamaica

### 1. Contexto

La agricultura juega un papel importante en Jamaica. El sector representa el 6,4% del PIB, solo 0,2 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 6,6% en 2016. Los productos agrícolas representaron el 6,7% de todas las exportaciones en 2017, 0,5 puntos porcentuales más que en 2009. Los empleos en la agricultura representan el 18,6% de todo el empleo en el país, 1,4 pp menos que hace 8 años [1]. El cambio climático presenta un riesgo significativo tanto para la seguridad alimentaria nacional como para el rendimiento de los cultivos de exportación, así como para el desempeño económico general del sector agrícola en Jamaica. Dos riesgos especialmente relevantes para el sector agrícola incluyen la reducción de la disponibilidad de agua y el aumento de eventos extremos de tormentas tropicales y otros peligros hidrometeorológicos que producen fuertes vientos, inundaciones y deslizamientos de tierra. El impacto del cambio climático progresivo a largo plazo en el rendimiento y la aptitud de los cultivos —y los impactos resultantes en el comercio regional— tienen consecuencias severas tanto para los agricultores como para los formuladores de políticas públicas en Jamaica. Actualmente, aproximadamente el 8,4% de la población de Jamaica está desnutrida, según las estimaciones más recientes. Esto es superior al 6,9% de la década anterior, aunque sigue siendo la mitad del promedio del 18,3% para la región

del Caribe [2]. Aquí, los modelos climáticos, agrícolas y económicos brindan tendencias futuras (2021-2050) con respecto a la producción y el comercio agrícolas en el país, enmarcadas en el contexto regional latinoamericano.

### 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (MCG), seleccionados por su sólido desempeño en la región de ALC. En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

Se proyecta que Jamaica se volverá considerablemente más seca durante los meses de verano de marzo a agosto (Figura 1). Se proyecta que las precipitaciones aumentarán en algunas partes durante el resto del año. Entretanto, se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán entre 3°C y 4°C en todo el país. Esto puede aumentar el riesgo de sequías agrícolas, especialmente en los sistemas de secano que predominan en la agricultura de Jamaica.

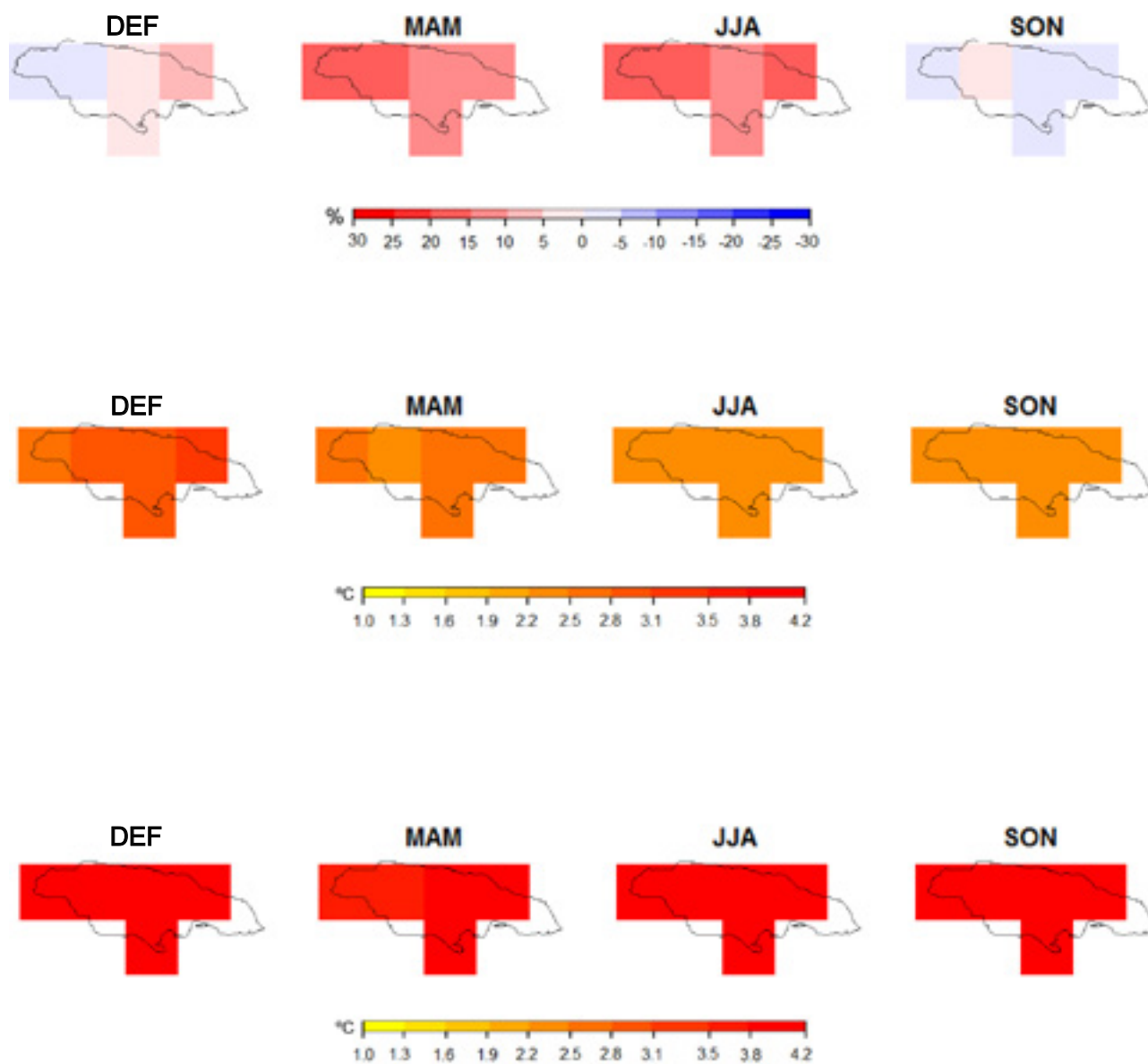


Figura 1: Cambio en precipitación (de arriba a abajo), temperatura máxima y temperatura mínima promediadas en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz, trigo y frijol para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

Los modelos proyectan una fuerte disminución del 40% en el rendimiento de maíz de secano en la isla. La producción de arroz, trigo y frijoles es mínima, y Jamaica depende de las importaciones de estos cultivos de otros países de la región para satisfacer la demanda interna.

En la región de Centroamérica y el Caribe en general, el modelo proyecta disminuciones de rendimiento inducidas por el CC en maíz bajo riego y de secano de alrededor del 25%, y pérdidas de frijol de secano entre el 15% y 25%. Esto podría plantear desafíos para la seguridad alimentaria de Jamaica en las próximas décadas.

#### Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, yuca, caña de azúcar y ñame utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

Los mapas de impactos geográficamente explícitos en la Figura 2 indican que se proyecta que las áreas aptas para la producción de banano disminuirán drásticamente en todo el país. Por otro lado, se proyecta que la aptitud de la caña de azúcar aumentará en gran parte del país.

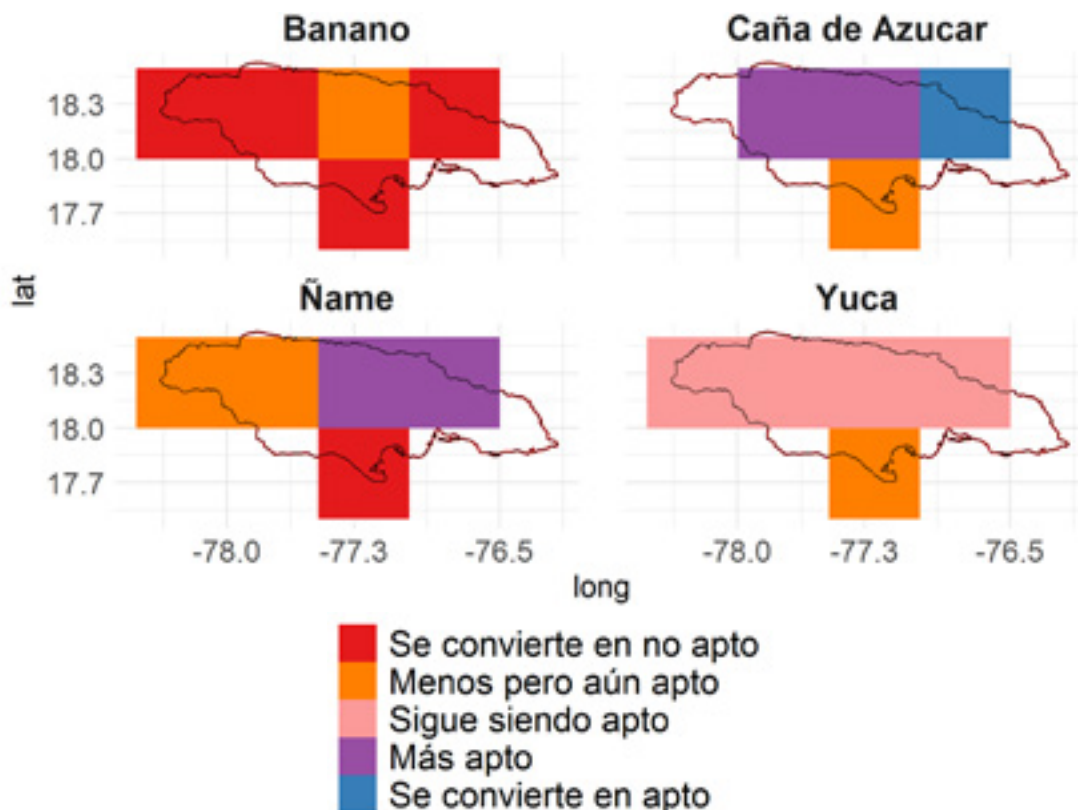
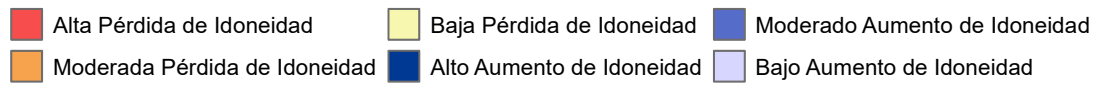
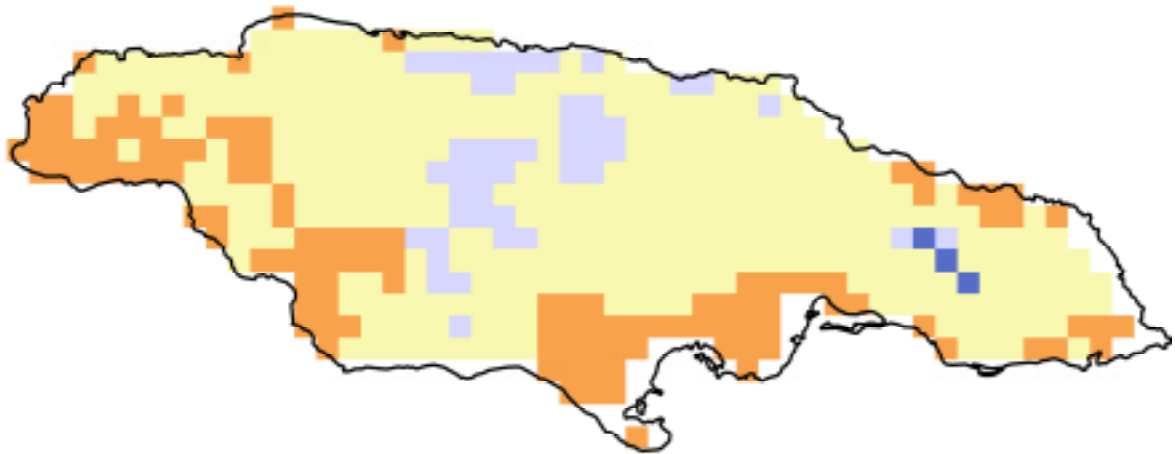
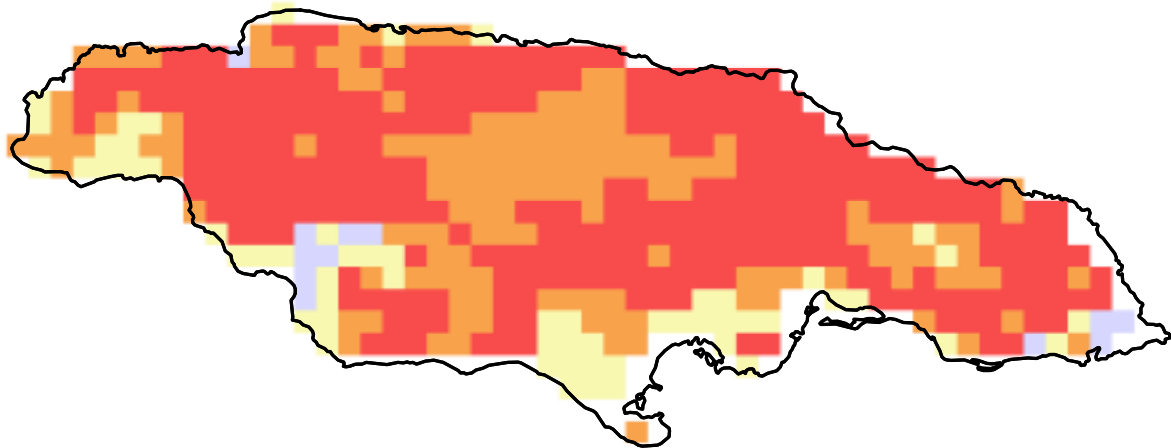


Figura 2: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

## Café Robusta - Jamaica



## Café Arabica - Jamaica



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>

Figura 3: Cambio proyectado en aptitud para el café para 2050.



La yuca y el ñame también denotan resiliencia frente al cambio climático, convirtiéndose en una fuente alternativa potencial de carbohidratos y nutrientes a medida que disminuyen los rendimientos de cereales en toda la región de Centroamérica y el Caribe. Geográficamente hablando, las pérdidas de aptitud se concentran en el sur, especialmente en el sur de la provincia de Clarendon. Los mapas de impacto del café presentados en la Figura 3 proyectan una disminución general de la aptitud del arábica en la mayor parte del país, incluyendo una disminución moderada en la región cafetera de Montañas Azules. El café robusta, por otro lado, denota una resiliencia relativa, con focos de altas ganancias de aptitud en las Montañas Azules y ganancias moderadas hacia el oeste.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

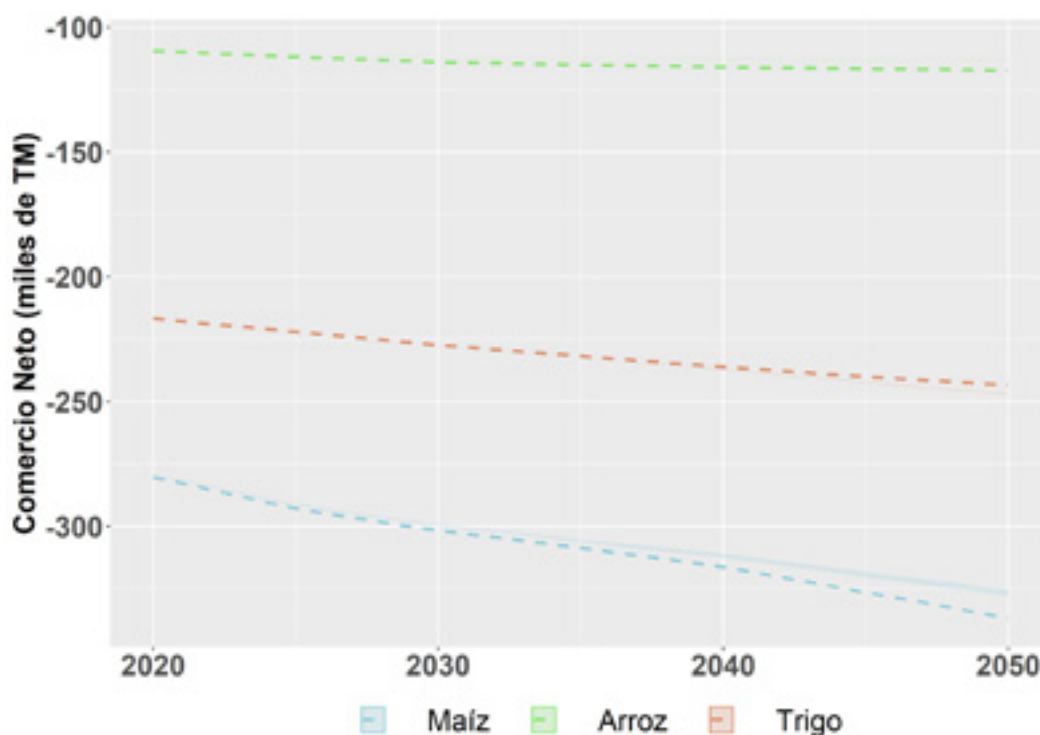


Figura 4: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

En la mayoría de los países de ALC, los modelos de IMPACT proyectan que estos factores compensan en gran medida el deterioro de las condiciones biofísicas bajo un escenario de CC, lo que da lugar a aumentos generales en la producción y el rendimiento de cultivos básicos, aunque menos que en un escenario No-CC. Jamaica es uno de los pocos países de la región de América Latina y el Caribe donde se prevé que la producción de maíz disminuirá drásticamente —hasta en un 40%— en un escenario de CC. Entretanto, se proyecta que la demanda de maíz y trigo crecerá alrededor de un 15%. Se proyecta que los déficits comerciales de Jamaica en trigo, maíz, arroz y soja aumentarán o se mantendrán estables para el año 2050, independientemente del CC (Figura 4).

## 5. El camino a seguir

Para limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) citan la agricultura y el uso del suelo como elementos clave para la acción climática [3]. De hecho, la contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Jamaica al Acuerdo de París de 2015 incluye a la agricultura como uno de los principales sectores para el desarrollo de estrategias y planes de acción contra el cambio climático [4].

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta un aumento severo de temperatura en toda la isla para 2050.</li> <li>• Se proyecta disminución de las precipitaciones durante los meses de verano. Es posible que se produzca algún aumento de las precipitaciones durante los meses de invierno.</li> <li>• Es probable que los aumentos de temperatura y la reducción de las precipitaciones aumenten el riesgo de sequía en todo el país, afectando particularmente a los sistemas de seco.</li> </ul>	<p>Las medidas de adaptación son clave, principalmente aquellas que tienen el potencial de aumentar la productividad mientras se mitiga el cambio climático. Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas (es decir, diversificación de cultivos, CSA, uso de variedades mejoradas)</li> <li>• Manejo de bosques, suelos y agua</li> <li>• Incrementar la eficiencia en el uso del agua</li> <li>• Investigación agrícola:             <ul style="list-style-type: none"> <li>» Análisis para identificar y priorizar las opciones de adaptación al CC para los cultivos más relevantes</li> <li>» Evaluación <i>ex ante</i> del impacto de la tecnología de cultivos resistentes al calor y las inundaciones</li> <li>» Evaluación de cultivos resilientes al CC como el ñame y la yuca como una fuente alternativa potencial de carbohidratos y nutrientes.</li> </ul> </li> </ul>
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerte disminución en el rendimiento de maíz proyectada para 2050.</li> <li>• Se proyecta una fuerte disminución de la superficie apta para el cultivo del banano.</li> <li>• Disminución de la superficie apta proyectada para el cultivo de café arábica, incluso en las Montañas Azules. Sin embargo, también se proyecta un aumento en la aptitud para el café robusta en las Montañas Azules.</li> <li>• La caña de azúcar, el ñame y la yuca denotan una resiliencia relativa bajo un escenario de CC.</li> </ul>	

Jamaica y otros países de ALC pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola mediante la adopción de otras prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes.

El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los cultivos orientados a la exportación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado y una gestión y planificación responsable del suelo. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en la parte tropical de América Latina, Jamaica dependerá cada vez más del comercio con las zonas más templadas del mundo, incluyendo el Cono Sur, para garantizar la seguridad alimentaria nacional.

## Referencias:

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. <http://data.worldbank.org/indicator>

[2] FIDA; OMS; ONUAA; PMA; UNICEF. 2017. The State of Food Security and Nutrition in the World 2017. Building resilience for peace and food security. Roma, FAO. Disponible en: [www.fao.org/3/a-l7695e.pdf](http://www.fao.org/3/a-l7695e.pdf)

[3] CCAFS. 2015. Info Note: Agriculture's prominence in the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bits-treams/62364/retrieve>; Información detallada del país sobre la agricultura en las INDC, disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/73255>

[4] Gobierno de Jamaica. 2015. Intended Nationally Determined Contribution of Jamaica. <https://bit.ly/3aLWmll>



## XIV. México

### 1. Contexto

La agricultura juega un papel pequeño pero constante en la economía de México. Mientras que la producción agrícola como porcentaje del PIB ha ido disminuyendo en gran parte de la región de América Latina y el Caribe (ALC) durante los últimos 15 años, en México se ha mantenido estable en un 3%-3,5%. Los productos agrícolas representaron el 3,2% de todas las exportaciones en 2015, y el empleo en la agricultura representa el 13,1% de todo el empleo en el país [1]. Un tercio de la superficie cultivada está ocupada por maíz, considerado fundamental para la seguridad alimentaria del país. Otros cultivos importantes son el frijol, el café, la caña de azúcar y el trigo [2]. Los patrones de precipitación están cada vez más influenciados por la oscilación del sur de El Niño, que aumenta la incidencia de inundaciones durante las estaciones lluviosas y de sequías durante las estaciones secas. Además, el cambio climático ha provocado una mayor frecuencia de huracanes a lo largo de las costas del Atlántico y el Pacífico. Por ejemplo, una sequía de una vez cada cien años entre 2010 y 2012 en el norte provocó la pérdida de 3,2 millones de toneladas de maíz; mientras que una sequía de una vez cada cincuenta años en 2017 en el estado sureño de Oaxaca dio lugar a la pérdida de más de 1.500 cabezas de ganado. De hecho, el sector agrícola es el más afectado por el cambio climático, representando el 80% de las pérdidas financieras relacionadas con el clima desde 1990 [2].

### 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de América Latina y el Caribe (ALC). En general, se proyecta que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C para el año 2050 en la región de ALC, considerando que México y el Cono Sur se calentarán a tasas más bajas que el Caribe y la parte tropical de América del Sur.

Es probable que México experimente una amplia gama de impactos climáticos, debido a la extensión y variación en su geografía. Se proyecta que las lluvias disminuirán sustancialmente en todo el país, especialmente durante los períodos de diciembre-febrero y junio-agosto, aunque la región de Durango y Jalisco —una importante zona productora— podría experimentar un aumento sustancial de las precipitaciones durante marzo-mayo. También se proyectan incrementos en las precipitaciones para la mitad sur del país durante septiembre-noviembre. Se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán en todo el país, especialmente durante junio-agosto en el valle central —un importante corredor de producción de maíz, trigo y frijol (Figura 1).

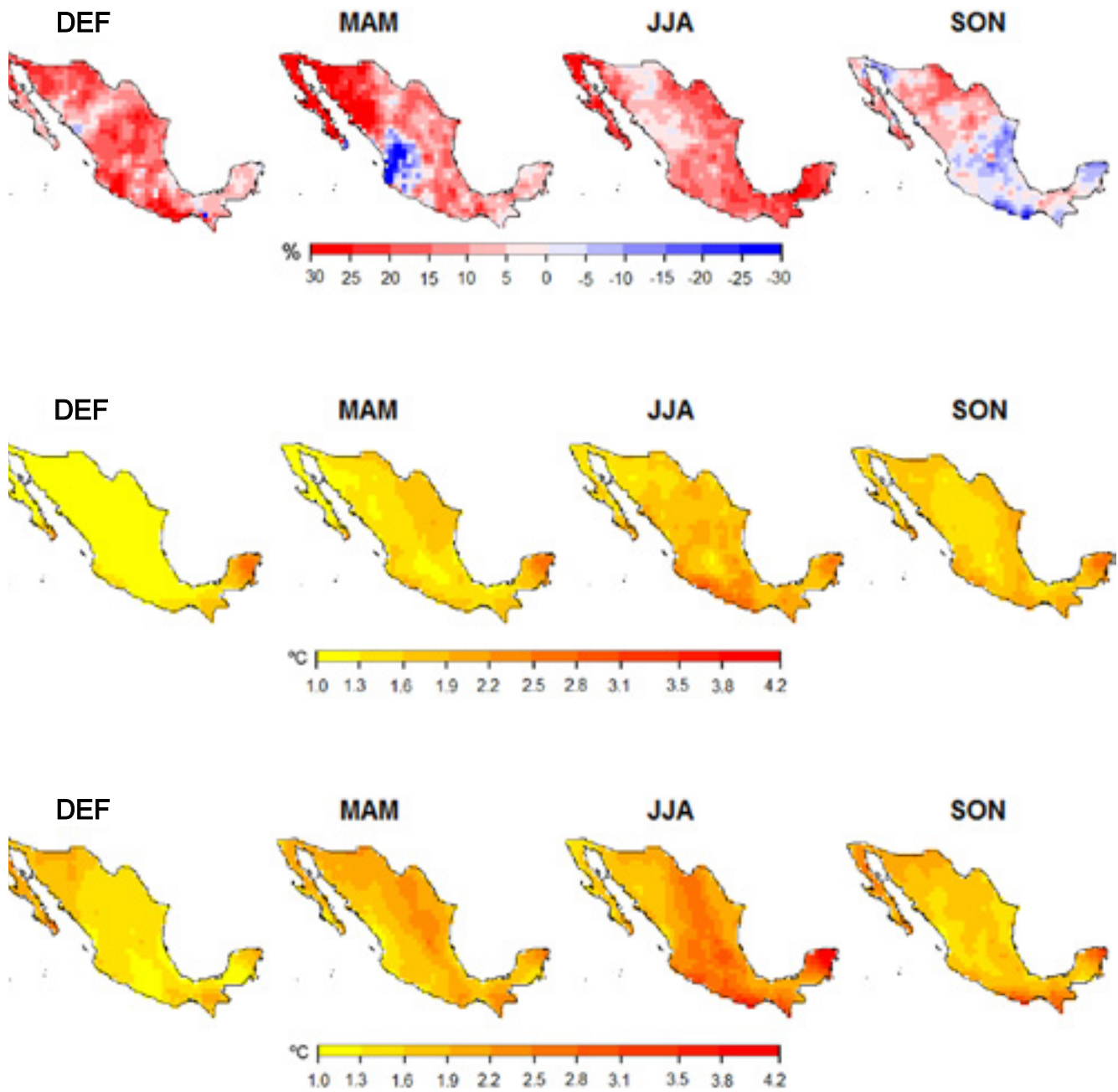


Figura 1: Impactos climáticos promediados en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz, trigo, soja y frijol para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

El resultado de esta modelación sugiere que, en promedio, el cambio climático afectará a los cultivos de secano más severamente que a los cultivos bajo riego. Por ejemplo, se proyectan descensos sustanciales del 22,8% y el 29,9% para el frijol y el maíz de secano en 2050, mientras que los rendimientos de frijoles y maíz bajo riego podrían disminuir en un 12% y 17,3%, respectivamente. Del mismo modo, el cambio climático podría provocar una disminución de los rendimientos del arroz y el trigo de secano en un 13,6% y 19,6%, respectivamente, mientras que los rendimientos de estos cultivos bajo riego no se ven relativamente afectados (Figura 2). Esto sugiere que el riego tiene potencial como estrategia eficaz de adaptación al cambio climático.

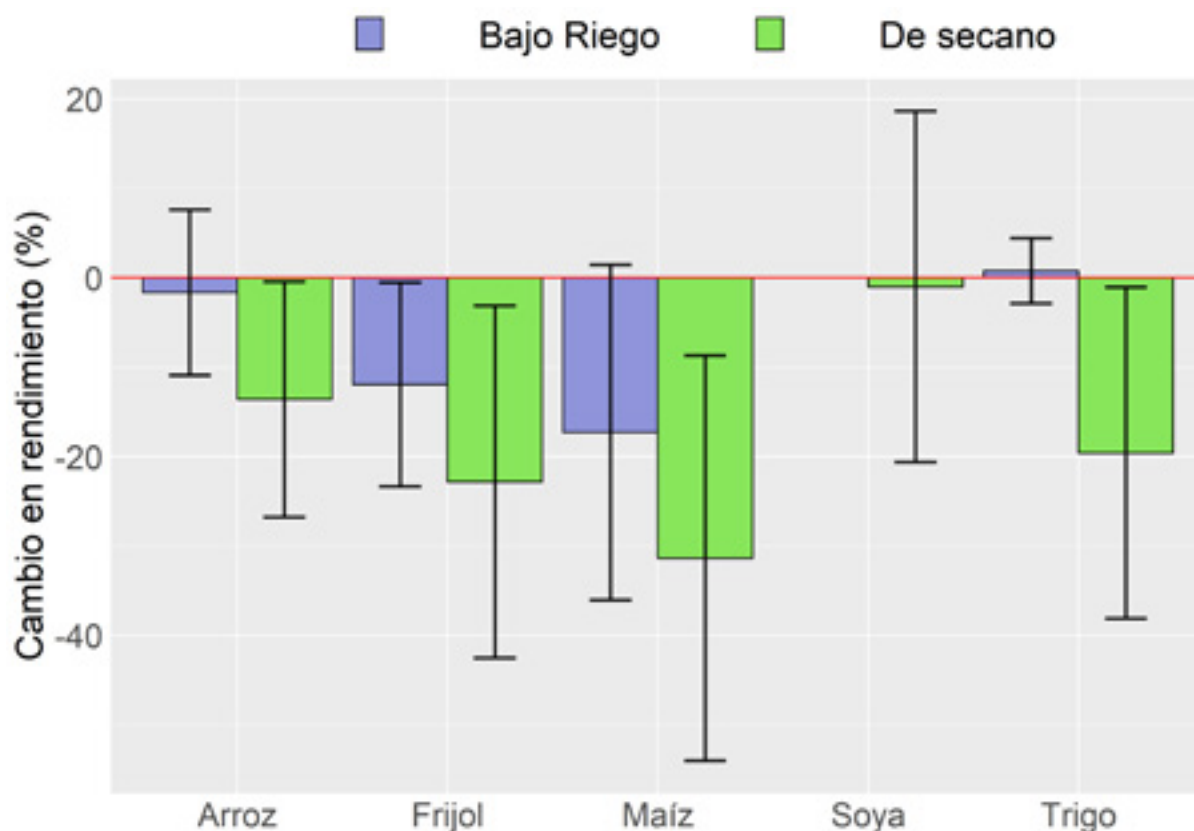


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



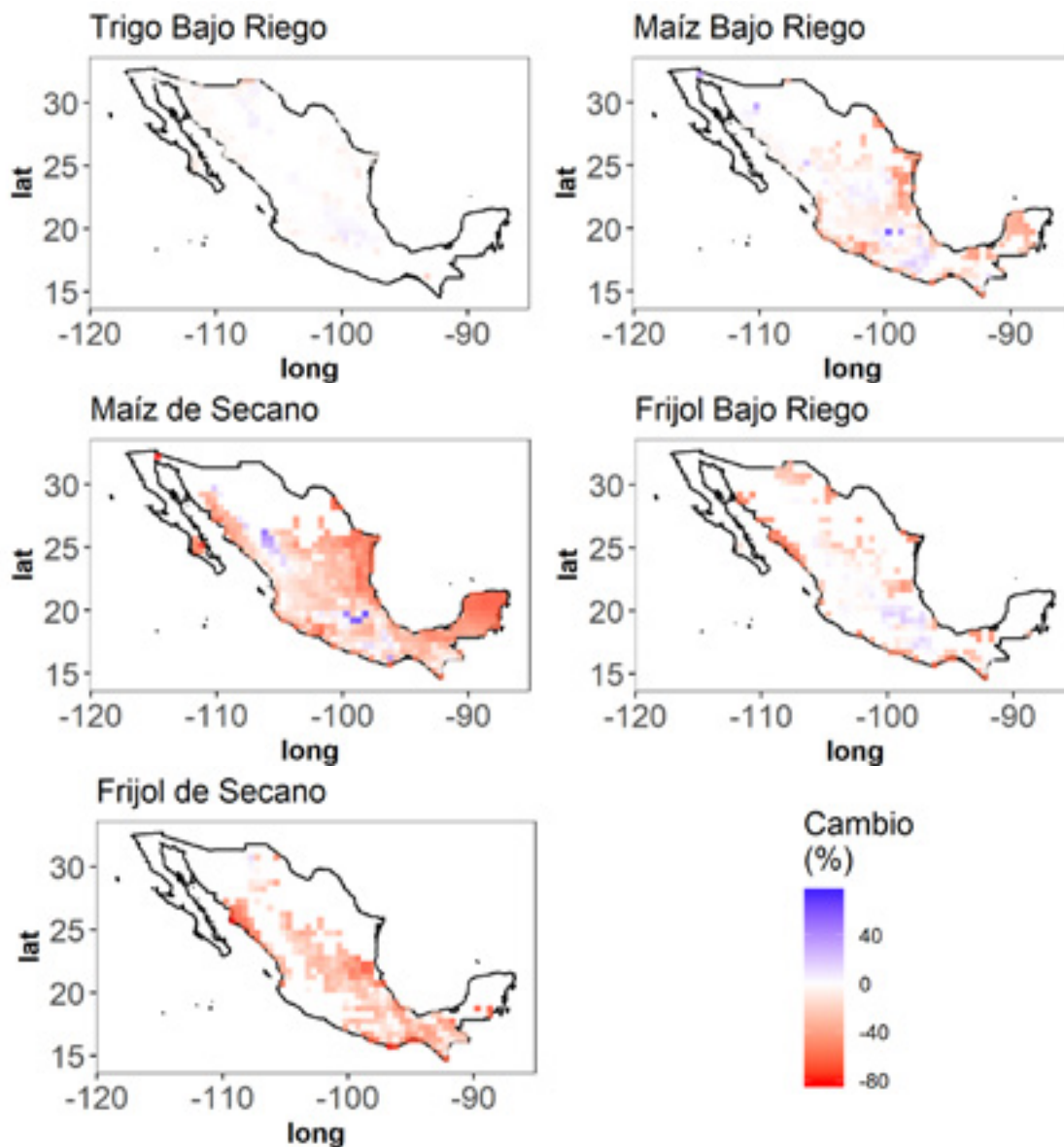


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).

Los mapas de impacto espacialmente explícitos en la Figura 3 muestran una variación geográfica importante en los impactos. Las pérdidas de rendimiento de maíz y frijol proyectadas corresponden en gran medida a áreas donde se prevé que la disminución de las precipitaciones será severa, especialmente a lo largo de la costa noroeste, mientras que en la región de Durango y en partes del valle central sur, donde se proyecta un aumento en las precipitaciones, se pueden

observar focos de resiliencia relativa e incluso ganancias de rendimiento. Nuevamente, cabe resaltar cómo los rendimientos bajo riego denotan una mayor resiliencia que los rendimientos de secano. Asimismo, las proyecciones de rendimiento del trigo bajo riego muestran una resiliencia biofísica y ganancias potenciales tanto en el valle central norte como en el sur, y una vulnerabilidad relativa a lo largo de las zonas costeras.

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, ñame, yuca, papa y caña de azúcar utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

Los modelos de aptitud sugieren que se prevé que el área promedio apta para el cultivo de banano, papa y ñame disminuirá en un 83,8%, 58,1% y 12,1%, respectivamente, mientras que la yuca denota una resiliencia relativa (Figura 4). En los mapas de impacto de aptitud espacialmente explícitos (Figura 5), vemos que las disminuciones sustanciales en la aptitud generalmente se concentran en la península de Yucatán y el valle central, donde las proyecciones climáticas en la Figura 1 muestran el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones como factores más severos. Los mapas de impacto de aptitud espacialmente explícitos también indican una variación importante que se esconde detrás de los promedios nacionales para el ñame y la yuca.

La pérdida de aptitud del ñame en la península de Yucatán se compensa con las ganancias en el este de la Sierra Madre; mientras que la pérdida de aptitud de la yuca a lo largo de las tierras bajas costeras se ve considerablemente compensada por la aptitud estable encontrada hacia el interior del país, así como los focos de ganancia de aptitud que se encuentran más arriba en las laderas de la parte occidental de la Sierra Madre. Estos cultivos no se cultivan actualmente en México en cantidades significativas, pero podrían convertirse en el futuro en importantes suplementos de las fuentes tradicionales de carbohidratos como el maíz y el arroz, que denotan una vulnerabilidad biofísica comparativamente mayor al cambio climático. También denotan una resiliencia considerablemente mayor que la papa, la cual actualmente se cultiva en el país en pequeñas cantidades.

Se proyecta que la disminución promedio en la aptitud para el café arábica y robusta será severa (43,9% y 22,9%, respectivamente), sin embargo, un mapa de impacto de aptitud espacialmente explícito indica que la fuerte disminución proyectada en la aptitud del café arábica en la Sierra Madre occidental y las zonas bajas del sur se verá compensada, en cierta medida, por las ganancias hacia el interior del país (Figura 6).

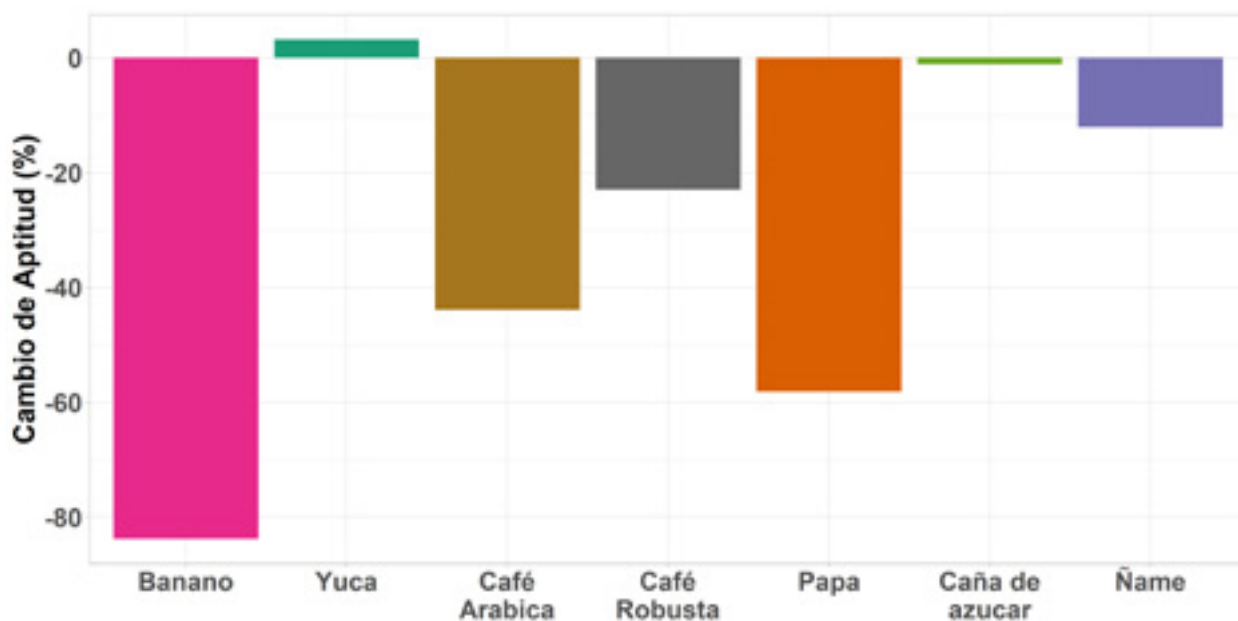


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050), promedio nacional.

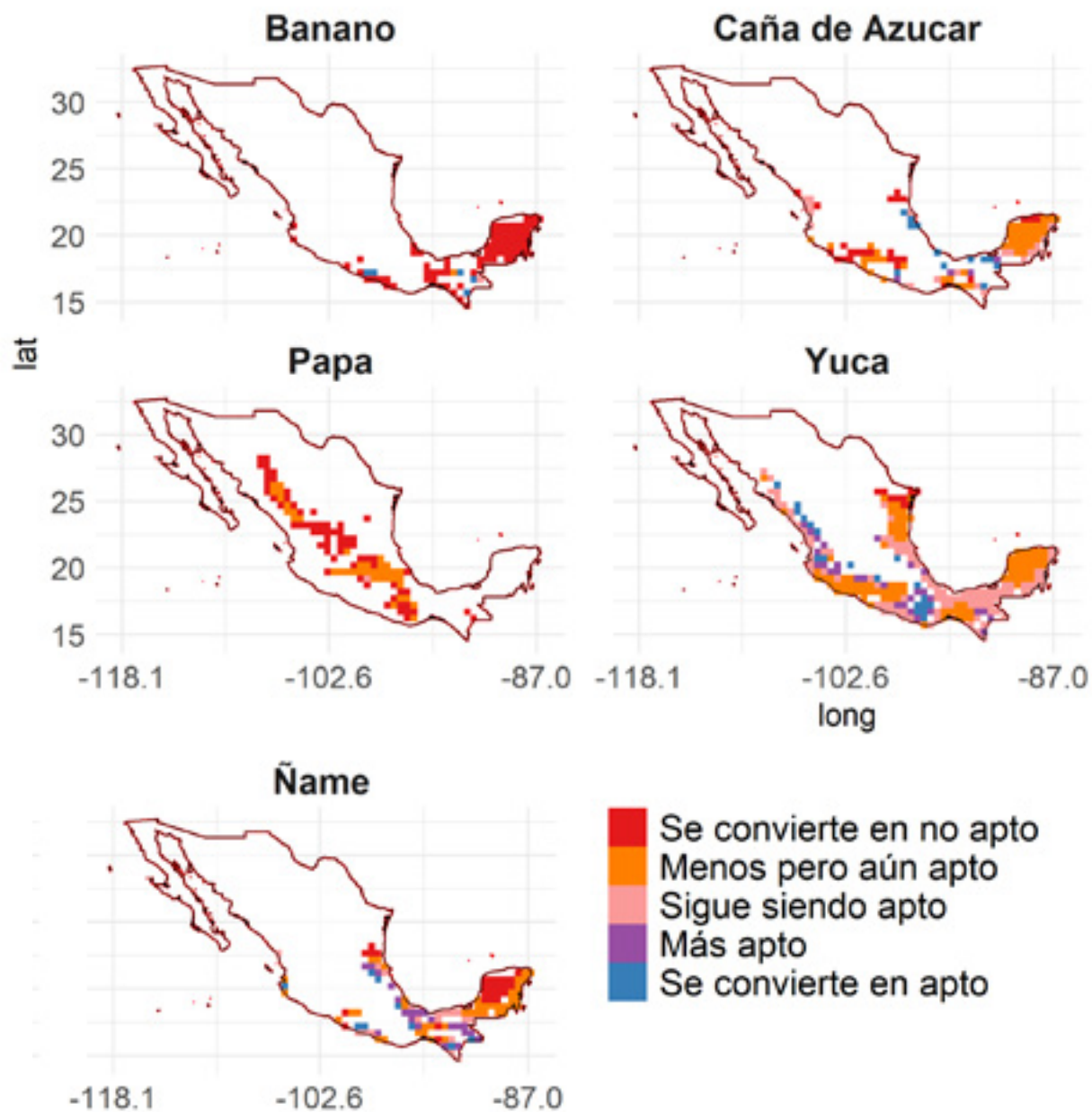
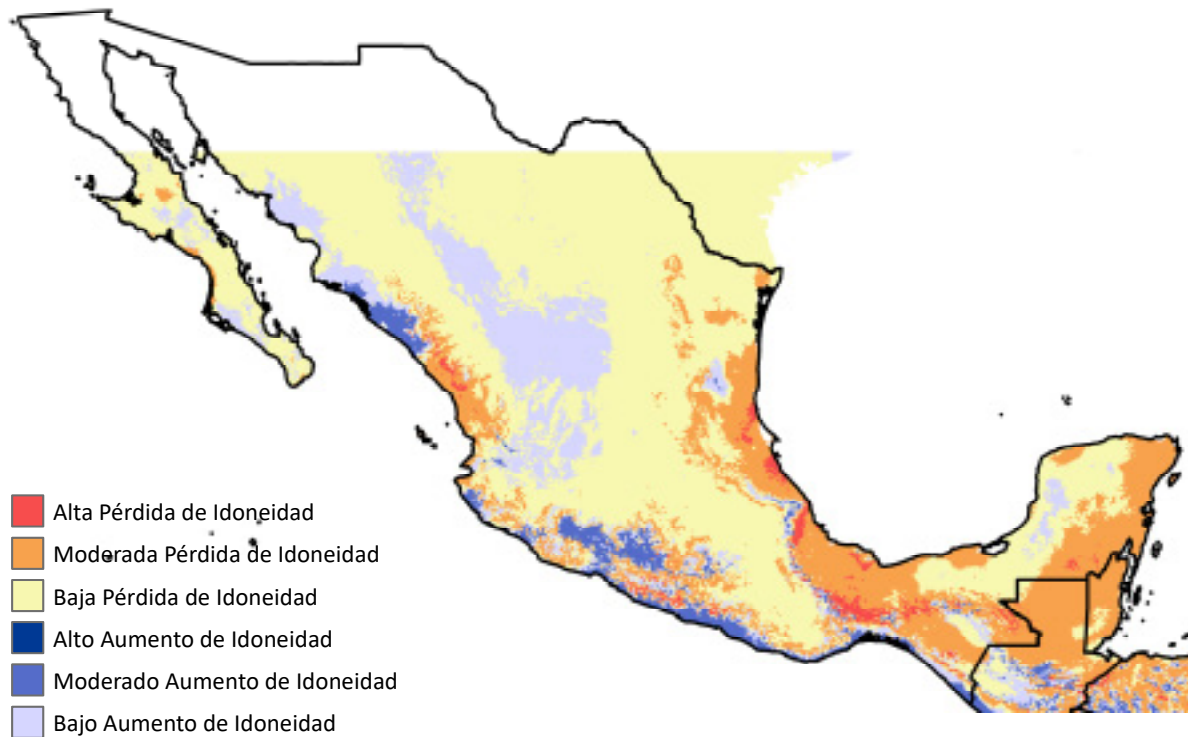
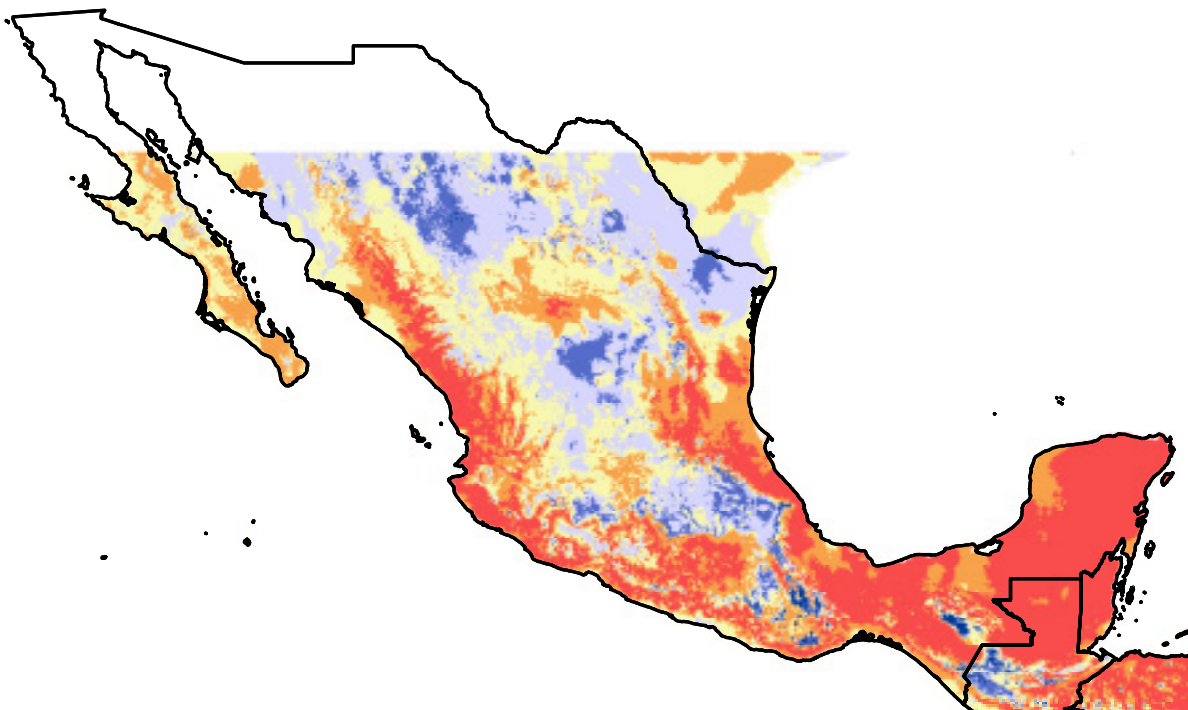


Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

## Café Robusta - México



## Café Arabica - México



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café arábica para 2050.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos. En los escenarios de CC y No-CC, se proyecta que la producción aumentará para el año 2050 para la mayoría de los cultivos modelados. La única excepción notable es la producción de trigo, que se

prevé que disminuirá sustancialmente.

Esta disminución —que se proyecta que ocurrirá independientemente del cambio climático— sugiere que, a pesar de la resiliencia biofísica observada en la sección de modelos de rendimiento anterior, la dinámica del comercio internacional podría evolucionar hasta el punto en que los competidores de México terminen obteniendo una ventaja comparativa en el trigo que debilita los incentivos para la producción nacional del cultivo. Las perspectivas de producción en un escenario de CC para el frijol, la soja y el trigo caen por debajo de sus puntos de referencia No-CC en 9,7, 7,8 y 3,4 puntos porcentuales (pp), respectivamente. Entretanto, se proyecta que la producción de arroz se elevará por encima de su referencia No-CC en 8,3 pp (Figura 8).

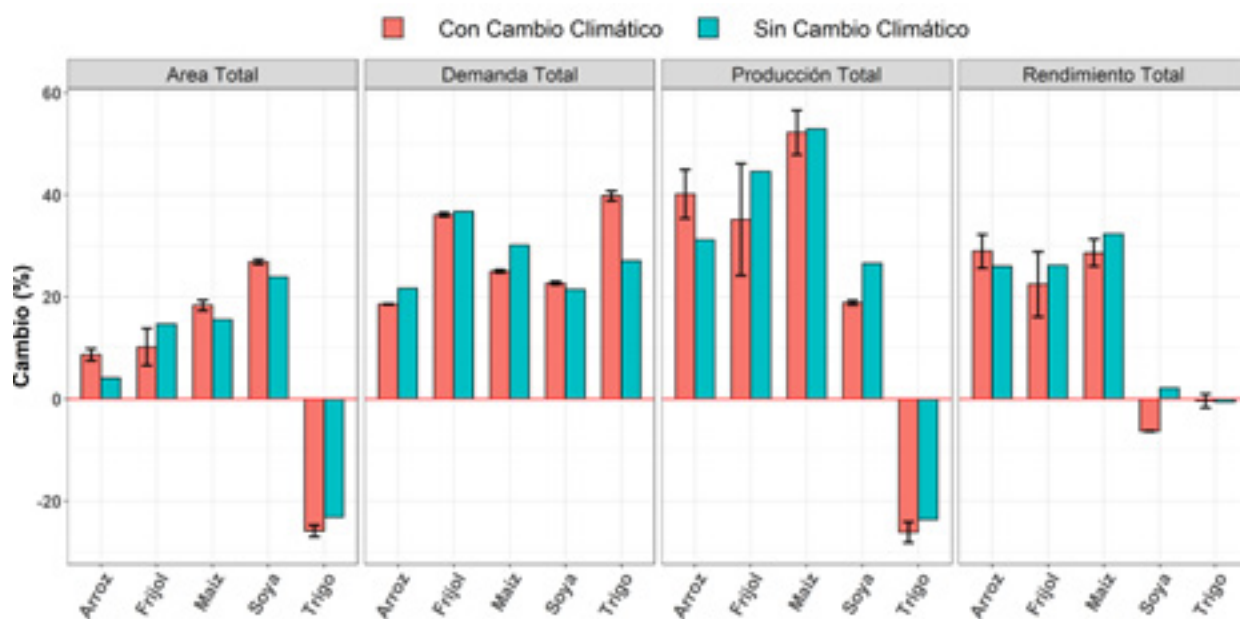


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



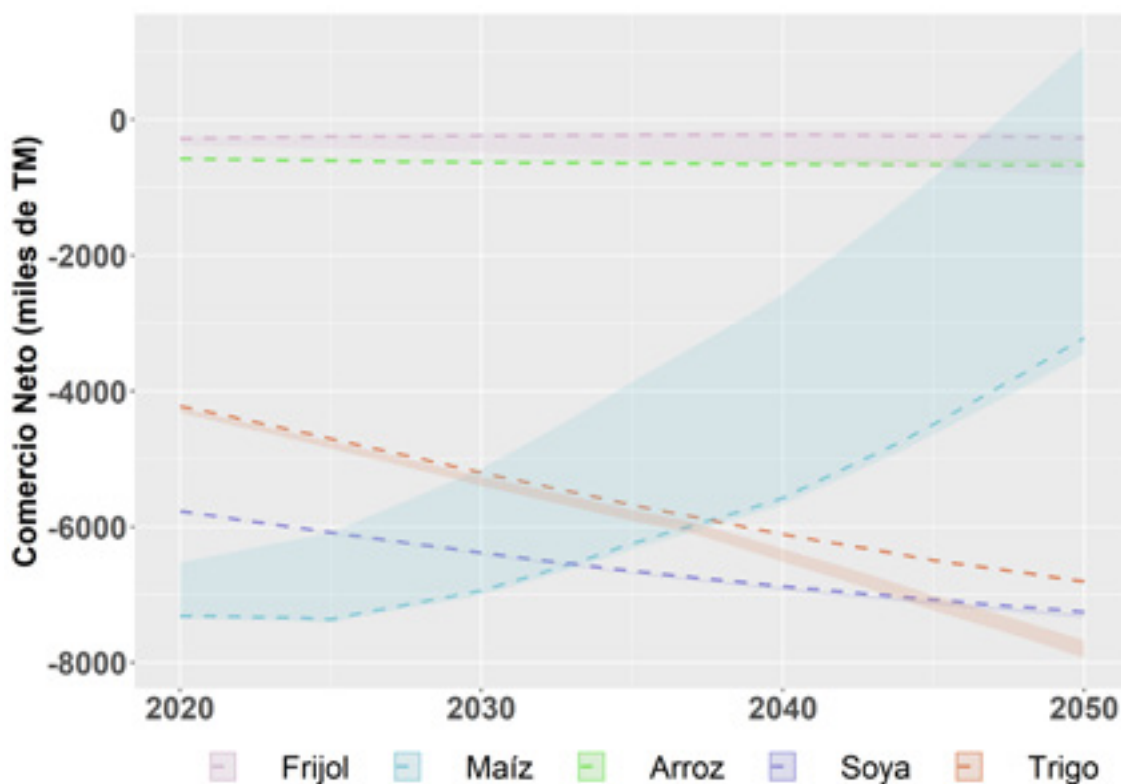


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

En la Figura 8, se proyecta que la balanza comercial negativa actual de soya y trigo crecerá para el año 2050 tanto bajo un escenario de CC como No-CC. Se proyecta poco o nada de comercio de frijoles o arroz, lo que significa que la mayor parte del aumento previsto en la producción se consumirá en el país. La trayectoria del maíz muestra una reducción dramática en la dependencia de las importaciones. Esto es único en la región, ya que la mayoría de los países de ALC muestran un aumento constante en la dependencia de las importaciones de maíz para el año 2050. Se prevé que el cambio climático compensará la tendencia del maíz en 27,4 pp, amplificando, a su vez, la tendencia del trigo en 21,5 pp (Figura 8).

## 5. El camino a seguir

La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de México al Acuerdo de París de 2015 incluye objetivos integrados de adaptación agrícola que pueden funcionar para reducir la magnitud de algunas de las tendencias discutidas anteriormente [3]. México participó de manera anticipada en el diálogo glo-

bal sobre la adaptación al cambio climático y fue el primer país en desarrollo en presentar la Cuarta Comunicación Nacional sobre estrategias de cambio climático a la CMNUCC [4]. La “Estrategia Nacional de Cambio Climático 10-20-40” de México, adoptada en 2013, refuerza su compromiso con una reducción del 50% en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el año 2050 e incluye mejores prácticas agrícolas y forestales entre sus medidas de mitigación y adaptación [3]. La inversión y la adaptación climática se han centrado cada vez más en las vulnerabilidades a escala regional y en trabajar para abordar los desafíos en áreas productivas clave como los humedales costeros a lo largo del Golfo de México que sustentan importantes servicios ecosistémicos y áreas productivas [5]. México puede reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola mediante la adopción de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de GEI y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Algunas medidas de adaptación específicas se presentan en la Tabla 2.



**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

	<b>Mensajes clave para intervenciones de políticas</b>	<b>El camino a seguir</b>
<b>Clima</b>	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta una fuerte disminución de las precipitaciones para todo el país, especialmente durante diciembre-febrero y junio-agosto.</li> <li>• Se proyecta un foco de aumento de lluvias en la región de Jalisco durante marzo-mayo.</li> <li>• Se proyecta un leve aumento de las precipitaciones para gran parte de la mitad sur del país durante septiembre-noviembre.</li> <li>• Se proyecta un aumento significativo de las temperaturas máximas y mínimas durante todo el año para todo el país.</li> </ul>	<p>Las principales actividades relacionadas con el cambio climático deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento de los servicios de información agroclimática e inteligencia de mercado, especialmente en áreas de mayor vulnerabilidad.</li> </ul>
<b>Agricultura</b>	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En general, los sistemas bajo riego se ven menos afectados por el cambio climático que los sistemas de secano. El riego puede desempeñar un papel importante en las estrategias de adaptación eficaces.</li> <li>• Se proyecta una pérdida significativa de rendimiento para el frijol y el maíz de secano y bajo riego, aunque la pérdida es menos severa para los sistemas bajo riego.</li> <li>• Los modelos económicos sugieren que México puede terminar con una ventaja comparativa regional respecto al maíz, lo que reduce drásticamente las importaciones de maíz. Los rendimientos proyectados de trigo bajo riego muestran resiliencia en el norte y sur del valle central, con cierta vulnerabilidad a lo largo de la costa oeste. Sin embargo, los modelos económicos sugieren que los incentivos para cultivar trigo podrían disminuir debido a la competencia internacional.</li> <li>• Proyección de pérdida catastrófica de entorno apto para el banano, especialmente en la región de Yucatán.</li> <li>• Se proyecta una fuerte disminución de la aptitud para el café en el oeste de la Sierra Madre y en las zonas bajas del sur, aunque esto puede compensarse parcialmente por aumentos de aptitud hacia el interior del país.</li> <li>• El ñame y (especialmente) la yuca denotan una resiliencia relativa al cambio climático, especialmente a lo largo de los piedemontes de la Sierra Madre. Si bien actualmente no se producen en grandes cantidades, estos cultivos muestran potencial como fuente alternativa o suplementaria de carbohidratos, considerando que se proyecta que las fuentes tradicionales de carbohidratos como el maíz y el arroz se verán sometidas a un estrés biofísico creciente.</li> <li>• La papa también es una fuente alternativa de carbohidratos, aunque denota una vulnerabilidad severa al cambio climático, especialmente en el valle central.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoción de la investigación, liberación y adopción de variedades mejoradas/resilientes al clima.</li> <li>• Evaluación de posibles medidas de adaptación y/o alternativas al maíz, frijol y banano, que presentan alta vulnerabilidad al cambio climático.</li> <li>• Promoción del riego y eficiencia en la gestión y uso del agua.</li> <li>• Evaluación de seguimiento de la potencial ventaja comparativa regional de México en el comercio de maíz sugerida por el modelo de IMPACT.</li> <li>• Evaluación y explotación de las propiedades resilientes al cambio climático del ñame y la yuca como posibles alternativas o suplementos del maíz, el arroz y la papa.</li> </ul>

## Referencias:

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., USA. <http://data.worldbank.org/indicator>

[2] Eckstein et al. 2018. Global Climate Risk Index 2019. Bonn, Germany.

[3] CCAFS. 2015. Info Note: Agriculture's prominence in the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/62364/retrieve>. Detailed country information on agriculture in INDCs available at: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/73255>

[4] Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. 2018. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. <http://bit.ly/2Tzcbpp>



## XV. Nicaragua

### 1. Contexto

La agricultura sigue jugando un papel importante en Nicaragua. El sector representa el 15,5% del PIB, 3,4 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 18,9% en 2011. Los productos agrícolas representaron el 16% de todas las exportaciones en 2018, 15,9 pp menos que en 2009. Los empleos en la agricultura representan el 29,4% de todo el empleo en el país, 0,7 puntos porcentuales más que hace 8 años [1]. No obstante, los impactos del cambio climático, incluidas las tormentas tropicales, sequías e inundaciones, presentan un riesgo significativo para el rendimiento de los cultivos y el desempeño económico más amplio del sector agrícola y la economía. De hecho, a nivel mundial, Nicaragua se encuentra entre los seis países más afectados por pérdidas relacionadas con el clima en el período 1998-2017 [2]. Por lo tanto, una mejor comprensión de los impactos del cambio climático en cultivos específicos ayudará en la toma de decisiones. Para ello, en este informe se presentan los resultados de la modelación de clima, de cultivos y económica (promediados durante 2020-2050), en relación con la producción y el comercio agrícolas del país, enmarcados en el contexto regional de ALC. Con base en estas tendencias, se proponen medidas de adaptación al final del informe.

### 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de ALC. En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

En Nicaragua, los cambios proyectados en las precipitaciones variarán considerablemente según la estación y la región. Se proyecta una fuerte disminución en todo el país para los meses de verano de junio a agosto, con una disminución menor en la época de septiembre a noviembre (Figura 1). Sin embargo, durante el período de diciembre a febrero, se proyecta un aumento de las precipitaciones en las zonas costeras del Pacífico, especialmente en las provincias de Chinandega y León, mientras que disminuyen en el interior y la costa sureste del Caribe. Durante el período de marzo a mayo, el patrón se invierte, con una disminución de las precipitaciones proyectadas a lo largo de la costa del Pacífico y un aumento en el interior y sureste. Se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán entre 1°C y 3°C durante todo el año, con los mayores aumentos ocurriendo a lo largo de las costas.

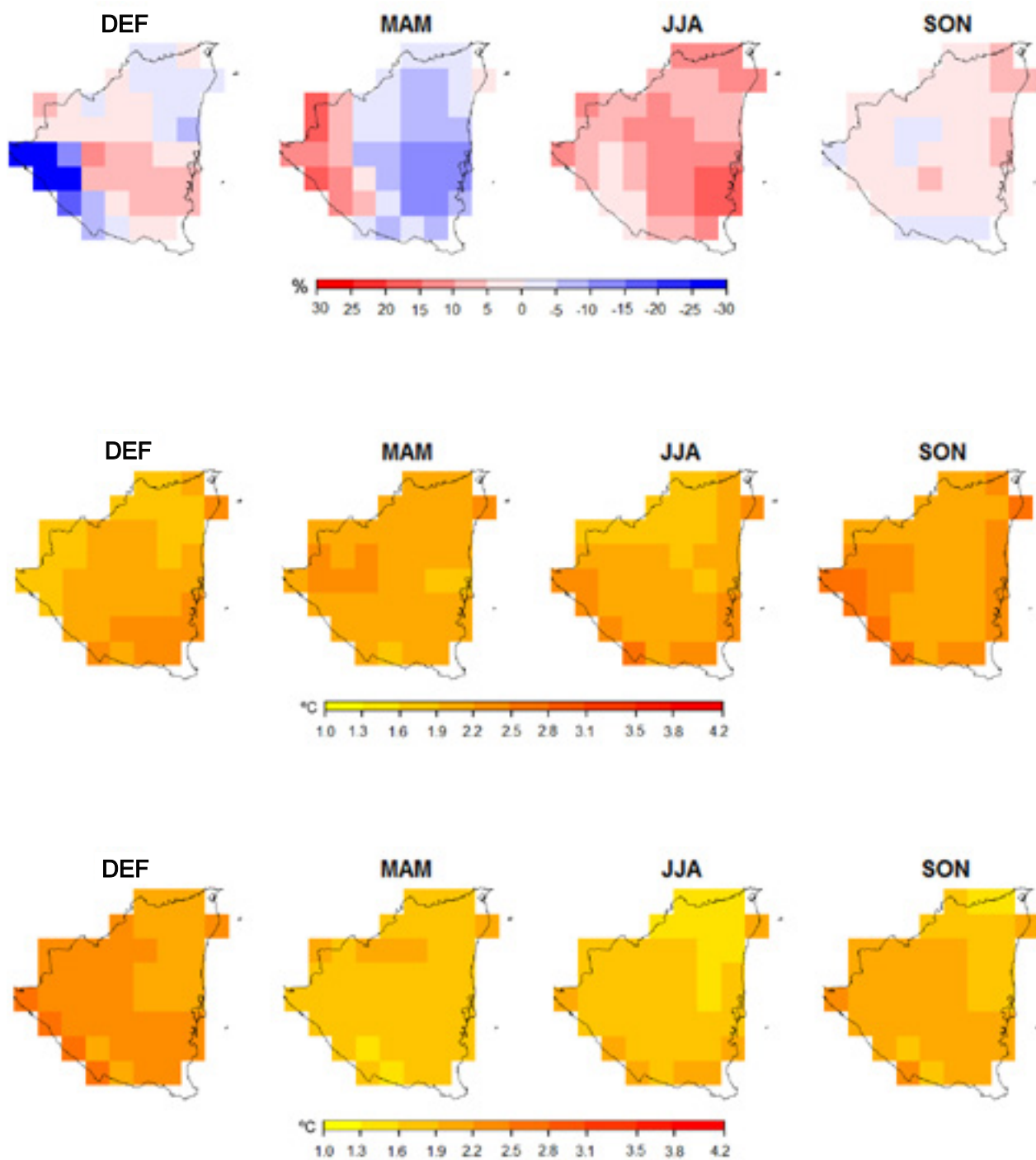


Figura 1: Cambio en precipitación (de arriba a abajo), temperatura máxima y temperatura mínima promediadas en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz, frijol y soja para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

En Nicaragua, los resultados de los modelos de cultivos que se muestran en la Figura 2 sugieren que es probable que los sistemas de maíz y frijol bajo riego y de secano vean disminuciones en el rendimiento promedio en relación con un

escenario sin cambio climático (No-CC). La vista desagregada geográficamente que se ofrece en la Figura 3 indica que los sistemas de maíz y frijol en la región costera noroccidental del país, particularmente en los departamentos de Chinandega y León, pueden verse especialmente afectados, con rendimientos promedio que caen un 20% o más por debajo de la línea base No-CC. La mayor disminución proyectada de los rendimientos bajo riego en relación con los de secano se debe a la concentración de la agricultura bajo riego en estas zonas vulnerables. Los sistemas de maíz y frijoles de secano se extienden hacia el interior, donde se proyecta que los impactos del CC serán relativamente menos severos. Entretanto, el potencial de rendimiento del arroz de secano y bajo riego muestra una relativa resistencia en todo el país, e incluso se proyecta que aumentará en varias zonas, especialmente en el interior.

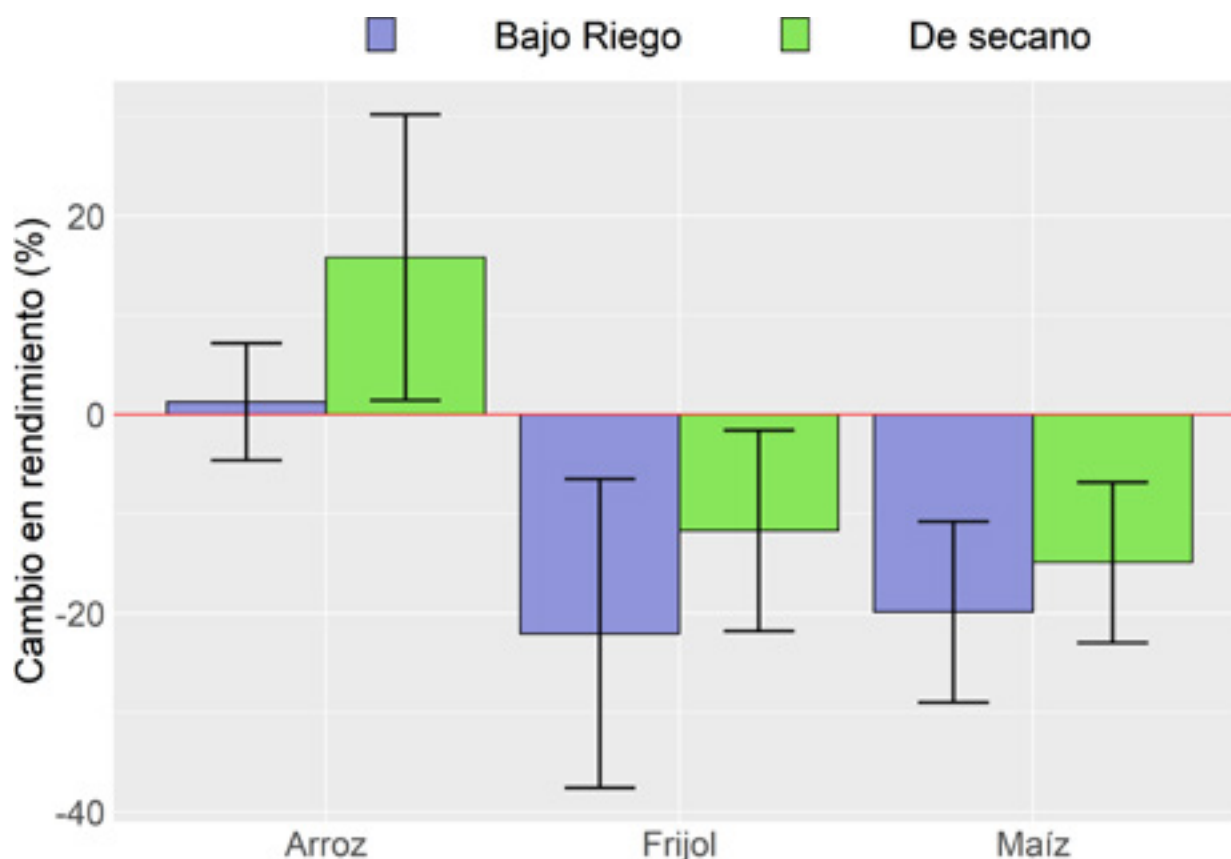


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



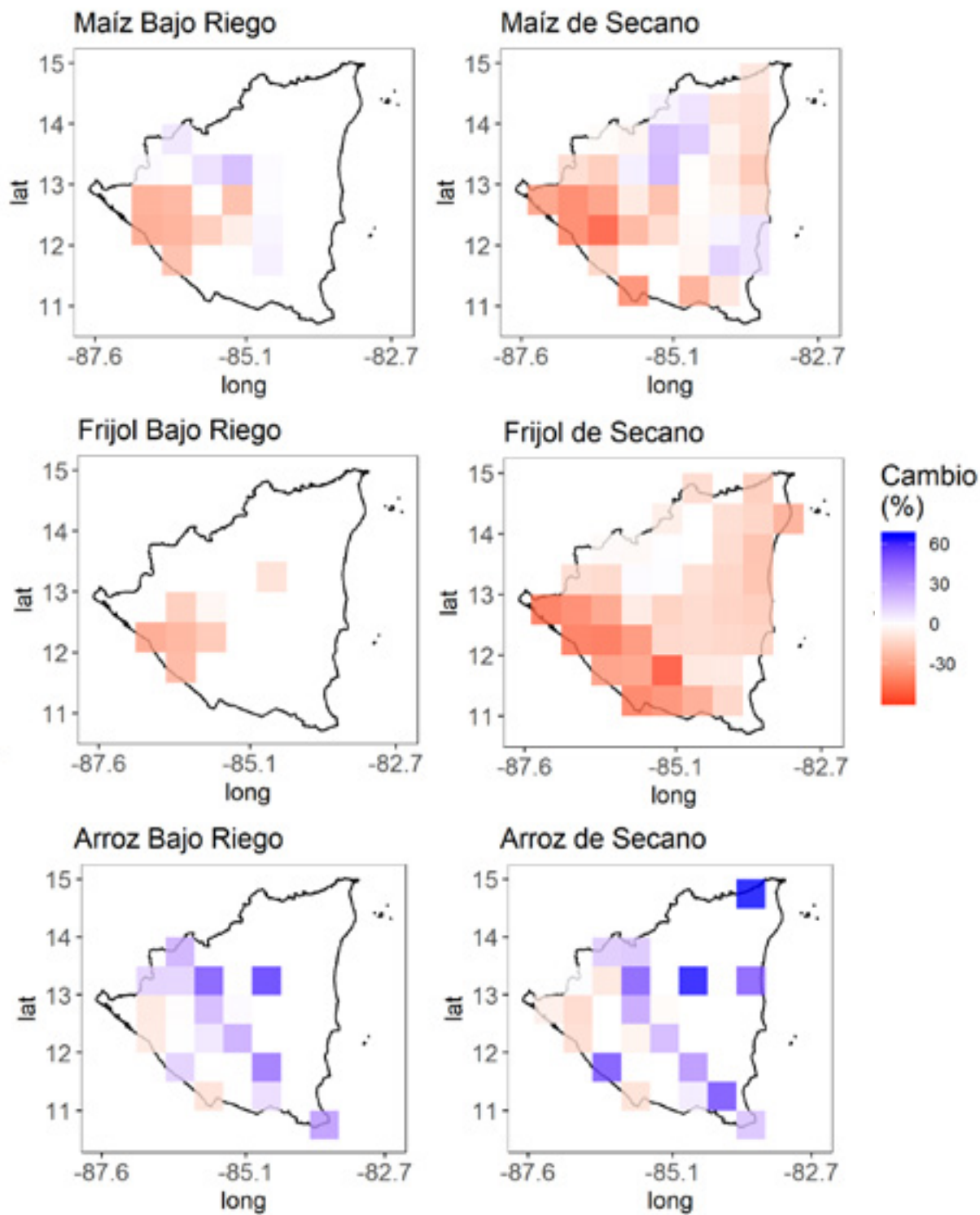


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).



## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica para cultivos comerciales y básicos clave, incluyendo el café (robusta y arábica), el banano y la caña de azúcar, utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

Los modelos de aptitud sugieren que el área apta promedio para el banano y el café (arábica y robusta) podría disminuir considerablemente para el año 2050 (Figura 4). Entretanto, la caña de azúcar muestra una resiliencia relativa. Los mapas de impacto de aptitud geográficamente explícitos en la Figura 5 revelan una variación importante detrás de estos promedios nacionales. La pérdida de aptitud del banano se concentra a lo largo de las zonas costeras, sin embargo, existe un foco de tierra en la zona norte del interior donde la aptitud se ve menos afectada e incluso podría mejorar. La aptitud de la caña de azúcar mejora hacia el interior y el sur hacia el río San

Juan y las áreas bajas de los departamentos de Matagalpa y Jinotega, pero se proyecta que las condiciones aptas de cultivo disminuirán levemente a lo largo de la costa del Pacífico.

Entretanto, la yuca muestra resiliencia en todo el país, lo que la posiciona potencialmente como una fuente atractiva de carbohidratos y nutrientes en un escenario de cambio climático. Los mapas de impacto de la aptitud del café arábica y robusta en la Figura 6 indican una disminución importante en las áreas aptas para el cultivo de café en todo el país. La disminución proyectada es considerablemente más pronunciada para arábica que para robusta, con un pequeño foco de mayor aptitud de robusta proyectada en Chinandega, León y Managua.

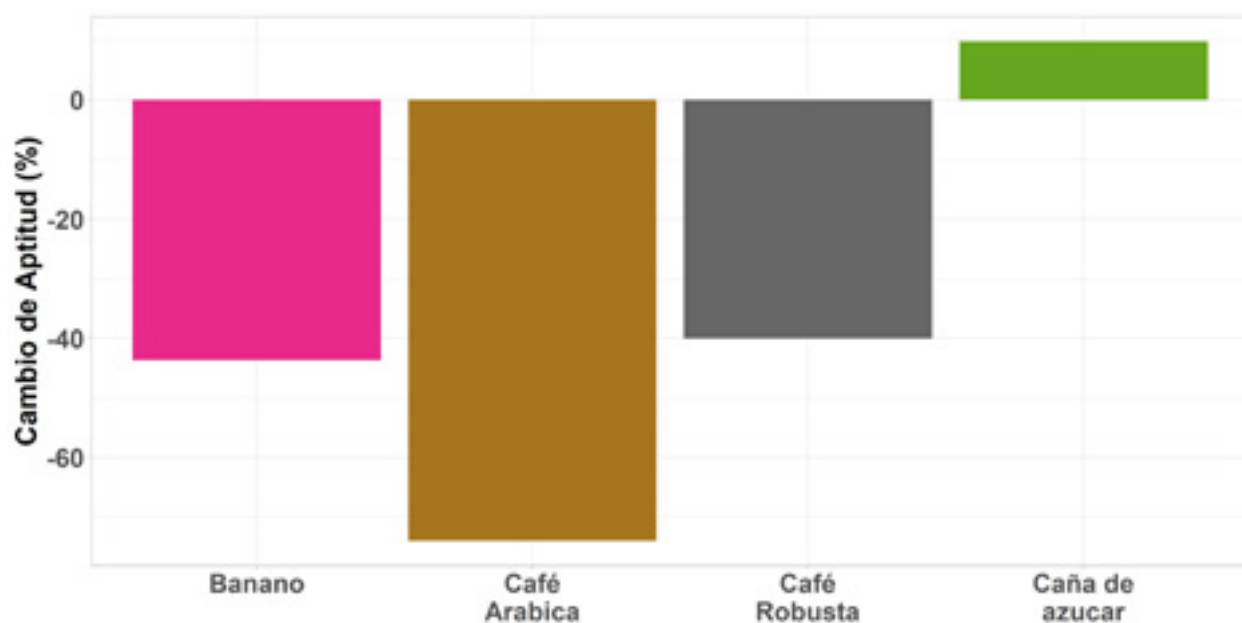


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050).

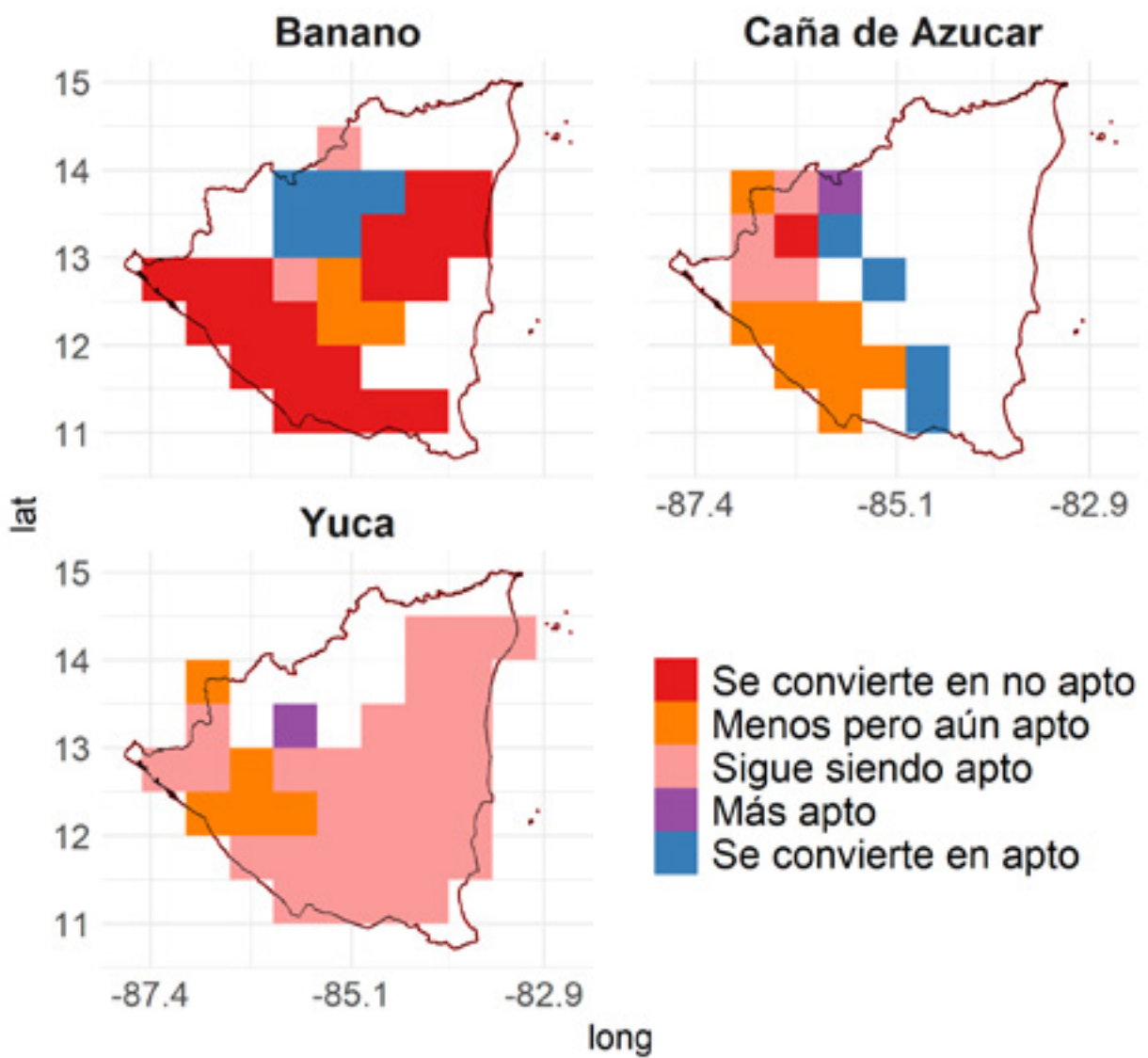
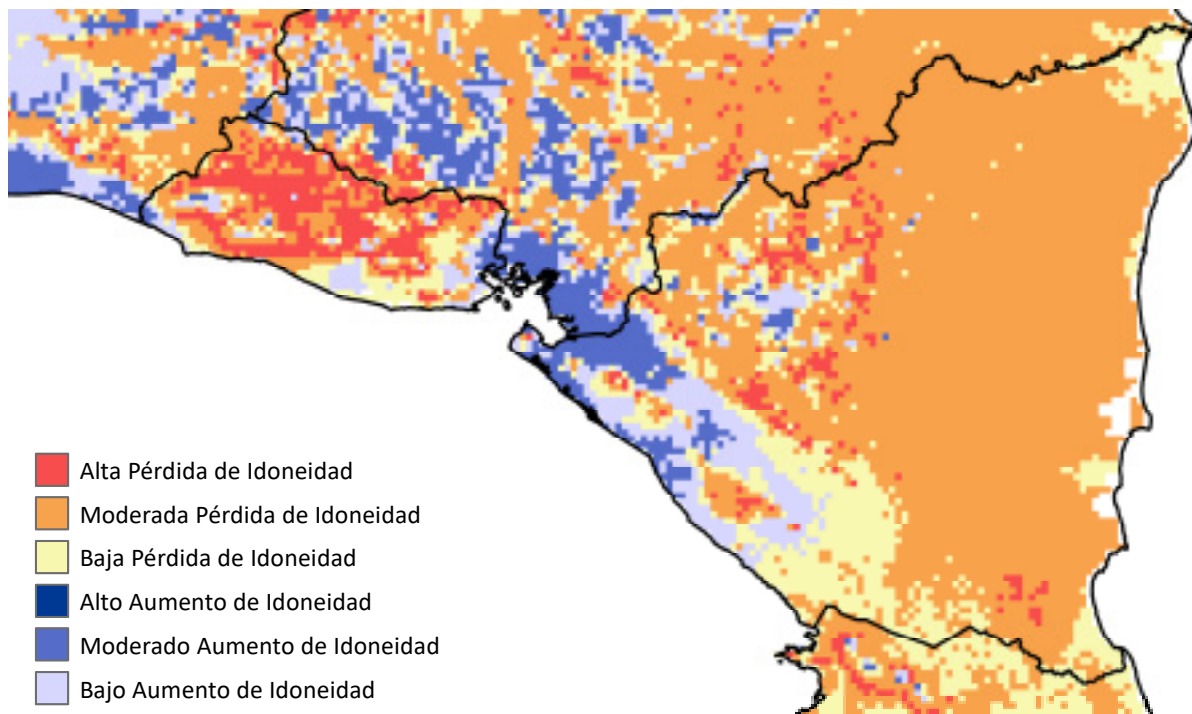
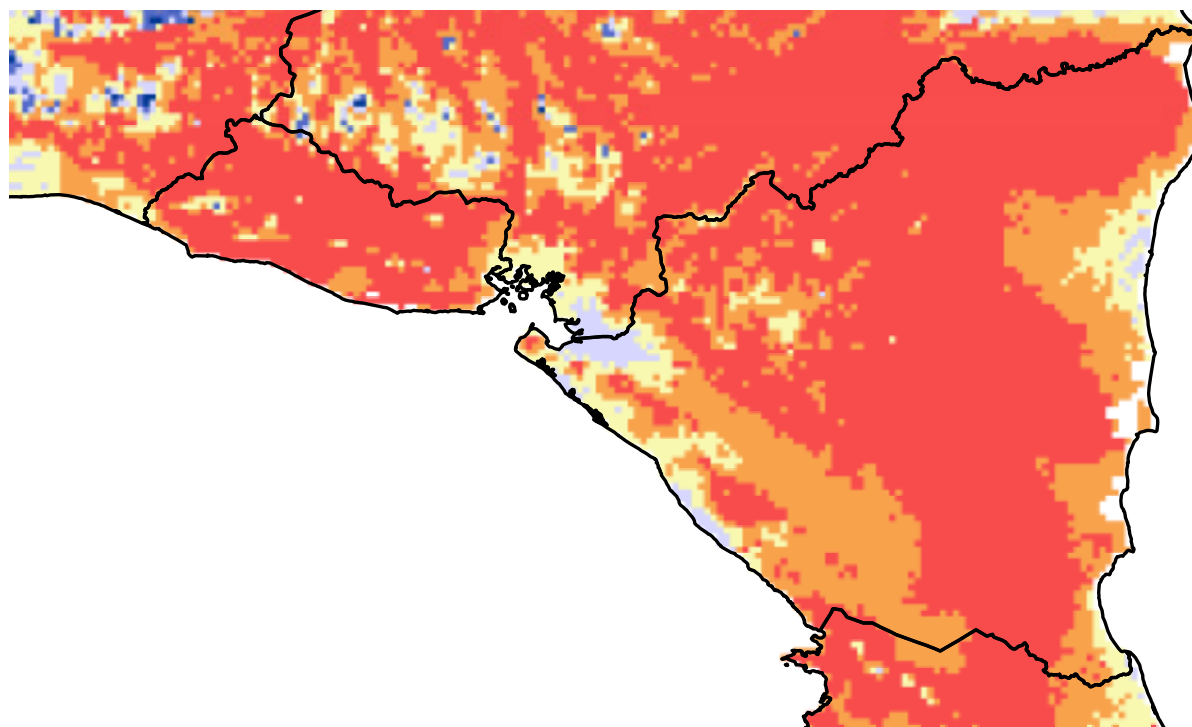


Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

## Café Robusta - Nicaragua



## Café Arabica - Nicaragua



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para el café para 2050.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

Se proyecta que la producción agrícola aumentará para el año 2050 tanto en un escenario con cambio climático (CC) como uno sin cambio climático (No-CC) para los frijoles, el maíz y el arroz (Figura 7). El crecimiento de la producción de maíz y frijol es especialmente pronunciado; sin embargo, en un escenario de cambio climático, este crecimiento se reduce a 25,1 pp y 11,5 pp por debajo del punto de referencia No-CC, respectivamente. Por otro lado, el crecimiento de la producción de arroz aumenta moderadamente en un escenario de cambio climático (+10,8 pp). En cuanto al comercio en la Figura 8, se proyecta que Nicaragua se convertirá en un exportador de maíz para el año 2035. También se prevé que las exportaciones de frijoles aumentarán de manera constante para el año 2050. Estas exportaciones, a pesar de los severos impactos biofísicos del cambio climático observados en las Figuras 2 y 3, posiblemente se deben en parte a que la pérdida de rendimiento es peor en los países vecinos, lo que da lugar a una ventaja comparativa neta para Nicaragua en estos cultivos.

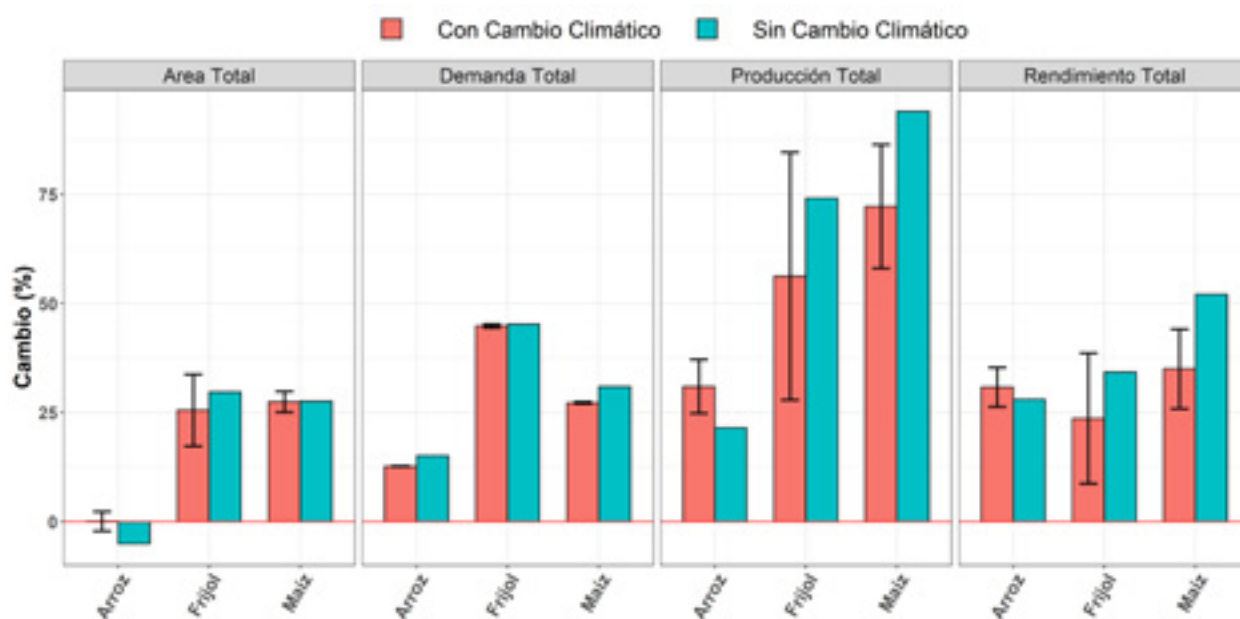


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

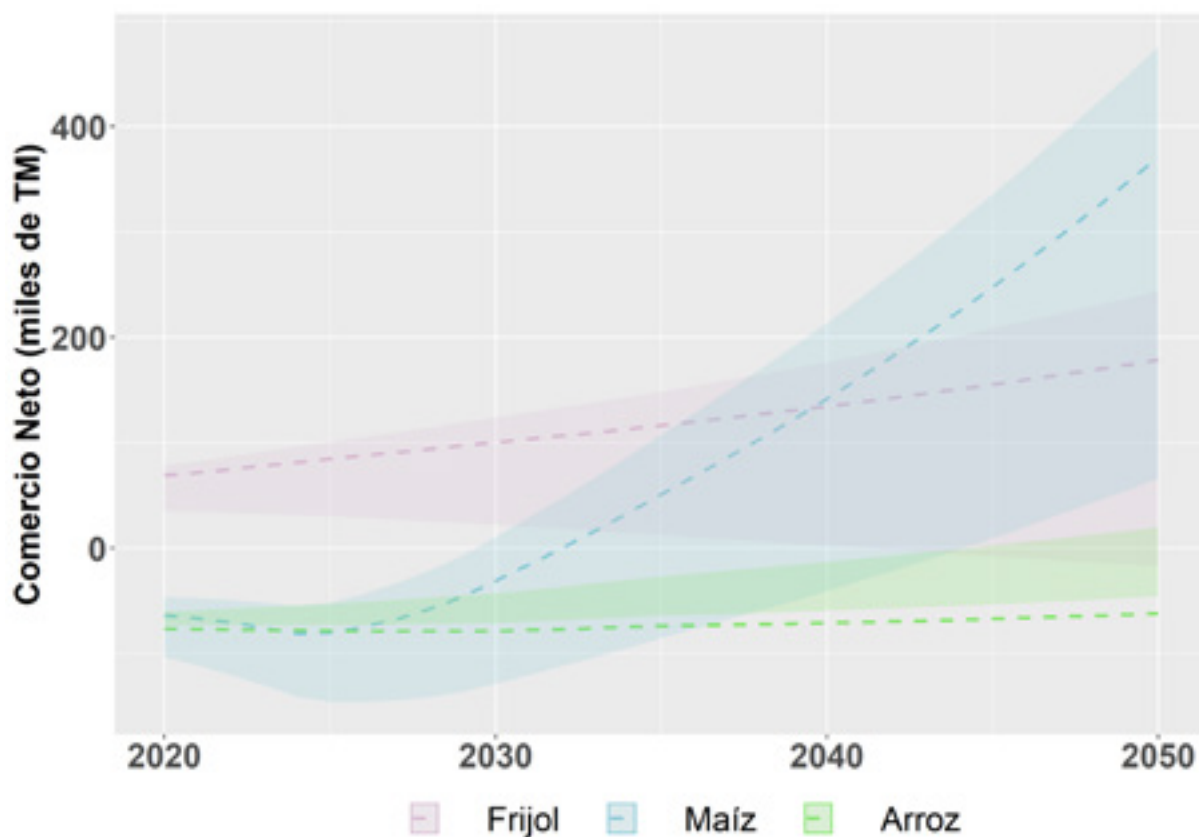


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

En un esfuerzo por limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C y garantizar la seguridad alimentaria, la mayoría de las promesas de cambio climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) citan la agricultura y el uso del suelo como una fuente clave de potencial de adaptación y/o mitigación [3]. La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Nicaragua al Acuerdo de París destaca la relevancia del sector agrícola para las acciones de adaptación y mitigación. Además, entre las inversiones clave en adaptación, la NDC reconoce la necesidad de riego, reservas de agua y acceso a la tecnología [4].

Nicaragua y otros países de ALC pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola mediante la adopción de otras prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases

de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Esto puede incluir la expansión continua de prácticas agrícolas de labranza cero, manejo de nutrientes de precisión (fertilizantes), cultivos intercalados y rotaciones de cultivos más avanzadas. Con una población rural que depende en gran medida de la agricultura y dado el potencial del sector para reducir la pobreza y aumentar el PIB, Nicaragua debe tomar medidas como estas para reducir los impactos del cambio climático en la producción de alimentos. El aumento del comercio y la productividad frente a la disminución del rendimiento y la falta de aptitud tanto para la seguridad alimentaria nacional como para los cultivos orientados a la exportación requerirán una inversión continua en investigación agrícola, una comunicación sólida entre los agricultores y los intermediarios del mercado, y una gestión y planificación responsable del suelo. Sin embargo, esto debe ir acompañado de esfuerzos para preservar y compartir variedades autóctonas de cultivos clave como el frijol, cultivados extensiva-

mente por pequeños agricultores en Nicaragua. Dadas las pérdidas de producción especialmente severas en la parte tropical de América Latina, Nicaragua dependerá cada vez más del comercio con las zonas más templadas del mundo, incluyendo el Cono Sur, para garantizar la seguridad

alimentaria nacional. La estabilidad política y del mercado financiero será clave para garantizar que se aprovechen estas oportunidades potenciales. A continuación, se resumen los mensajes clave para las intervenciones de políticas y el camino a seguir para las medidas de adaptación.

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
<b>Clima</b>	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 3°C en Nicaragua para el año 2050. El calentamiento será más pronunciado en las zonas costeras bajas.</li> <li>• Se prevé que las precipitaciones aumentarán considerablemente en la zona costera del noroeste del Pacífico durante el período de diciembre a febrero, aunque también disminuirán durante estos meses en gran parte del resto del país.</li> <li>• Durante el período de marzo a mayo, esta proyección se invierte. Se proyecta que las precipitaciones disminuirán en la zona costera del noroeste del Pacífico y aumentarán en gran parte del resto del país.</li> <li>• Se proyecta que las precipitaciones disminuirán en todo el país durante el período de junio a agosto.</li> </ul>	<p>Las medidas de adaptación y mitigación son fundamentales, especialmente para aumentar la productividad y la resistencia de los cultivos básicos en condiciones de cambio climático.</p> <p>Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas (es decir, diversificación de cultivos, CSA, uso de variedades mejoradas, siembra directa, cultivos intercalados, manejo de nutrientes de precisión e integración del conocimiento indígena)</li> <li>• Manejo de bosques, suelos y agua</li> <li>• Incrementar la eficiencia en el uso del agua</li> </ul>
<b>Agricultura</b>	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que los rendimientos de frijoles y maíz disminuirán considerablemente para el año 2050, especialmente en las zonas costeras del noroeste del Pacífico.</li> <li>• Se prevé un aumento en el rendimiento del arroz.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para el cultivo de banano disminuirán drásticamente, aunque esto se compensa en parte por los focos en la zona norte del interior donde la aptitud del banano podría aumentar.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para el cultivo de café (robusta y arábica) disminuirán drásticamente para el año 2050 en la mayor parte del país, con la excepción de las provincias de Chinandega y León, donde las condiciones podrían mejorar para el café robusta.</li> <li>• Se proyecta que las áreas aptas para el cultivo de yuca aumentarán o permanecerán iguales en todo el país.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación agrícola: <ul style="list-style-type: none"> <li>» Realizar los análisis necesarios para identificar y priorizar las opciones de investigación de adaptación al CC para los cultivos más relevantes</li> <li>» Realizar evaluación ex ante del impacto de la tecnología de cultivos resistentes al calor y las inundaciones</li> <li>» Evaluar la viabilidad de cultivos resilientes al CC como la yuca como fuentes alternativas de carbohidratos y nutrientes.</li> </ul> </li> <li>• Si se lleva a cabo una agricultura migratoria para generar nuevas áreas de terreno apto, los planificadores deben considerar cuidadosamente los costos y beneficios de reemplazar los bosques por agricultura.</li> </ul>



## Referencias:

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., USA. <http://data.worldbank.org/indicator>

[2] Eckstein et al. 2018. Global Climate Risk Index 2019. Bonn, Germany.

[3] CCAFS. 2015. Info Note: Agriculture's prominence in the INDCs. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/62364/retrieve>. Detailed country information on agriculture in INDCs available at: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/73255>

[4] Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. 2018. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. <http://bit.ly/2Tzcbpp>



# XVI. Panamá

## 1. Contexto

La agricultura desempeña un papel pequeño y en declive en la economía de Panamá. El sector representa sólo el 2,4% del PIB, 4,5 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 6,9% en 2003 [1]. Los productos agrícolas representaron solo el 0,1% de todas las exportaciones en 2015 [2]. Los empleos en la agricultura representan actualmente el 15,1% de todo el empleo en el país, 2,9 pp menos que hace 8 años [1]. Las industrias del sector de servicios, por otro lado — especialmente los negocios, la banca y el turismo relacionados con el Canal de Panamá— representan alrededor del 70% del PIB. Las perspectivas de crecimiento futuro se basan en gran parte en el proyecto de expansión del Canal de Panamá, completado en 2016, que ha más que duplicado la capacidad del Canal. El clima de Panamá es marítimo tropical, con una larga temporada de lluvias de mayo a enero. La geografía es montañosa con llanuras bajas y colinas a lo largo de las costas. El 7,3% de la tierra es cultivable; y menos de la mitad está bajo cultivo permanente. El banano, el arroz, el maíz, el café y la caña de azúcar se encuentran entre los cultivos más importantes que se producen en Panamá. Otro 20,7% de la tierra son pastos dedicados a la ganadería y el 43,6% son bosques, que son fuentes ricas en biodiversidad [3].

## 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de América Latina y el Caribe (ALC). En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

En Panamá, se prevé un aumento de las lluvias en todo el país, especialmente durante septiembre-noviembre y diciembre-febrero. El aumento es particularmente pronunciado en el área de Veraguas, Herrera y Los Santos, importante para la producción de banano y caña de azúcar. También se proyecta que las temperaturas máximas y mínimas aumentarán en todo el país, especialmente durante junio-noviembre; y son más pronunciadas en la mitad occidental del país que en la mitad oriental (Figura 1).

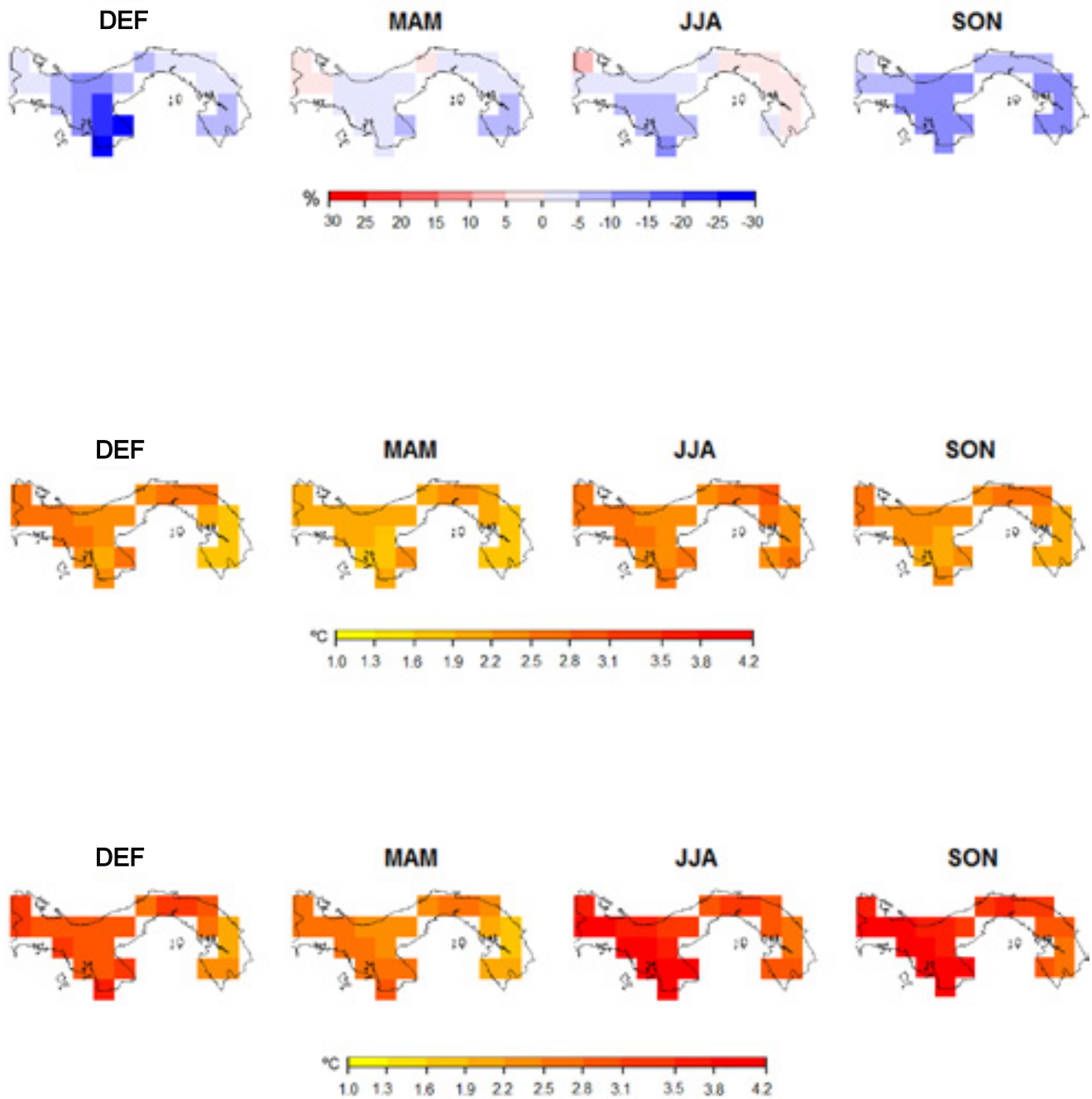


Figura 1: Impactos climáticos promediados en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz y frijoles para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

Los modelos de impacto del rendimiento sugieren que, en 2050, en promedio, el cambio climático podría dar lugar a disminuciones sustanciales en los rendimientos del maíz de secano y bajo riego —en un 25,6% y 31,1%, respectivamente— mientras que los rendimientos del arroz bajo riego y de secano muestran una resiliencia relativa, con disminuciones de menos del 5% (Figura 2). Se prevé que la producción de frijoles de secano disminuirá en un 26,9%. Los mapas de la Figura 3 indican una variación importante en los impactos del rendimiento del arroz, con aumentos de rendimiento proyectados en el oeste, donde se espera que el aumento de las precipitaciones sea mayor y los aumentos de temperatura sean menos severos, y disminuciones de rendimiento proyectadas en otros lugares. Asimismo, las disminuciones proyectadas del rendimiento de maíz son mínimas en el noroeste.

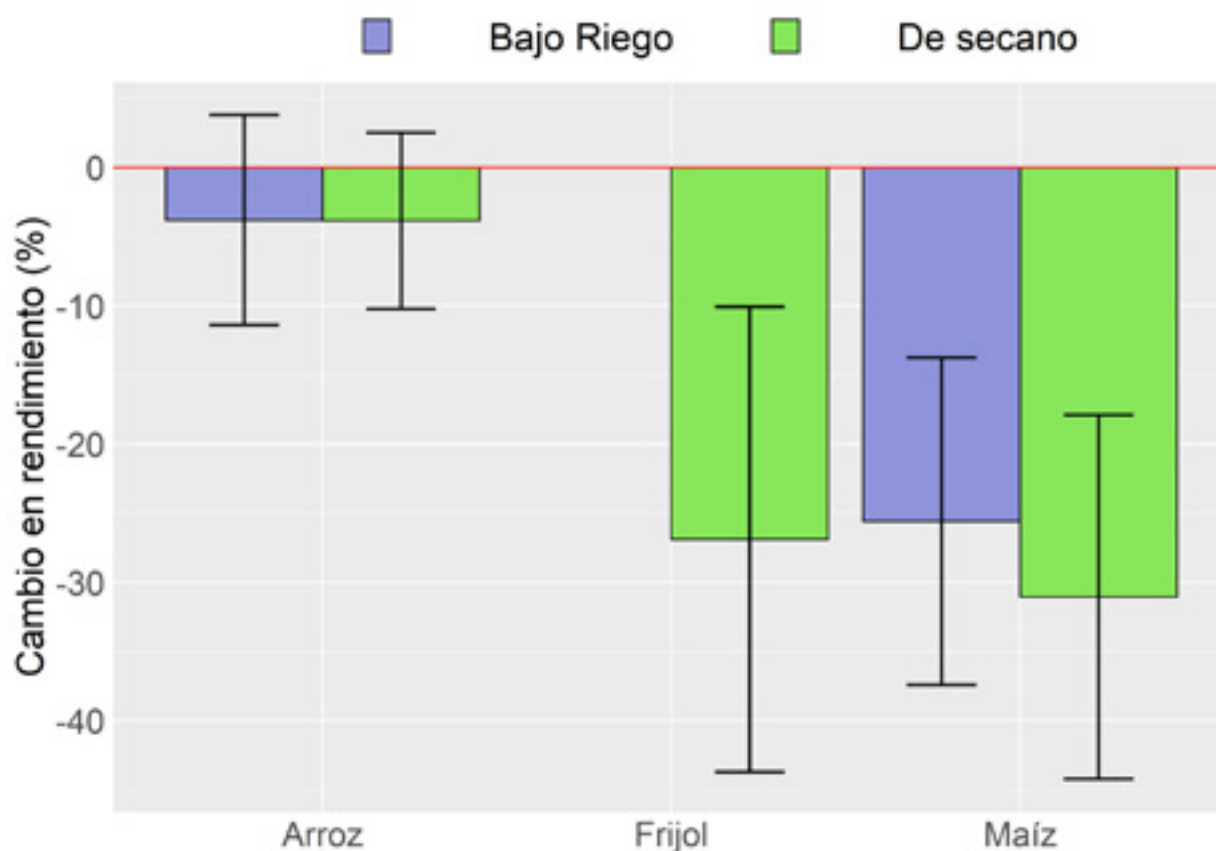


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado en Panamá, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

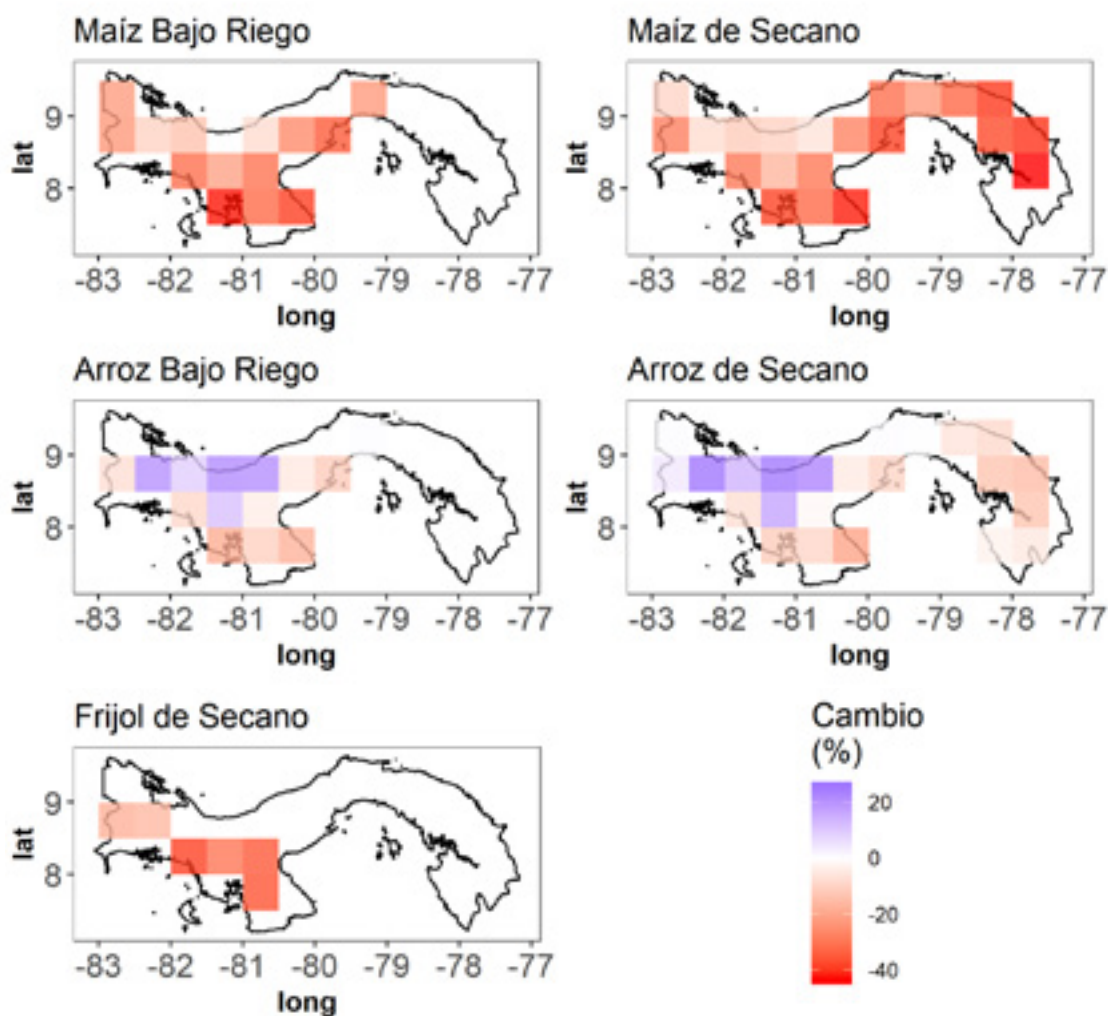


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050)

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, ñame y yuca utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

Los modelos de aptitud sugieren que el área apta para el cultivo de banano podría disminuir drásticamente en un 77,8%. También se proyecta que la aptitud del café arábica y robusta disminuirá abruptamente, en un 53% y 30,7%, respectivamente (Figura 4). Los mapas de impacto muestran la pérdida de aptitud proyectada para

el banano distribuida uniformemente en todo el país, mientras que los cultivos de seguridad alimentaria como el ñame y la yuca —la yuca no se cultiva actualmente en una cantidad significativa— denotan una resiliencia potencial a los impactos del cambio climático, especialmente en el oeste (Figura 5). El mapa de impacto de aptitud para el café arábica indica que estas pérdidas se distribuyen de manera uniforme por todo el país (Figura 6).

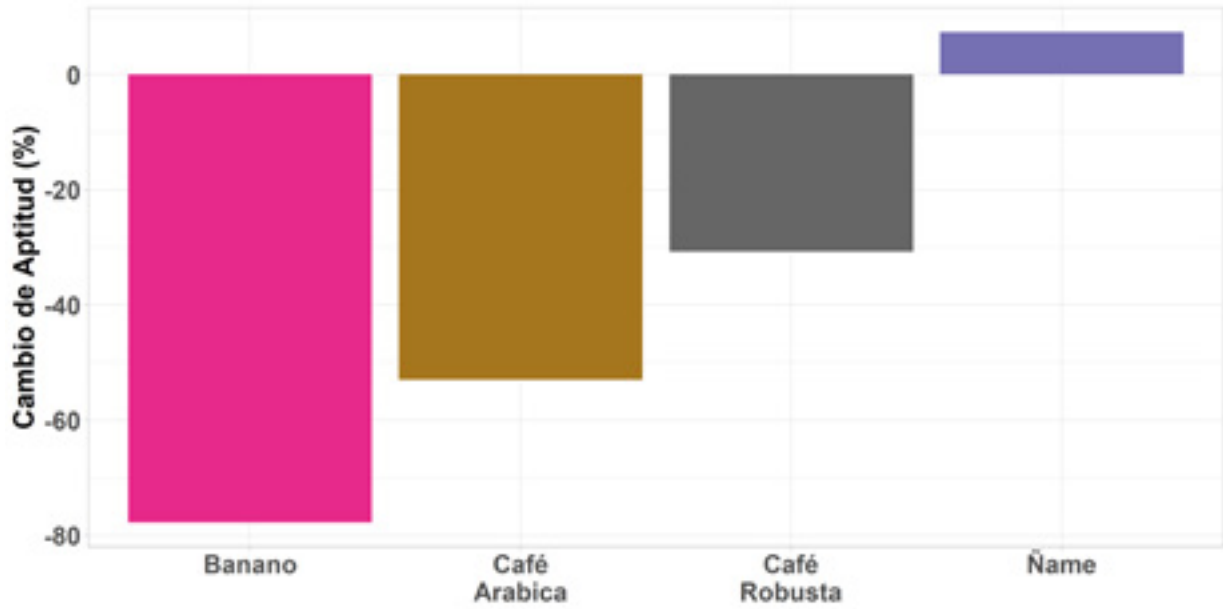


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050), promedio nacional. Se proyecta que la aptitud de la yuca, la cual no se muestra aquí, pero se incluye en el análisis, cambiará muy poco en un escenario de cambio climático (ver Figura 5).

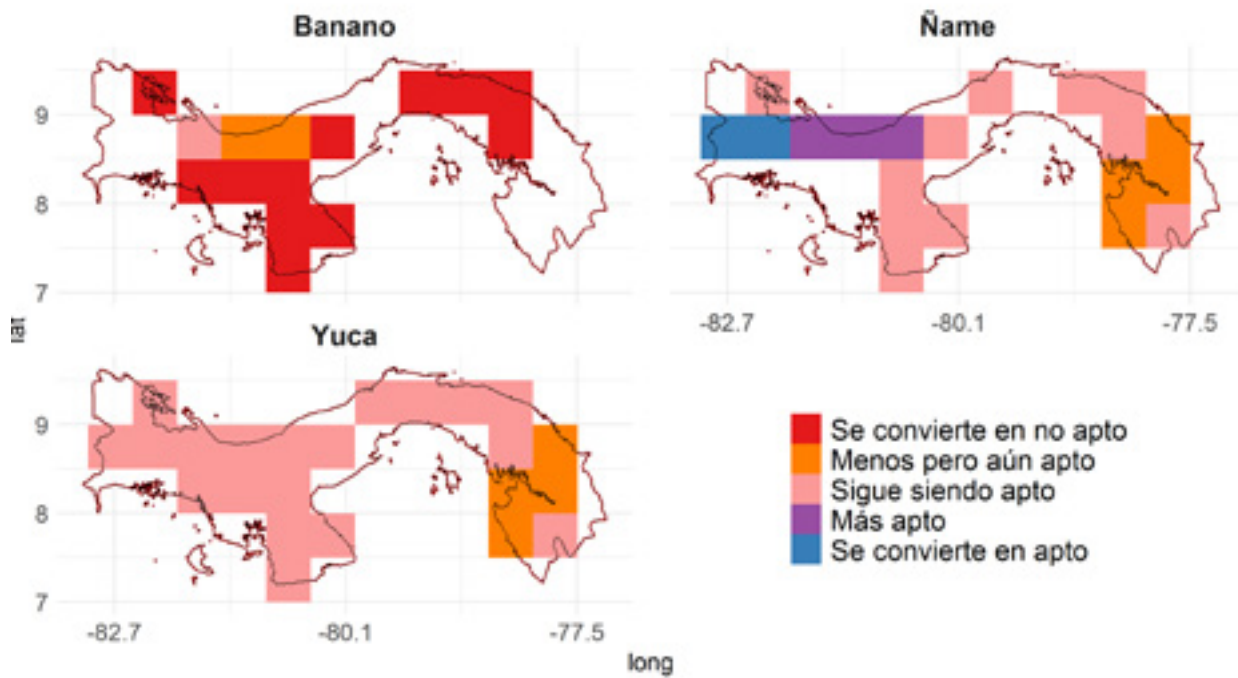
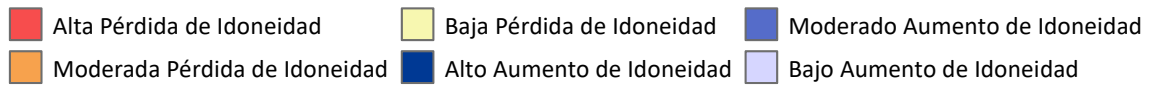
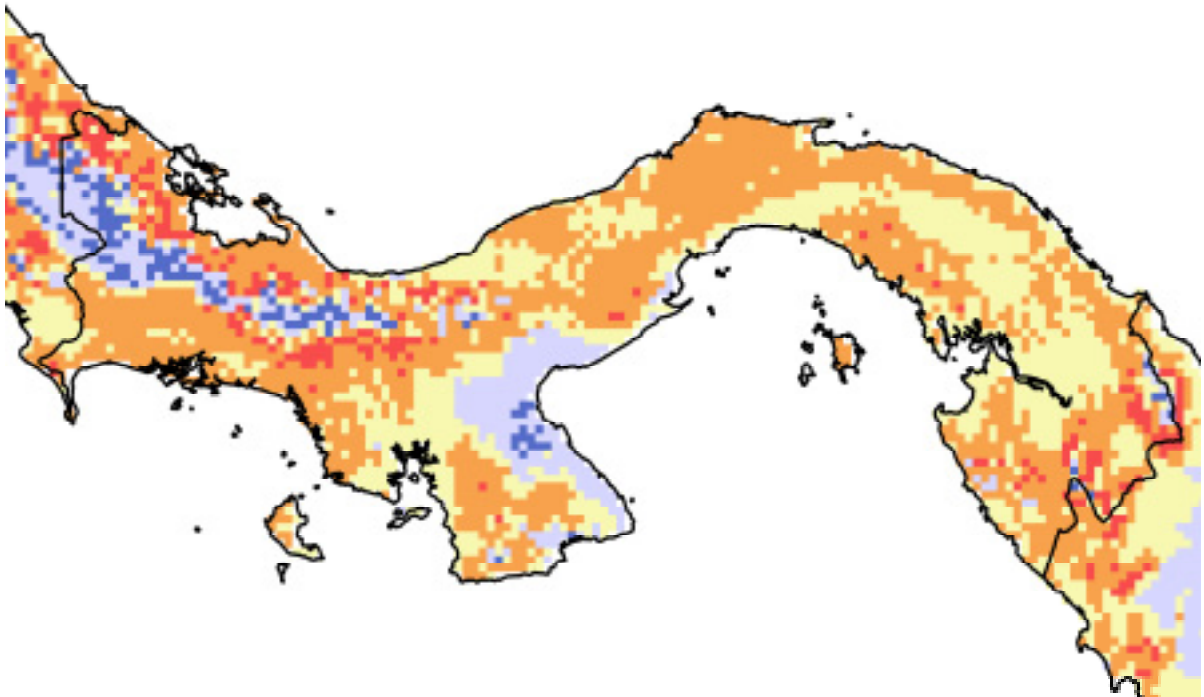


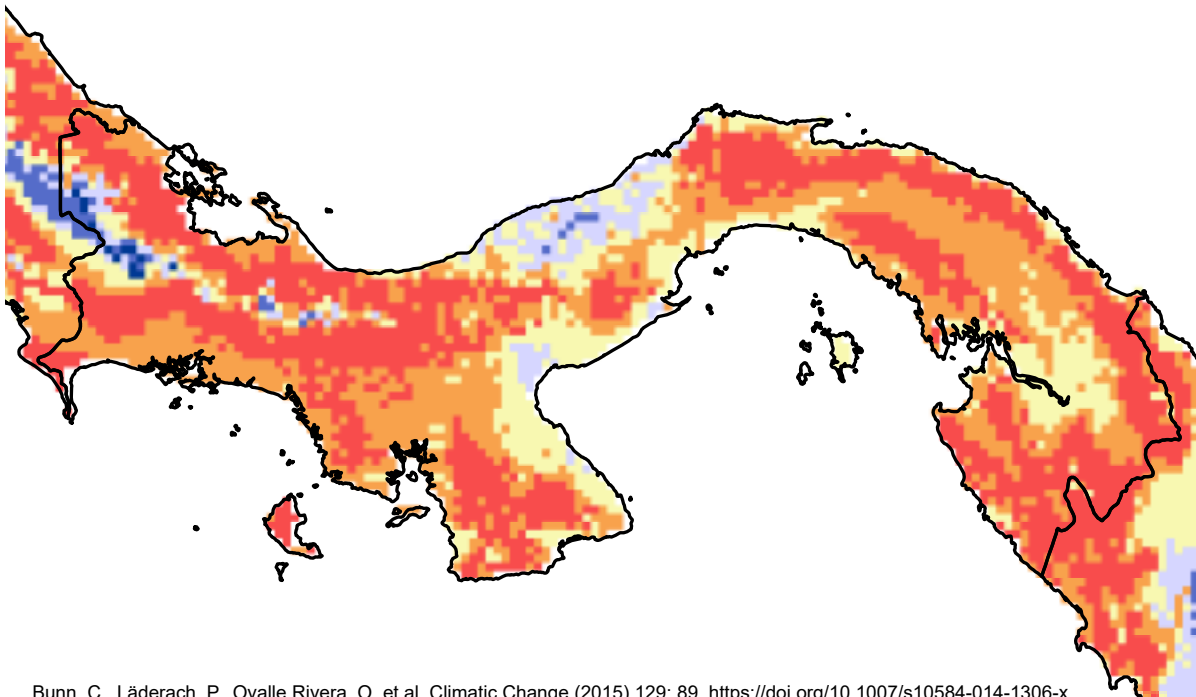
Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).



## Café Robusta - Panamá



## Café Arabica - Panamá



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para café arábica para 2050.

## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

Se proyecta que la producción de arroz aumentará tanto en un escenario de CC como No-CC, lo que refleja la resiliencia biofísica observada en la sección de modelos de rendimiento anterior. En el escenario No-CC, se proyecta que la producción de frijoles y maíz aumentará en un gran porcentaje, en parte atribuible a las cantidades relativamente pequeñas de estos cultivos que se producen actualmente en el país. Sin embargo, en un escenario de cambio climático, la producción de frijol y maíz cae por debajo de sus puntos de referencia No-CC en 6,2 y 37,8 puntos porcentuales, respectivamente, lo que refleja la vulnerabilidad biofísica observada en la sección de modelos de rendimiento anterior. Se proyecta que el nivel residual de producción de soja de Panamá desaparecerá en 2050, con el cambio climático acelerando esta disminución.

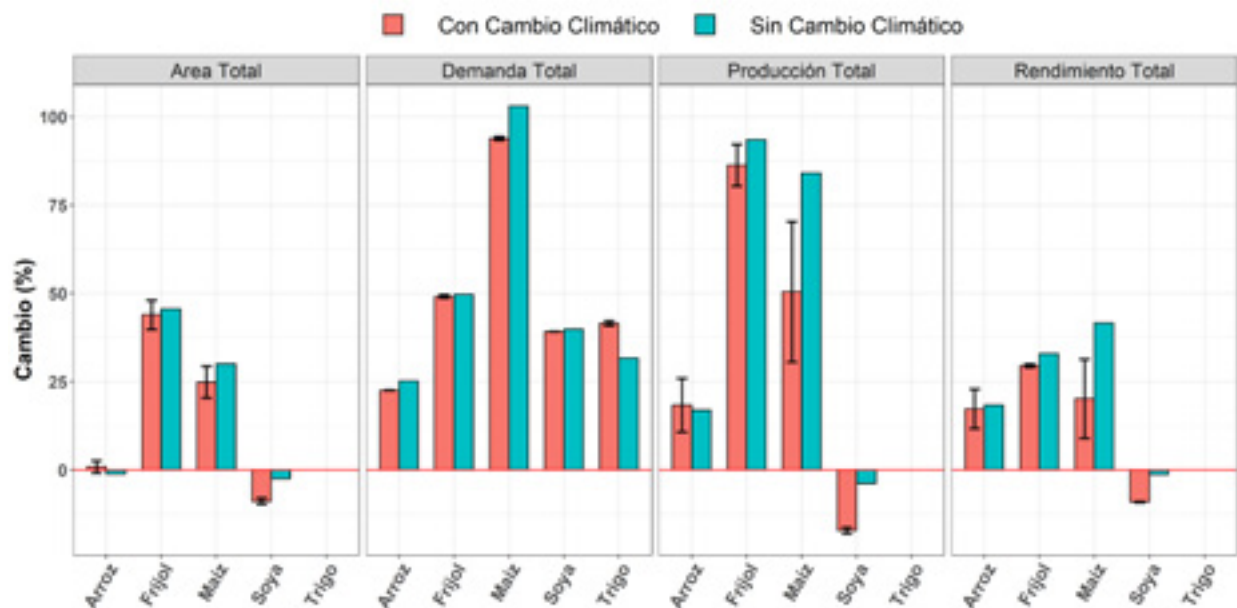


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

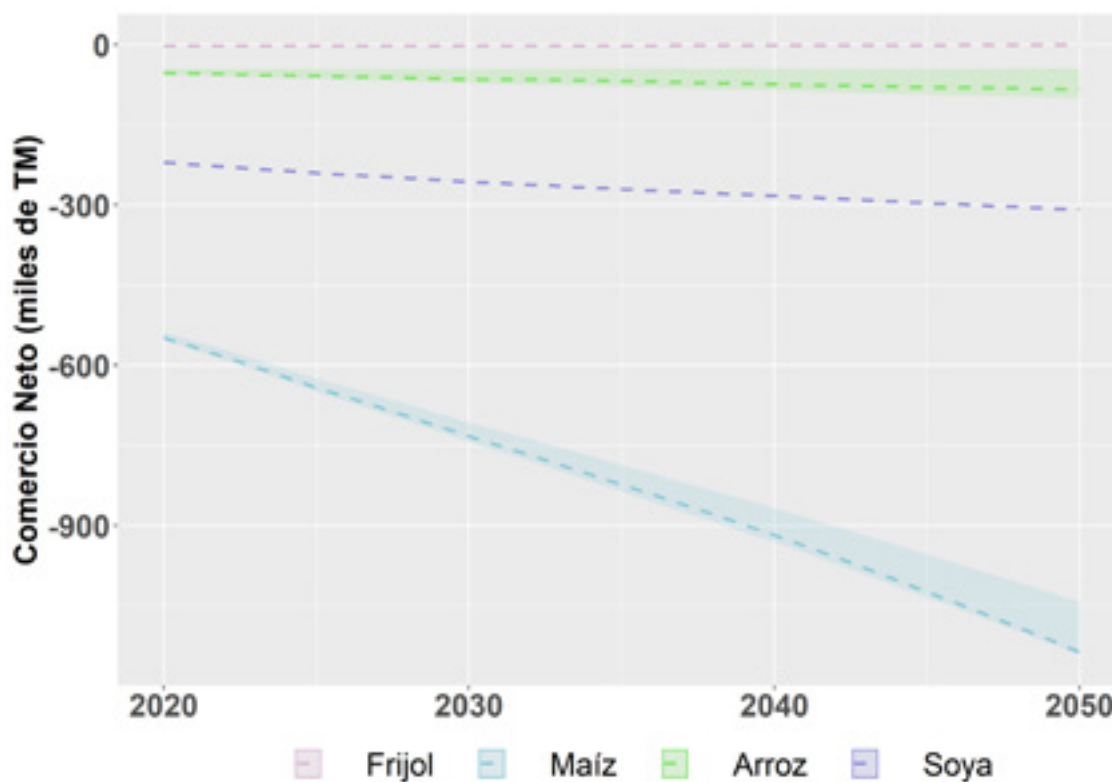


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

Se proyecta que la demanda de arroz, soja y maíz superará la producción, dando lugar a una balanza comercial negativa continua en estos productos básicos clave para el año 2050 tanto en un escenario de CC como No-CC (Figura 8). Curiosamente, la demanda de maíz es menor en un escenario de cambio climático —sustituida, quizás, por la demanda de trigo, la cual es mayor en un escenario de cambio climático. Por lo tanto, la mayor dependencia de las importaciones de maíz se compensa en cierta medida en un escenario de cambio climático.

## 5. El camino a seguir

La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Panamá al Acuerdo de París de 2015 incluye metas integradas de adaptación agrícola que pueden funcionar para reducir la magnitud de las tendencias que se ven aquí. Panamá es un país secuestrador neto de carbono y ha dado pasos importantes

en la creación de un marco de política nacional de mitigación del cambio climático. En 2009, el Comité Nacional de Cambio Climático se estableció dentro de la Autoridad Nacional del Medio Ambiente con el propósito de implementar una Política Nacional de Cambio Climático multisectorial [4]. Los esfuerzos se han centrado en la silvicultura tropical y la seguridad alimentaria, y el Ministerio del Exterior de Panamá asumió el liderazgo del Programa de Seguridad Alimentaria de 2025 de la CELAC [5]. Panamá y otros países de América Latina pueden reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola adoptando prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Algunas medidas de adaptación específicas se presentan en la (Tabla 2).

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los modelos climáticos proyectan aumentos sustanciales en las temperaturas máximas y mínimas en todo el país.</li> <li>• Aumento pronunciado de las lluvias estacionales proyectadas en gran parte del país, especialmente en Veraguas, Herrera y Los Santos.</li> </ul>	<p>Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas climáticamente inteligentes, especialmente agroforestería.</li> <li>• Desarrollo de servicios de información y extensión agroclimática.</li> <li>• Priorización y armonización de los objetivos de intervención (seguridad alimentaria, erradicación de la pobreza, adaptación al cambio climático, etc.)</li> </ul>
Agricultura	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyectan fuertes caídas en la aptitud para el banano y el café.</li> <li>• Se prevé que la aptitud para el cultivo de ñame y yuca se mantendrá estable o aumentará en 2050. La yuca, que actualmente no se cultiva en Panamá en cantidades significativas, podría por lo tanto desempeñar un papel en la seguridad alimentaria en el futuro en un escenario de cambio climático.</li> <li>• Se proyecta una fuerte caída generalizada de los rendimientos de maíz y frijol.</li> <li>• Incremento en el rendimiento de arroz proyectado en el noroeste, disminuciones proyectadas en otros lugares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de cultivos de seguridad alimentaria no tradicionales como la yuca que denotan resiliencia al cambio climático.</li> <li>• Fortalecimiento de acuerdos de cooperación y transferencia de tecnología como los establecidos con el Fondo Latinoamericano de Riego (FLAR).</li> <li>• Mejora en el acceso a los bancos de germoplasma para facilitar la investigación y el lanzamiento de nuevas variedades que demuestren resiliencia en condiciones de cambio climático.</li> </ul>

## Referencias:

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. <http://data.worldbank.org/indicator>

[2] Banco Mundial. 2018. World Integrated Trade Solution <http://bit.ly/2ZRfxac>

[3] CIA Factbook. 2018. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/pm.html>

[4] Panamá: Segunda comunicación nacional. 2011. Autoridad Nacional del Ambiente. [https://adaptation-undp.org/sites/default/files/downloads/panama\\_snc.pdf](https://adaptation-undp.org/sites/default/files/downloads/panama_snc.pdf)

[5] Panamá y ONUAA. 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-az537s.pdf>



# XVII. Perú

## 1. Contexto

A pesar de la creciente urbanización, el sector agrícola sigue desempeñando un papel importante en Perú, representando el 7% del PIB. Los productos agrícolas representaron el 11,6% de todas las exportaciones en 2015, 5,7 puntos porcentuales más que en 2006. Los empleos en la agricultura representan el 28,4% de todo el empleo en el país [1]. El desierto árido cubre gran parte de la región costera y suroeste de Perú, lo que limita el cultivo agrícola a las áreas montañosas de la cordillera de los Andes o las tierras bajas tropicales húmedas hacia el este. Los patrones de precipitación están muy influenciados por la oscilación del sur de El Niño. El 71% de los glaciares tropicales del mundo —una fuente fundamental de agua para la agricultura— se encuentran en Perú. Sin embargo, el volumen de los glaciares ha disminuido en un 40% desde 1970 debido al aumento de las temperaturas asociado con el cambio climático [2]. Además, la creciente frecuencia de eventos de El Niño/La Niña como resultado del cambio climático puede conducir a una mayor incidencia de inundaciones, sequías, erosión del suelo, deslizamientos de tierra y brotes de plagas/enfermedades en las áreas montañosas y tierras bajas húmedas donde la mayoría de la población vive y cultiva [2]. Uno de los factores que impulsa los impactos locales del cambio climático es la asociación con diferentes procesos y ciclos globales. Las teleconexiones entre las características climáticas peruanas son bien conocidas y están vinculadas a una variedad de

temas, desde fenómenos ambientales [3] hasta temas relacionados con la salud [4].

## 2. Impactos climáticos

Al evaluar los impactos climáticos futuros, este estudio utilizó nueve modelos de circulación general (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de América Latina y el Caribe (ALC). En general, se predice que las temperaturas aumentarán entre 1°C y 4°C en toda la región de ALC, considerando que el Caribe y la parte tropical de América del Sur se calentarán a un ritmo mayor que México y el Cono Sur.

Los modelos climáticos proyectan un fuerte aumento porcentual de las precipitaciones costeras durante todo el año. También se proyectan fuertes incrementos para la zona sur del interior durante junio-noviembre. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estos cambios proyectados ocurren en áreas desérticas donde la precipitación actual es extremadamente baja. Por lo tanto, los elevados porcentajes de aumento se deben en parte a los bajos valores de referencia. Se proyecta una disminución de las precipitaciones para la zona central del interior durante junio-noviembre. Se prevé que las temperaturas máximas y mínimas durante todo el año aumentarán en todo el país, especialmente a lo largo de las tierras bajas de la costa central y la zona sur del interior (Figura 1), que son importantes áreas de cultivo de cereales.



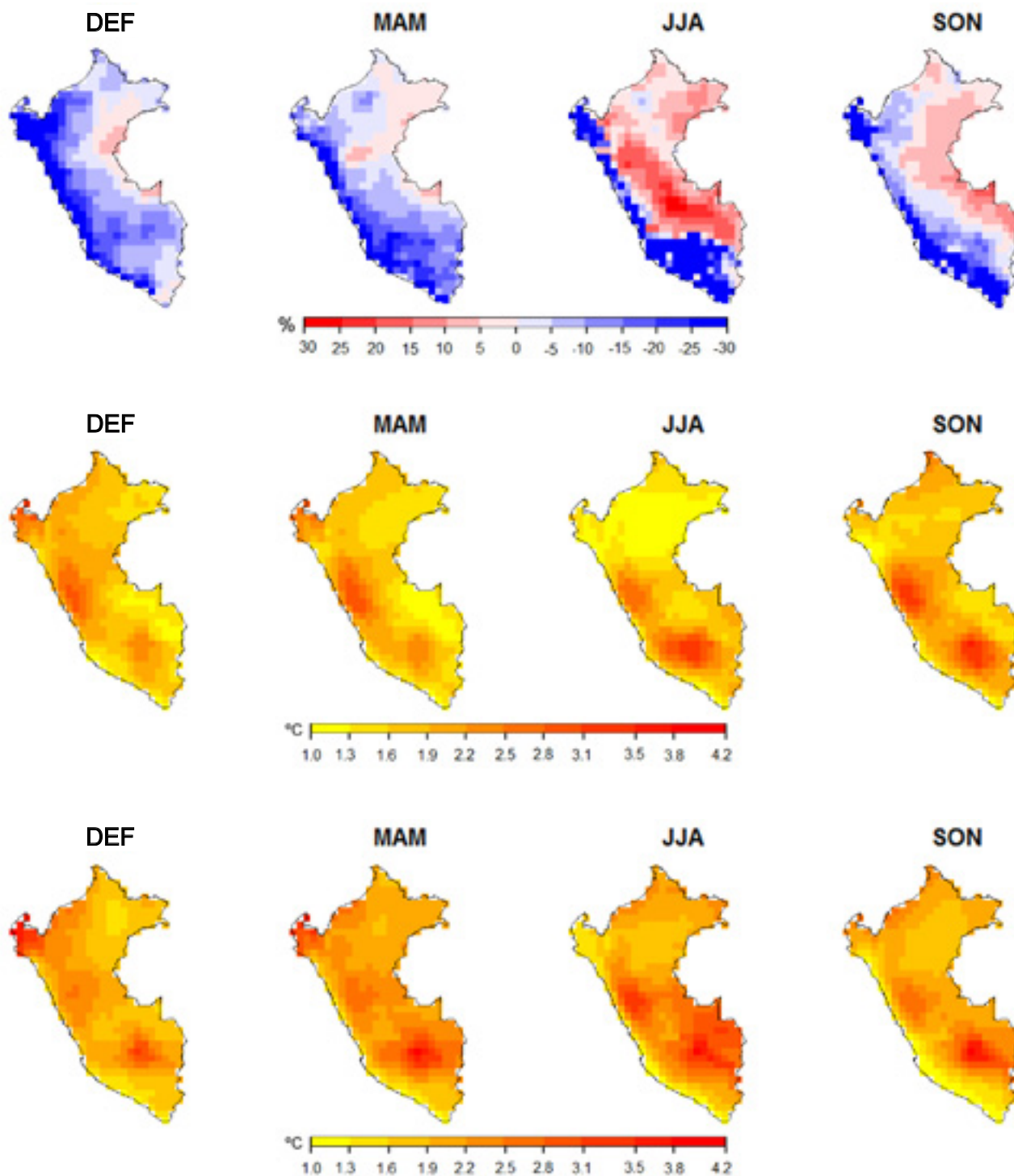


Figura 1: Impactos climáticos (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.



### 3. Impactos de rendimiento y aptitud

#### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz, frijoles y trigo para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

Los modelos de impacto en el rendimiento sugieren que en 2050, el cambio climático podría dar lugar a una disminución promedio sustancial del 31,7% para el arroz de secano y una menos severa del 8% para el frijol de secano. Se prevé que los sistemas bajo riego se comportarán considerablemente mejor, con una caída en los rendimientos de arroz bajo riego del 21% y un aumento en los rendimientos de frijoles bajo riego del 7%. Entretanto,

el rendimiento promedio proyectado para el maíz bajo riego y el trigo de secano muestra una resiliencia relativa, disminuyendo solo en un 9,4% y en menos del 5%, respectivamente (Figura 2).

Los mapas de impacto del rendimiento en la Figura 3 revelan una importante variación geográfica que se esconde detrás de estos promedios nacionales. La pérdida proyectada de rendimiento del maíz bajo riego se concentra en el árido noroeste, donde se proyecta que los aumentos de temperatura serán severos. Las pérdidas de rendimiento proyectadas para el maíz de secano y bajo riego también se encuentran dispersas por todo el piedemonte tropical oriental. Estas pérdidas se compensan en parte por las ganancias de rendimiento proyectadas en zonas más elevadas en los Andes, pero la pregunta sigue siendo si la pendiente de este nuevo terreno será demasiado empinada para el cultivo. Mientras tanto, la pérdida proyectada de rendimiento del trigo bajo riego en los Andes se compensa en parte por los focos de ganancias en el sur. Las ganancias de rendimiento proyectadas para el frijol y el arroz bajo riego se concentran a lo largo de la costa, mientras que las ganancias para el frijol y arroz de secano se concentran a lo largo de los Andes.

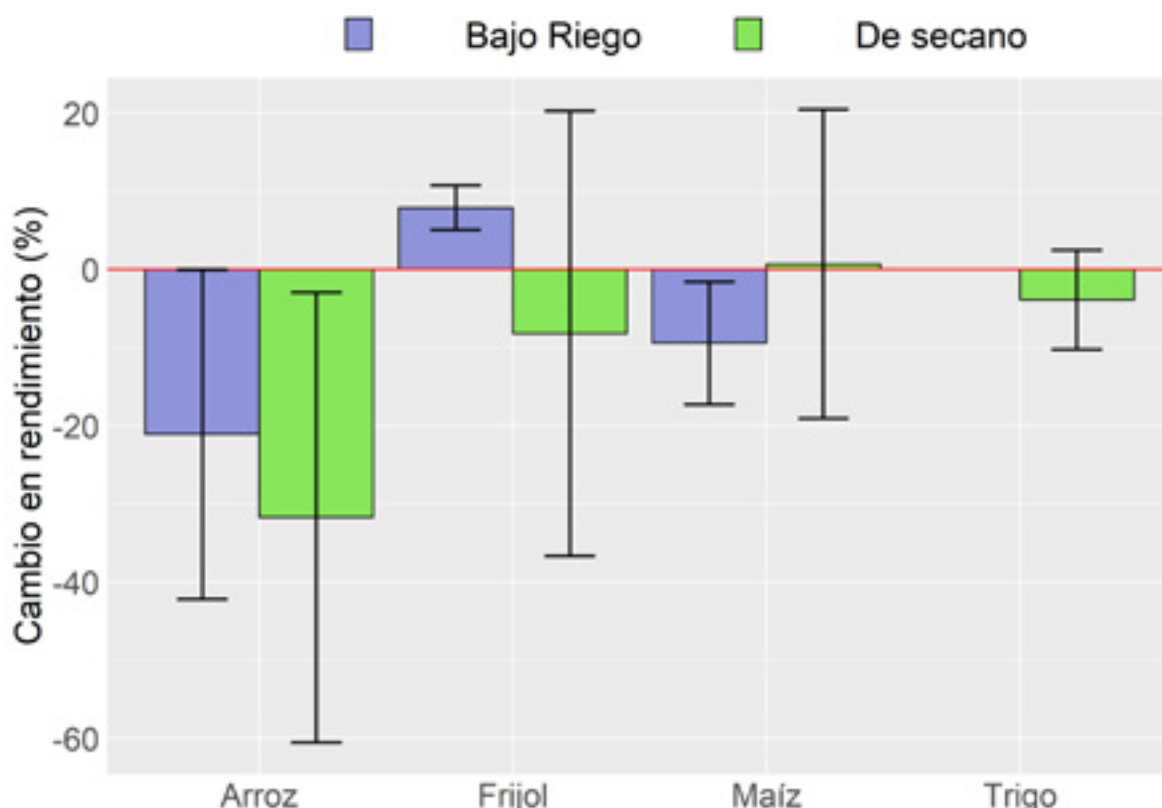


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

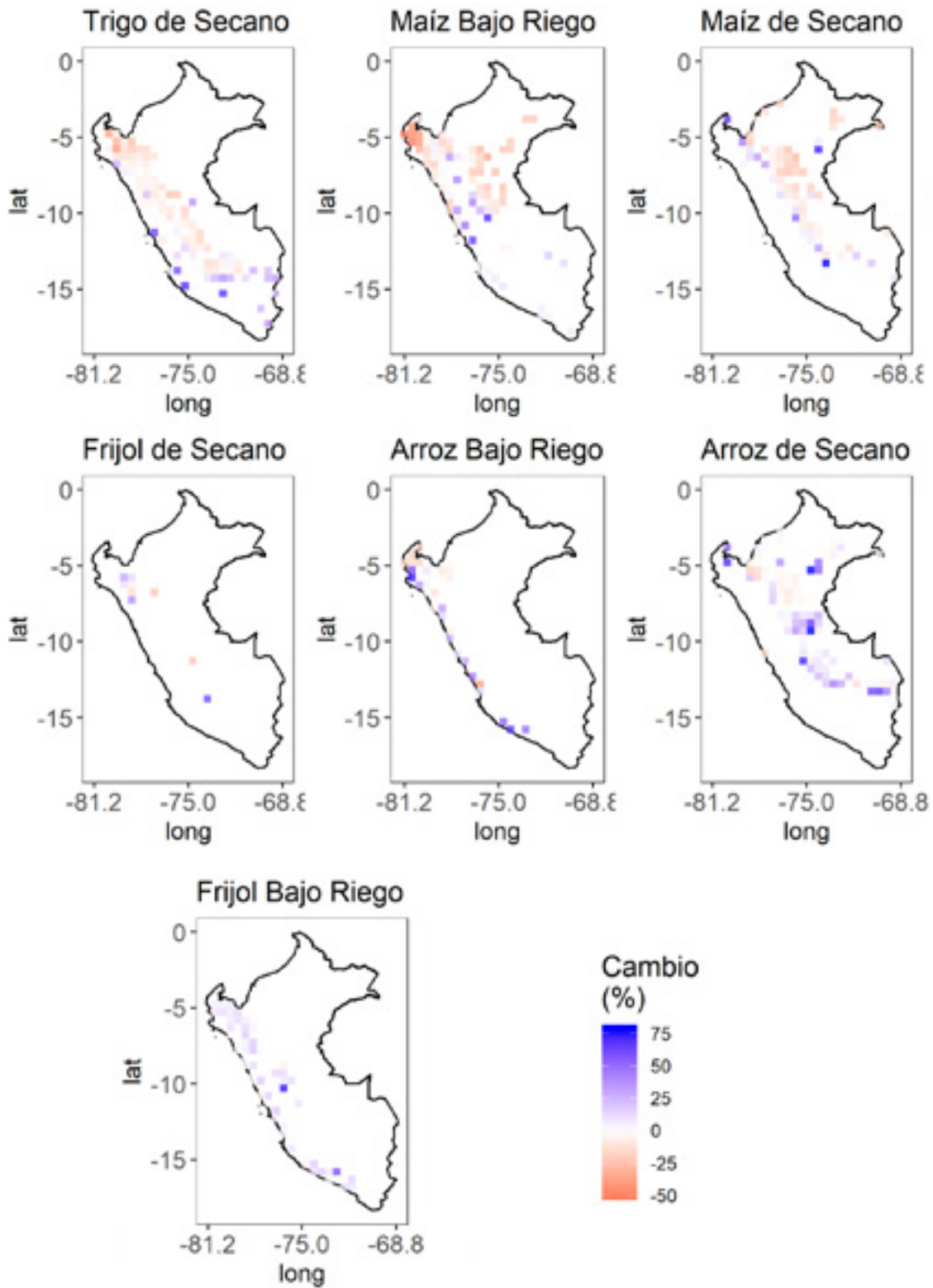


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050).

## Aptitud

Se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica del café (robusta y arábica), banano, ñame, yuca, papa y caña de azúcar utilizando modelos basados en nichos. En estos modelos, la “aptitud” se define en función de qué tan bien se ajustan las condiciones locales de precipitación y temperatura a los requisitos biofísicos de un cultivo determinado.

Los modelos de aptitud sugieren que el promedio de áreas aptas para el cultivo de yuca, papa, caña de azúcar y ñame podría aumentar sustancialmente —en 24,7%, 19,9%, 54,4% y 18,1%, respectivamente. Entretanto, el área apta para la incipiente industria bananera del Perú podría disminuir en un 40,8%. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la pronunciada disminución porcentual en la aptitud del banano y el pronunciado aumento en la aptitud de la caña de azúcar es en parte atribuible a la pequeña cantidad de producción actual de estos cultivos.

Los mapas de impacto de aptitud espacialmente explícitos en la Figura 5 indican que se proyecta que los aumentos de aptitud de la papa ocurrirán en las regiones donde la producción se concentra actualmente —a lo largo del flanco occidental y sur de los Andes— aunque esto se compensa en parte por focos de pérdida de aptitud en el flanco norte y este de los Andes. La aptitud proyectada de yuca y ñame permanece estable en el bosque tropical nororiental y aumenta en los Andes (Figura 5). La producción de yuca en Perú es baja en comparación con la producción de papa, y actualmente no se cultiva ñame en ninguna parte del país en cantidades significativas. Sin embargo, la resiliencia proyectada de estos cultivos puede convertirlos en una atractiva fuente alternativa de carbohidratos en áreas donde se proyecta que los cereales sucumbirán al estrés por calor y agua provocado por el cambio climático.

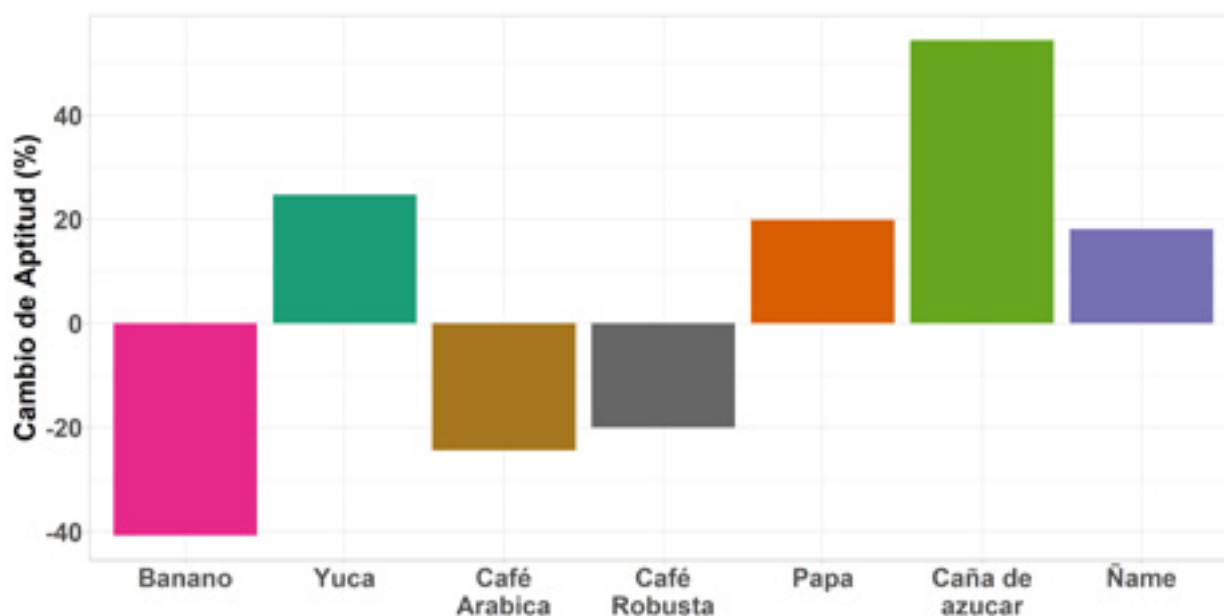


Figura 4: Cambio proyectado en aptitud para cultivos clave (2020-2050), promedio nacional.

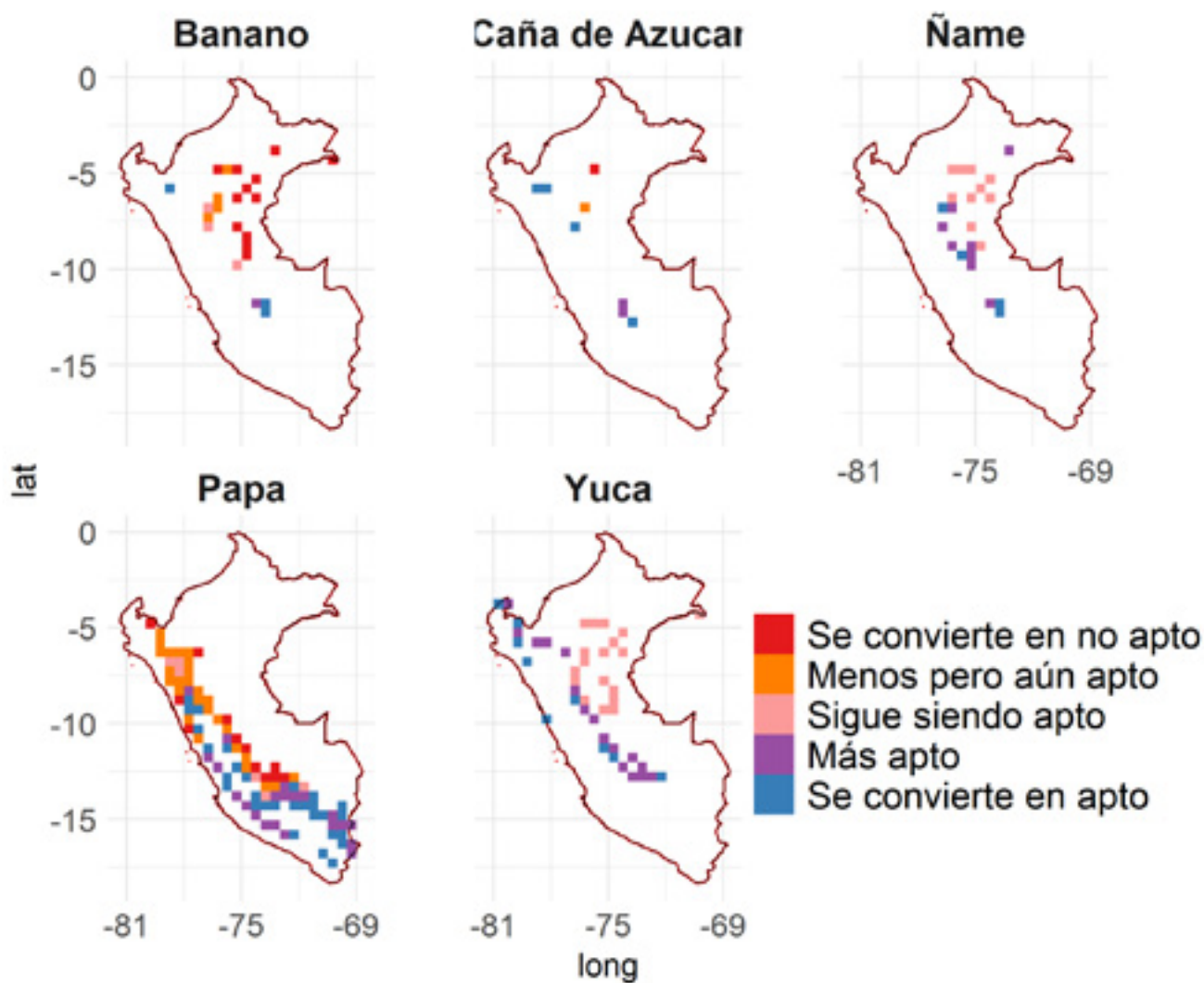
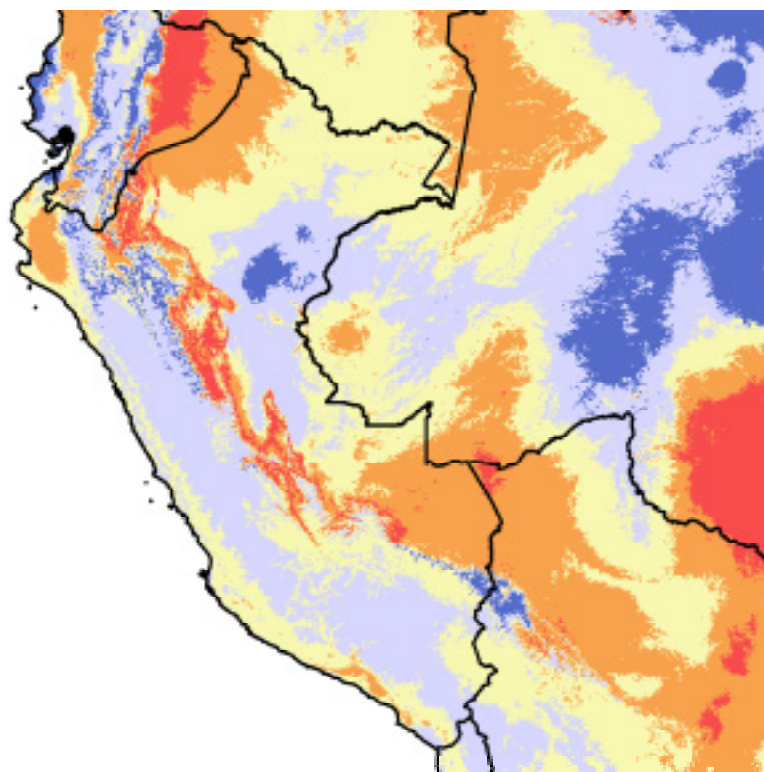


Figura 5: Mapas de impacto de aptitud proyectado (2020-2050).

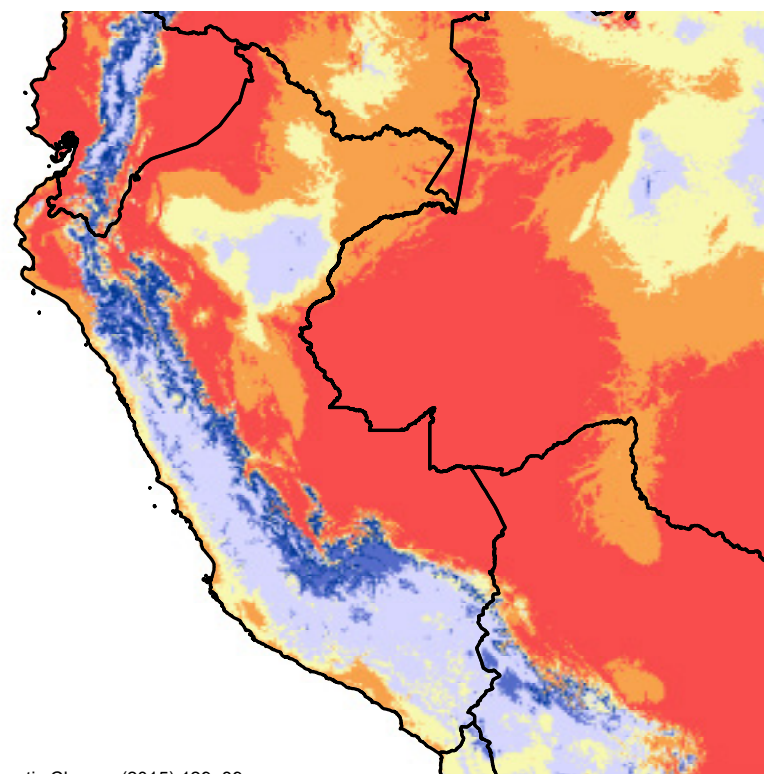
Se proyecta que el área promedio apta para el cultivo de café arábica y robusta disminuirá abruptamente —en un 24,5% y 20,1%, respectivamente—. Sin embargo, estos promedios nacionales son engañosos. El mapa de aptitud del café arábica en la Figura 6 revela que las pérdidas de aptitud del arábica se concentran en un área amplia que se extiende desde el flanco oriental de los Andes hasta los bosques tropicales del norte y oeste, donde actualmente no se produce café. Además, estas pérdidas se ven considerablemente compensadas por las ganancias de aptitud en las regiones cafetaleras a lo largo del flanco andino oriental y el piedemonte occidental.

### Café Robusta - Perú

- Alta Pérdida de Idoneidad
- Moderada Pérdida de Idoneidad
- Baja Pérdida de Idoneidad
- Alto Aumento de Idoneidad
- Moderado Aumento de Idoneidad
- Bajo Aumento de Idoneidad



### Café Arabica - Perú



Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. Climatic Change (2015) 129: 89.

Figura 6: Cambio proyectado en aptitud para café arábica para 2050.



## 4. Impactos económicos

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

Se proyecta que la producción de maíz y trigo aumentará sustancialmente en los escenarios No-CC y de CC, lo que refleja la resiliencia biofísica observada en la sección de modelos de rendimiento anterior (Figura 7). Entretanto, se prevé una caída en la producción de arroz. Se proyecta un fuerte aumento porcentual de frijoles, pero esto se debe en gran parte a las pequeñas cantidades de esta cosecha que se producen actualmente en el país. La perspectiva de producción de frijol es 24,1 puntos porcentuales más alta bajo un escenario de cambio climático que bajo su punto de referencia No-CC, lo que refleja la resiliencia biofísica observada en la sección de modelos de rendimiento.

Se proyecta que la demanda de maíz aumentará drásticamente en 2050 en escenarios No-CC y CC, superando el aumento en la producción. Esto da como resultado el aumento del déficit comercial de maíz que se observa en la Figura 8. También se proyecta una balanza comercial cada vez más negativa para la soja y el arroz. Según las proyecciones, el actual déficit comercial de trigo se mantendrá estable y no aumentará ni disminuirá. Se proyecta poco o nada de comercio de frijoles, lo que significa que el aumento de la producción se consumiría a nivel nacional.

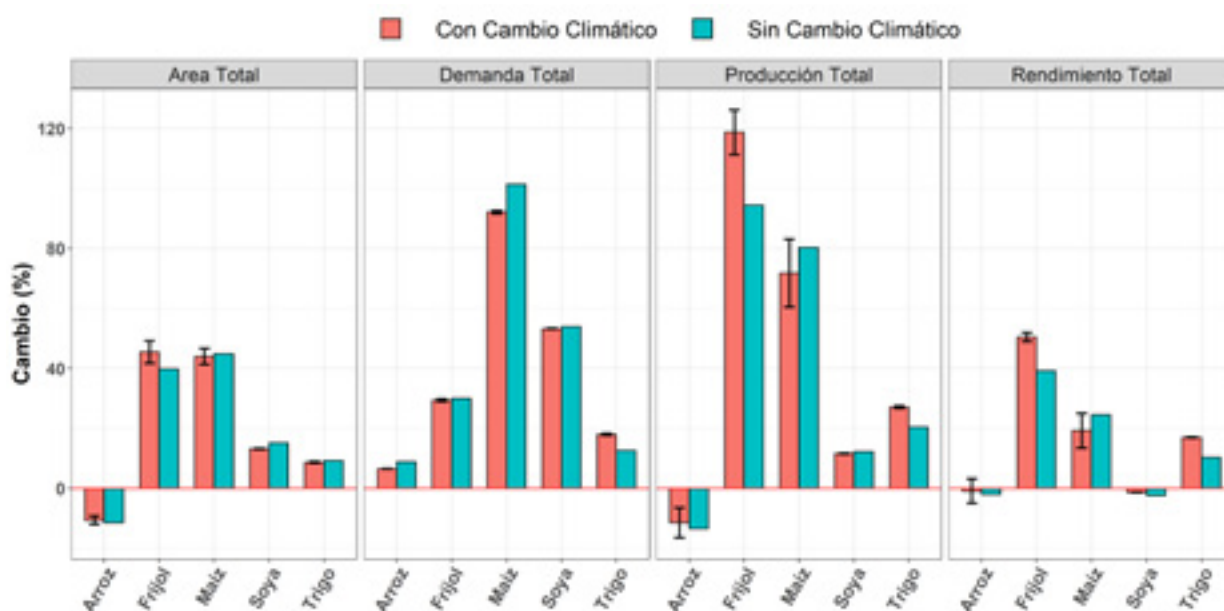


Figura 7: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.



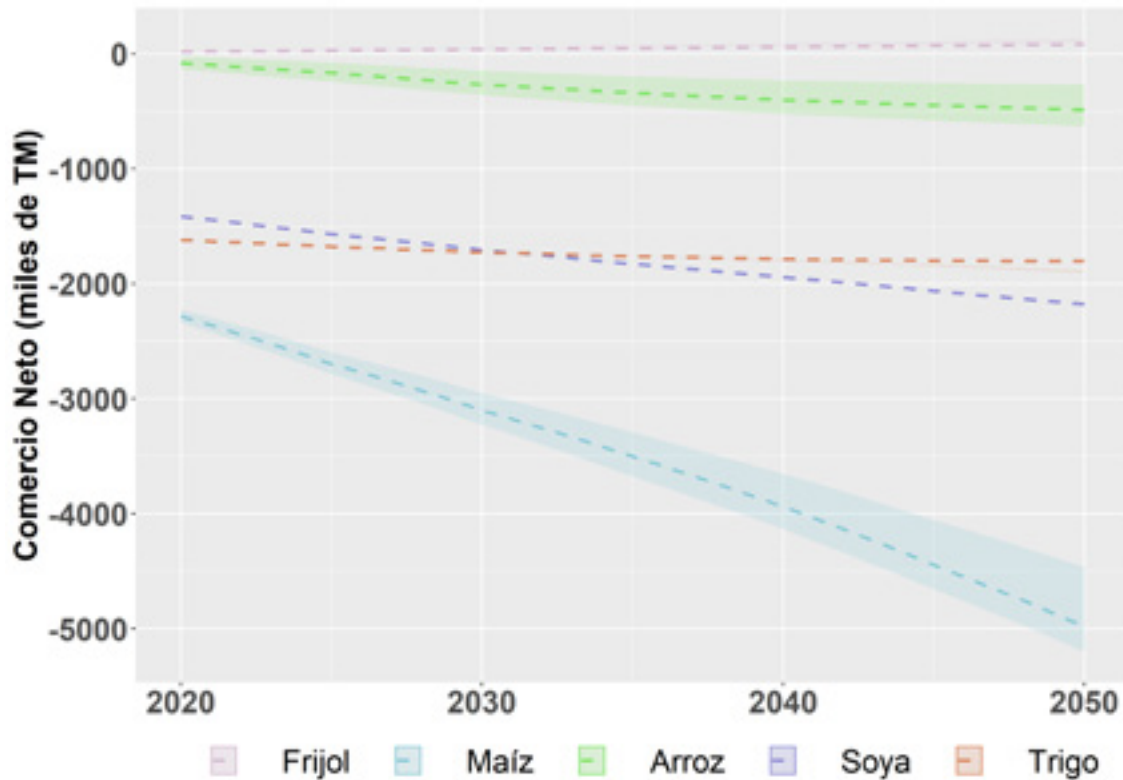


Figura 8: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

## 5. El camino a seguir

La contribución determinada a nivel nacional (NDC) del Perú al Acuerdo de París de 2015 incluye objetivos integrados de adaptación agrícola que pueden funcionar para reducir la magnitud de las tendencias que se ven aquí. Perú ha dado pasos sustanciales hacia la creación de un marco de políticas para la mitigación y adaptación al cambio climático, comprometiéndose voluntariamente a poner fin a la deforestación y obtener el 33% de su consumo nacional de energía de fuentes alternativas para el año 2020 [5]. En 2014-2015 se estableció la Estrategia Nacional de Cambio Climático, junto con numerosas leyes que respaldan varios aspectos de su implementación [6]. Perú y otros países de América Latina pueden reducir el impacto del cambio climático

en el sector agrícola adoptando prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de GEI y se adaptan a las condiciones de crecimiento cambiantes. Algunas medidas de adaptación específicas se presentan en la (Tabla 2).

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
Clima	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta incremento en precipitaciones a lo largo de la costa y laderas occidental y sur de los Andes.</li> <li>• Se proyecta disminución en precipitaciones para las zonas de bosques tropicales del este y norte, especialmente durante junio-noviembre.</li> <li>• Se proyecta incremento en las temperaturas mínimas y máximas, especialmente en las tierras bajas costeras centrales y la zona sur del interior.</li> </ul>	<p>Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento de los servicios de información agroclimática e inteligencia de mercado, especialmente en áreas de mayor vulnerabilidad.</li> <li>• Promoción de la investigación, liberación y adopción de variedades de cultivos básicos clave tolerantes a inundaciones y sequías.</li> <li>• Evaluación del riego como mecanismo de adaptación al CC en sistemas de frijol y arroz.</li> <li>• Evaluación del ñame y la yuca como alternativas resilientes al cambio climático a la papa en las laderas del norte y este de los Andes, donde se prevé una disminución en la aptitud de la papa.</li> </ul>
Agricultura	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se proyecta que los sistemas de frijoles y arroz bajo riego se comportarán mejor en un escenario de cambio climático que los sistemas de secano.</li> <li>• Se proyecta disminución en el rendimiento de maíz en los bosques de las tierras altas del noroeste y este, parcialmente compensada por los incrementos proyectados en la vertiente occidental de los Andes.</li> <li>• Incremento proyectado en el rendimiento del arroz bajo riego a lo largo de la costa y aumento proyectado del rendimiento del arroz de secano en los Andes.</li> <li>• Se proyecta incremento en el rendimiento de frijoles bajo riego a lo largo de las tierras bajas costeras.</li> <li>• Se proyecta incremento sustancial en el área cultivable de papa en las laderas sur y occidental de los Andes, aunque también una pérdida considerable de área a lo largo de las laderas norte y este de los Andes.</li> <li>• El ñame y la yuca demuestran resiliencia al cambio climático, y las áreas cultivables permanecen estables o aumentan en los Andes.</li> </ul>	

## Referencias:

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington, D.C., EE.UU. Disponible en: <http://data.worldbank.org/indicator>

[2] USAID. Climate Risk Profile: Perú. 2017. Washington, D.C., EE.UU. Disponible en: <https://www.climatelinks.org/resources/climate-change-risk-profile-Peru>

[3] Garcia-Herrera, R., Diaz, H. F., Garcia, R. R., Prieto, M. R., Barriopedro, D., Moyano, R., y Hernández, E. 2008. A chronology of El Niño events from primary documentary sources in northern Peru. Journal of Climate. <https://doi.org/10.1175/2007JCLI1830.1>

[4] Bennett, A., Epstein, L. D., Gilman, R. H., Cama, V., Bern, C., Cabrera, L., ... Checkley, W. (2012). Effects of the 1997-1998 El Niño episode on community rates of diarrhea. American Journal of Public Health. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2011.300573>

[5] GLOBE International. 2014. The GLOBE Climate Legislation Study <https://bit.ly/10wlvU>

[6] Ministerio del Ambiente. 2016. Tercera Comunicación Nacional del Perú, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. <http://bit.ly/2VypQZ5>



# XVIII. Uruguay

## 1. Contexto

La agricultura desempeña un papel importante, aunque en declive, en Uruguay. El sector representa el 5,2% del PIB, 6 puntos porcentuales (pp) menos que su pico de 11,2% en 2004 [1]. Los productos agrícolas representaron el 25,9% de todas las exportaciones en 2015, 11,4 puntos porcentuales más que en 2006 [2]. El empleo en la agricultura representa el 8,1% de todo el empleo en el país, 2,8 pp menos que hace 8 años [1]. Uruguay se encuentra en una zona templada con temporadas de verano, otoño, invierno y primavera bien definidas [3]. La geografía es generalmente plana y abierta, con pocos bosques y sin grandes montañas. El 83% de la tierra es agrícola, y su mayor parte está reservada para la ganadería [4]. El arroz, el trigo, el maíz y la soja se encuentran entre los cultivos más importantes producidos en el país [5]. Las tendencias de temperatura y precipitación a largo plazo (100 años) se han mantenido estables en gran medida ante el cambio climático. Sin embargo, los patrones de temperatura y precipitación muestran una alta variabilidad interanual; y esta variabilidad va en aumento. Las precipitaciones, en particular, están muy influenciadas por el fenómeno de oscilación del sur de El Niño [3]. Los eventos climáticos extremos como sequías, inundaciones, olas de calor, tormentas de granizo y tornados también afectan al país; y se han vuelto más frecuentes en los últimos 10 años [3]. El calentamiento global está intensificando el ciclo hidrológico, que a su vez se espera que aumente aún más la variabilidad interanual y la incidencia de eventos extremos. Todo esto agrava los ya ele-

vados niveles de riesgo inherentes a la planificación agrícola.

## 2. Impactos climáticos

Este estudio utilizó nueve modelos de circulación general al evaluar los impactos climáticos futuros (ver resumen metodológico para más detalles), seleccionados por su sólido desempeño en la región de América Latina y el Caribe (ALC). En general, se pronostica que las temperaturas promedio aumentarán de 1°C a 4°C en toda la región de ALC, considerando que México y el Cono Sur se calentarán a tasas más bajas que el Caribe y la zona tropical de América del Sur.

En Uruguay, se proyecta que las temperaturas aumentarán de manera relativamente leve en 2050 —entre 1°C y 1,3 °C en todo el país. Se proyecta que las precipitaciones aumentarán en todo el país durante marzo-mayo, persistiendo en las partes central y norte del país hasta noviembre y disminuyendo en el sur. Se prevé que las precipitaciones disminuirán en todo el país durante diciembre-febrero (Figura 1).

## 3. Impactos de rendimiento y aptitud

### Rendimiento

Con base en los cambios proyectados en el clima discutidos anteriormente, las proyecciones de rendimiento de maíz, arroz, trigo y soja para el año 2050 se modelaron utilizando el Sistema de

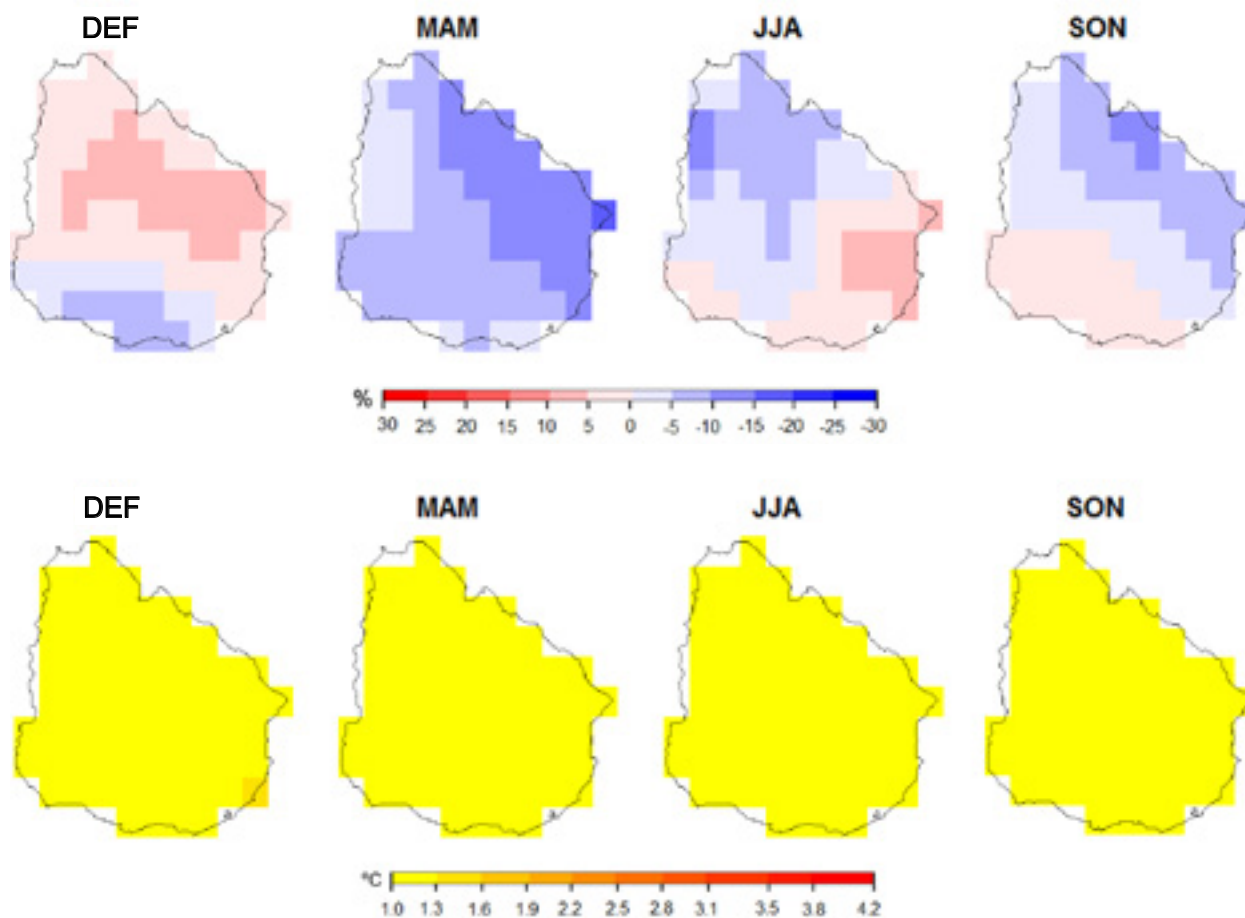


Figura 1: Impactos climáticos promediados en nueve MCG (2020-2050). DEF = diciembre - febrero, MAM = marzo - mayo, JJA = junio - agosto, SON = septiembre - noviembre.

Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT v4.5, por sus siglas en inglés), con una resolución espacial de 0,5 grados. Las ejecuciones del modelo para cada cultivo se parametrizaron utilizando coeficientes genéticos de variedades cuidadosamente seleccionadas por expertos, por su relevancia en la región.

En la zona tropical de ALC, generalmente se proyecta que el cambio climático tendrá un impacto negativo en los rendimientos de arroz, maíz y trigo. En la zona templada de Uruguay, por otro lado, donde el aumento de temperatura proyectado es relativamente leve, se proyecta que los rendimientos de arroz y soja aumentarán en un 8% y 13,1%, respectivamente, mientras que los rendimientos de maíz se mantendrán estables (Figura 2). Entretanto, se proyecta que los rendimientos de trigo bajo riego disminuirán en aproximadamente un 5%, quizás debido

al anegamiento causado por el aumento en las precipitaciones. Los mapas de impacto muestran que los aumentos proyectados en el rendimiento del arroz bajo riego son más pronunciados en el sureste, mientras que los aumentos en el rendimiento de la soja bajo riego son más pronunciados en las fronteras oriental y occidental del país (Figura 3). Las pérdidas de rendimiento de trigo proyectadas son más pronunciadas en el noroeste, donde se prevé que las precipitaciones disminuirán de diciembre a febrero.

Nuevamente, esta evaluación del impacto del rendimiento se basa en los cambios proyectados en las tendencias climáticas a largo plazo que, dadas las latitudes templadas de Uruguay, representan una pequeña fracción de la variación total de Uruguay en las condiciones climáticas. Los resultados presentados aquí deben ajustarse a los aumentos esperados en la variabilidad climática no capturados en el conjunto de MCG.

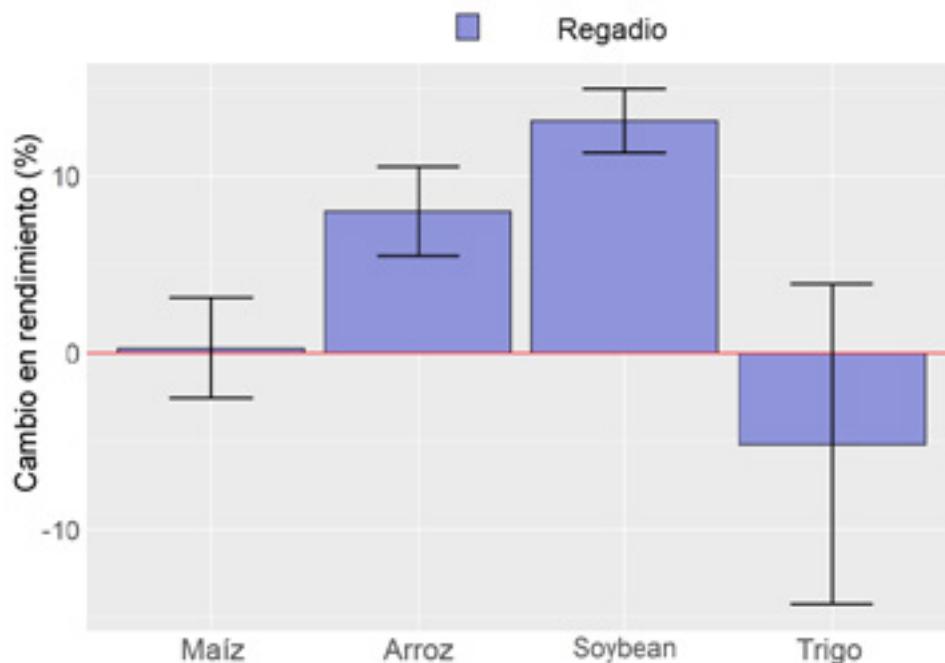


Figura 2: Cambio de rendimiento promedio proyectado en Uruguay, cultivos clave (2020-2050). Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

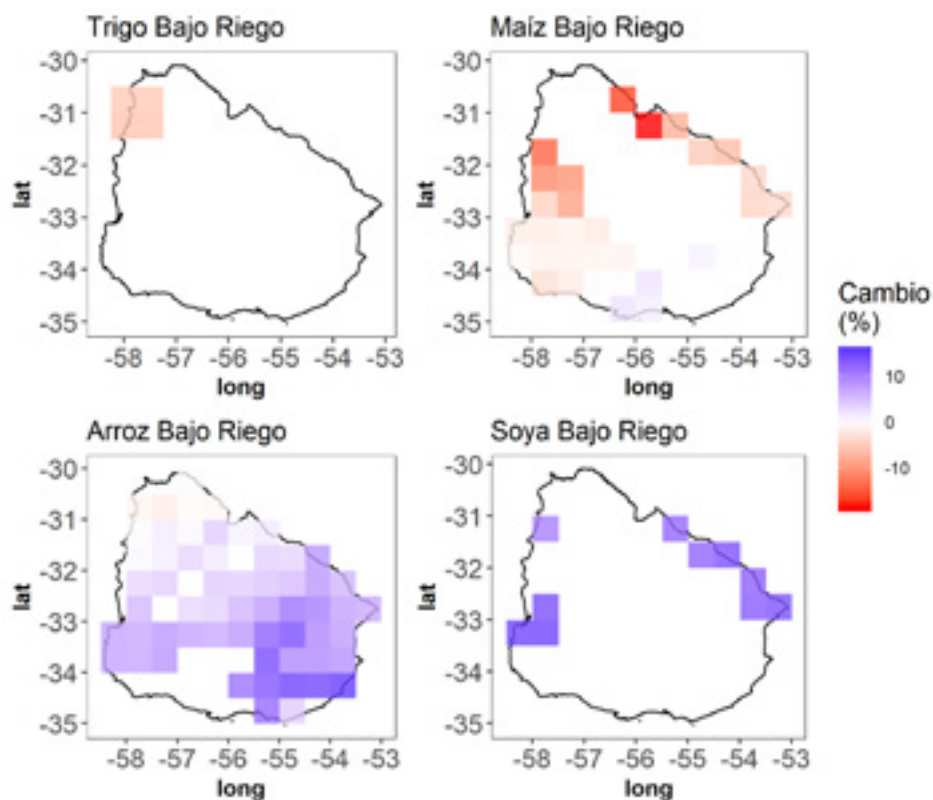


Figura 3: Mapas de impacto de rendimiento proyectado, cultivos clave (2020-2050)



## 4. Impactos económicos locales y regionales

Con el fin de entender los efectos reales del cambio climático sobre la demanda, la oferta y los flujos comerciales internacionales, los impactos puramente biofísicos que se abordan en las secciones anteriores deben ajustarse para tener en cuenta los medios económicos de los agricultores que pueden adaptarse a las pérdidas en el rendimiento y aptitud, recurriendo a prácticas y cultivos alternativos. También deben tenerse en cuenta los continuos avances en la investigación agrícola que mejoran la productividad y el rendimiento, así como la acción mitigadora (o inacción) de los gobiernos en la política de emisiones. La interacción de estos factores se modeló utilizando el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), desarrollado en el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. En esta sección, se presentan las proyecciones de IMPACT para los cultivos modelados por DSSAT, teniendo en cuenta los contextos económicos globales y de cambio climático de estos cultivos, así como sus sustitutos.

Se proyecta un fuerte aumento porcentual en la producción de maíz y frijoles en 2050 en escenarios de CC y No-CC (Figura 4). En el caso del frijol, el gran aumento porcentual se debe principalmente al bajo nivel de producción actual. El aumento proyectado del maíz, en cambio, es digno de mención dadas las importantes cantidades que se cultivan actualmente. Los aumentos porcentuales relativamente pequeños en el arroz, la soja y el trigo también representan aumentos significativos en la cantidad cultivada dados sus altos niveles de producción actuales. En un escenario de cambio climático, se proyecta que la producción de arroz y soja se elevará por encima de su punto de referencia No-CC en 9,3 y 6,8 puntos porcentuales (pp), respectivamente, lo que refleja el impacto biofísico beneficioso ante el CC observado en la sección de modelos de rendimiento anterior. Entretanto, la trayectoria en un escenario de CC para la producción de trigo difiere poco de su punto de referencia No-CC, lo que sugiere que el comercio internacional podría compensar la vulnerabilidad biofísica observada en la sección de modelos de rendimiento. Se proyecta que la producción de maíz en un escenario de cambio climático caerá 14 pp por debajo de su referencia No-CC, lo que sugiere que el comercio internacional podría compensar la resiliencia biofísica observada para este cultivo en la sección de modelos de rendimiento.

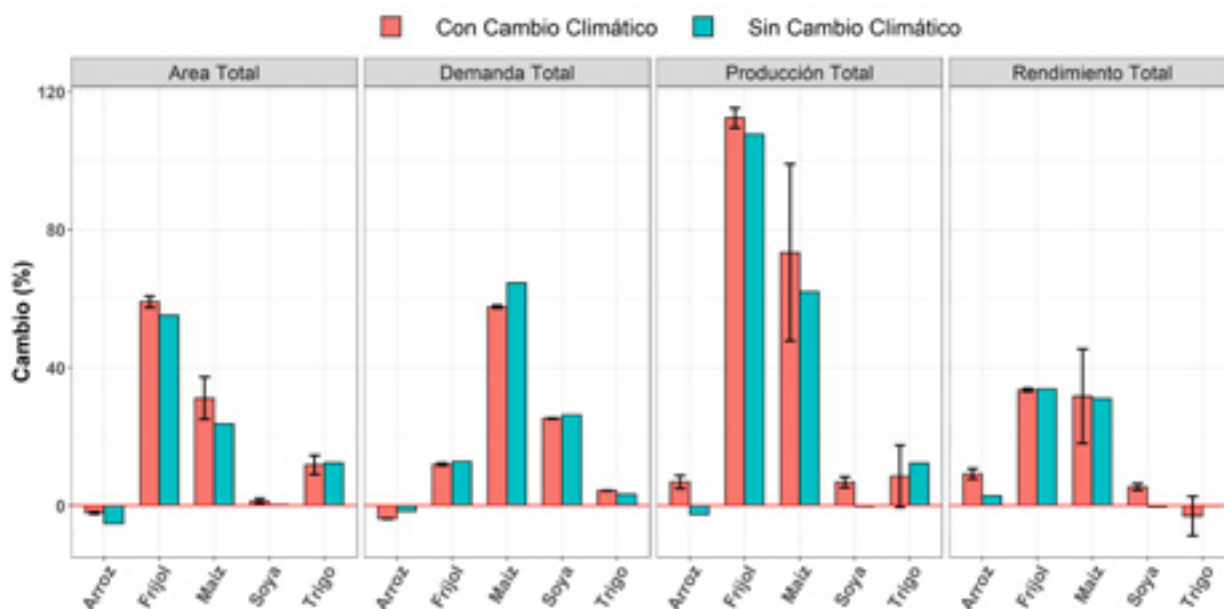


Figura 4: Cambio porcentual en rendimiento, demanda, superficie cultivada y producción (2020-2050), cuando se tiene en cuenta el contexto económico y la investigación agrícola. Las barras de error indican el rango de producción en los nueve modelos climáticos.

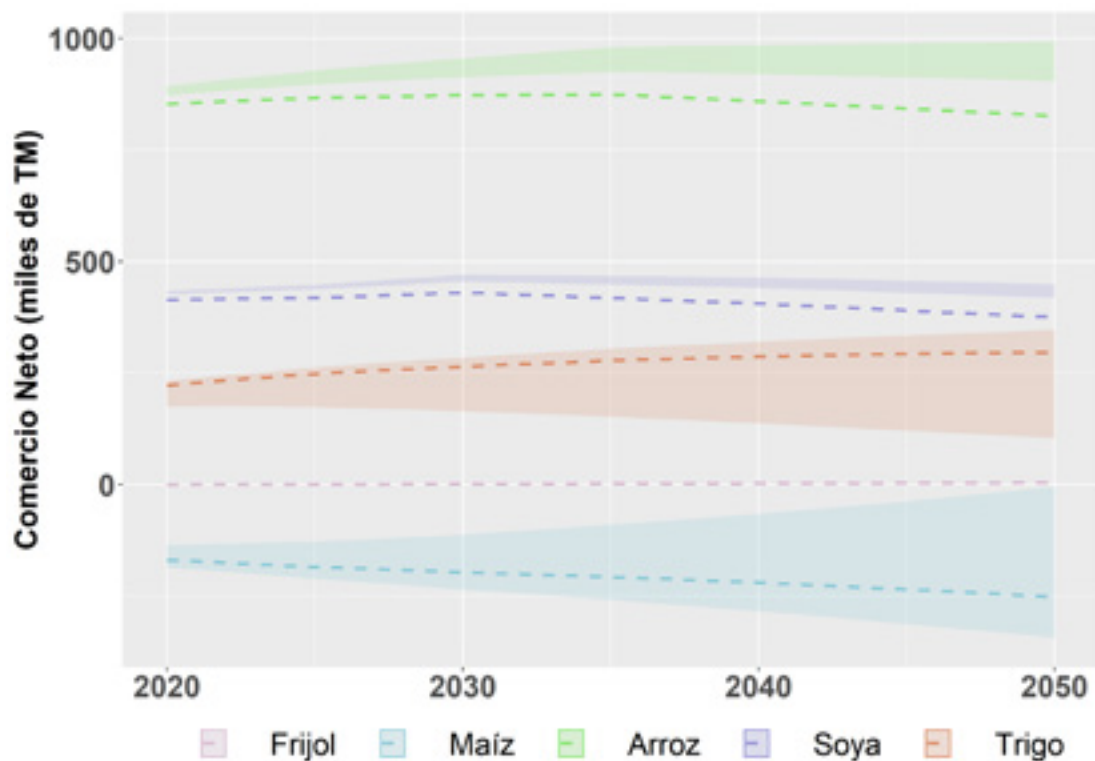


Figura 5: Impacto del cambio climático en el comercio. Las líneas punteadas indican la trayectoria sin cambio climático (No-CC) mientras que las áreas sombreadas corresponden al rango de trayectorias con cambio climático (CC) dadas por los nueve modelos climáticos.

Se proyecta que la demanda interna de arroz, soja y trigo aumentará solo levemente durante este período, lo que significa que el aumento de la producción de estos cultivos solidificará aún más el papel de Uruguay como un importante exportador de cereales y soja (Figura 5). Se proyecta que el cambio climático dará un impulso a las exportaciones de arroz y soja, reduciendo a su vez las exportaciones de trigo en cierta medida. El impacto del cambio climático en la balanza comercial negativa actual de maíz es ambiguo: algunos MCG indican una reducción sustancial del saldo negativo, mientras que otros indican pocos cambios o incluso un aumento del saldo negativo.

## 5. El camino a seguir

La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Uruguay al Acuerdo de París de 2015 incluye metas integradas de adaptación agrícola que pueden funcionar para reducir la magnitud de las tendencias que se ven aquí. Uruguay tiene como objetivo

lograr una reducción del 27% en las emisiones de carbono en todos los sectores para el año 2030, incluyendo la agricultura, en relación con los niveles de 2010 [6]. En 2009, el gobierno estableció el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad (SNRCC) para orientar sus acciones climáticas. En 2016, el SNRCC estableció la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC), un marco estratégico a largo plazo con énfasis en la adaptación. A noviembre de 2018, Uruguay está finalizando su Plan Nacional de Adaptación al cambio climático y la variabilidad en el sector agrícola [3]. El documento exige una mayor resiliencia y capacidad de adaptación en los sistemas agrícolas y propone una serie de acciones clave, incluyendo el desarrollo de la investigación y la recopilación de datos sobre los impactos y la adaptación al cambio climático y la variabilidad, el desarrollo de sistemas de información, servicios climáticos y programas de monitoreo, y el desarrollo de planes de manejo y uso del suelo para reducir la erosión y la preservación de la materia orgánica en las tierras de cultivo. Uruguay y otros países de América Latina pue-

**Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas**

Tabla 2: Mensajes clave para intervenciones de políticas		El camino a seguir
<b>Clima</b>	<p>Observaciones climáticas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los modelos climáticos proyectan un leve aumento en temperatura (1°C-1,3 °C) y un aumento más pronunciado en las precipitaciones.</li> <li>• Sin embargo, en Uruguay, el cambio climático representa solo el 6% de la variación total observada en temperatura y precipitación. La mayor parte de la variación se explica por la variabilidad interanual, que no es captada por los modelos.</li> <li>• La variabilidad interanual ha aumentado y se espera que continúe aumentando, lo que aumenta el riesgo de eventos extremos como sequías y tormentas.</li> </ul>	<p>Las actividades principales deben centrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas agrícolas climáticamente inteligentes, especialmente para fortalecer las prácticas existentes de conservación de suelos.</li> <li>• Desarrollo de servicios de información climática, especialmente pronósticos estacionales y sub-estacionales.</li> <li>• Manejo de suelos y aguas.</li> <li>• Evaluación de variedades de cultivos resistentes a las inundaciones.</li> </ul>
<b>Agricultura</b>	<p>Observaciones agrícolas clave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento del anegamiento y erosión de suelos.</li> <li>• Potencial para una mayor incidencia de plagas y enfermedades.</li> <li>• El aumento relativamente leve proyectado en la temperatura en comparación con el resto de ALC podría reforzar aún más la ventaja comparativa de Uruguay en arroz y soja.</li> </ul>	

den reducir el impacto del cambio climático en el sector agrícola adoptando prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (CSA, por sus siglas en inglés) que aumentan la productividad mientras reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se adaptan a las condiciones crecientes cambiantes. Algunas medidas de adaptación específicas se mencionan en la (Tabla 2).

## Referencias

[1] Banco Mundial. 2018. World Development Indicators. Washington D.C., EE.UU. <https://data.worldbank.org/topic/agriculture-and-rural-development?locations=UY>

[2] Banco Mundial. 2018. World Integrated Trade Solution. <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/URY/Year/2014/Summarytext>

[3] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2017. National Adaptation Plan process in focus: Lessons from Uruguay. <http://bit.ly/2AHEt91>

[4] Perfiles de Países de la ONUAA: Uruguay. 2018. <http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=URY>

[5] FAOSTAT. 2018. Crops. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

[6] República de Uruguay. First Nationally Determined Contribution to the Paris Agreement. 2017. <https://bit.ly/2RSkfiw>



# Vulnerabilidad al cambio climático e impactos económicos

en el sector agrícola en América Latina y el Caribe

Steven Prager, Ana R. Rios, Benjamin Schiek, Juliana S. Almeida, Carlos E. Gonzalez

