

Estimación del impacto del cambio climático sobre los principales cultivos de 14 países del Caribe

Alejandro López-Feldman
Juan Manuel Torres
George Kerrigan Richard



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.



NACIONES UNIDAS



www.cepal.org/es/suscripciones

Estimación del impacto del cambio climático sobre los principales cultivos de 14 países del Caribe

Alejandro López-Feldman
Juan Manuel Torres
George Kerrigan Richard



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Este documento fue preparado por Alejandro López-Feldman, Juan Manuel Torres y George Kerrigan Richard, Consultores de la Unidad de Cambio Climático de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), con la colaboración de Luis Rodríguez, de la Oficina Regional para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el marco del acuerdo respectivo entre la CEPAL y la FAO.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de las organizaciones mencionadas.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2018/100
Distribución: L
ISBN (FAO): 978-92-5-130782-3 (versión impresa)
Copyright © Naciones Unidas, 2018 / © FAO, 2018
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.18-00988

Esta publicación debe citarse como: A. López-Feldman, J. M. Torres y G. Kerrigan Richard, "Estimación del impacto del cambio climático sobre los principales cultivos de 14 países del Caribe" (LC/TS.2018/100), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2018.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen	5
Introducción	7
I. Datos y cultivos seleccionados	9
A. Características climáticas de la región.....	10
B. Análisis de los cultivos estudiados.....	10
1. Superficie agrícola	10
2. Cultivos	13
3. Diversificación de cultivos	16
4. Rendimiento	21
II. Modelo para la estimación de los impactos de las variables climáticas sobre los rendimientos.....	23
A. Resultados de las estimaciones econométricas para cada uno de los grupos de cultivos	27
III. Impactos de las proyecciones de las variables climáticas	35
IV. Conclusiones y comentarios generales	47
Bibliografía	49
Anexos.....	51
Anexo 1 Representación gráfica de la relación entre variables climáticas y producción, por país y grupo de cultivos	51
Anexo 2 Principales productos agrícolas por grupo de productos en la región de análisis	77

Resumen

El clima es uno de los principales determinantes de la productividad agrícola y, por lo tanto, se espera que el sector agrícola sea uno de los más afectados por los impactos negativos del cambio climático (Fischer, *et al.*, 2005; Mendelsohn, 2009). Al ser América Latina y el Caribe una región muy diversa en términos tanto agroecológicos como socioeconómicos y demográficos las estimaciones sobre los efectos que se podrían presentar en la región son muy variados. Para el caso específico de los países de El Caribe aun cuando existen algunos estudios (e.g., Ramírez, *et al.*, 2010; Hutchinson, 2011; Kirton, 2011; Witter, 2011), persiste una escasez de análisis sobre los impactos potenciales del cambio climático en la agricultura. El objetivo de este estudio es entonces contribuir a cerrar dicha brecha de información. Para realizar este estudio se utilizan datos anuales de producción agrícola así como información de variables climáticas (precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima) para los siguientes países: Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Belice, Dominica, Granada, Guyana, Haití, Jamaica, Saint Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Suriname, y Trinidad y Tabago.

Existen múltiples métodos que se han sugerido en la literatura para estimar los efectos del cambio climático en la agricultura (Galindo, *et al.*, 2014). En este estudio se utiliza la estimación de un modelo de funciones producción. Esto obedece primordialmente a las limitaciones que se tienen en términos de disponibilidad de información. En los modelos de función producción se estima económicamente la relación entre producción agrícola y variables climáticas. Esto permite conocer cuál es la relación entre, por ejemplo, la precipitación y la producción de un cultivo o grupo de cultivos. Una vez que se cuenta con las estimaciones económicas para cada país se procede a simular la producción del grupo de cultivos en cuestión, utilizando los parámetros estimados de la regresión y las proyecciones climáticas con las que se cuenta. Dada la diversidad de cultivos presentes en los países del Caribe se utilizó la agrupación de FAO. Por lo tanto, en este estudio se analizan los siguientes grupos de cultivos: cultivos primarios, granos y cereales, frutales, raíces y tubérculos, vegetales, legumbres y oleaginosas.

Para simular los efectos potenciales del cambio climático en las actividades agrícolas en el Caribe se utilizan proyecciones de las variables climáticas para cada país para el año 2050. Los resultados de las estimaciones, dadas las proyecciones climáticas, se comparan con el promedio de producción anual para el período 1961-2014 para cada país y grupo de productos agrícolas buscando controlar por posibles efectos estacionales. Los resultados muestran que a nivel región se podría tener una disminución en la producción agrícola agregada de cerca del 7% con respecto a la producción promedio del período de análisis (1961-2014). En términos porcentuales la caída más grande a nivel regional se daría en frutales (-23%) mientras que las oleaginosas podrían tener un aumento de más de 15%. El país que podría resultar más afectado por los cambios en las variables climáticas es Dominica que, respecto al promedio del período, podría tener grandes pérdidas en producción de vegetales (-81%), raíces y tubérculos (-51%), legumbres (-42%), y frutales (-37%). Estos resultados deben tomarse con cautela y no deben verse como proyecciones sino más bien como una primera aproximación que busca contribuir tanto al diseño de política pública como a identificar oportunidades de investigación y necesidades de información. Estas estimaciones excluyen el impacto potencial de los eventos climáticos extremos. El efecto de estos eventos extremos es significativo en la región, sin embargo, tiene un mayor nivel de incertidumbre simular estos escenarios al 2050. En todo caso, estimaciones de estos efectos pueden agregarse posteriormente. Ese es, sin duda, un tema muy relevante que debe ser estudiado dada la alta vulnerabilidad de la región a ese tipo de eventos.

Este conjunto de información muestra la elevada vulnerabilidad de las actividades agrícolas al cambio climático en el Caribe. Asimismo, la importancia de las actividades agrícolas en el Caribe en la dinámica económica general y en la evolución de las condiciones sociales y del medio ambiente sugiere la importancia de instrumentar proceso de adaptación al cambio climático que minimicen los efectos negativos tanto directamente sobre las actividades agrícolas como los impactos a colaterales económicos y sociales. De este modo, es posible identificar que la agenda del cambio climático está inmersa en la agenda para alcanzar un desarrollo sostenible.

Introducción

Las concentraciones de gases efecto invernadero han alcanzado niveles nunca antes conocidos por el ser humano (Stocker, *et al.*, 2013). Es muy probable que a lo largo del siglo XXI y como consecuencia de los impactos del cambio climático el crecimiento económico se reduzca y la seguridad alimentaria se ponga en entredicho (Field, *et al.*, 2014). Al ser el clima uno de los principales determinantes de la productividad agrícola se espera que el sector sea uno de los más afectados por los efectos negativos del cambio climático (Fischer, *et al.*, 2005; Mendelsohn, 2009).

Los efectos del cambio climático no serán uniformes entre países ni al interior de los mismos. Así, aunque es posible que algunos países o algunas regiones se vean beneficiados en un inicio por el cambio climático, sin embargo, en el caso en que el calentamiento continúe más allá de la mitad del siglo la producción en todas las regiones del planeta se verá afectada de manera negativa (Tubiello y Rosenzweig, 2008). América Latina y el Caribe es muy diversa en términos tanto agroecológicos como socioeconómicos y demográficos por lo que las estimaciones sobre los efectos del cambio climático en la agricultura para la región son muy variadas; por ejemplo, algunas estimaciones muestran que la productividad se puede mantener o incluso incrementar para mediados de siglo en el sureste de América del Sur, mientras que en Centroamérica la productividad podría caer en los próximos 15 años (Field, *et al.*, 2014).

Actualmente, existen diversos estudios que abordan los efectos del cambio climático en la agricultura para distintos países de América Latina¹. Estos estudios muestran, en general, que el cambio climático tenderá a afectar negativamente a las actividades agrícolas y por tanto a comunidades rurales las cuales en general tienen mayores índices de pobreza y desigualdad. Además, algunas regiones y hogares son más propensos a experimentar los efectos negativos del cambio climático que otros; por ejemplo, es común que los hogares más pobres tienden a ser los más vulnerables al cambio climático (López-Feldman y Hernández, 2016). Existen, asimismo, algunos estudios para países de la región del Caribe (e.g. Ramírez, *et al.*, 2010; Hutchinson, 2011; Kirton, 2011; Witter, 2011), no obstante, persiste, para esta región, un fuerte vacío de información y análisis sobre los impactos potenciales del cambio climático en la agricultura. Este trabajo busca contribuir a cerrar dicha brecha de información. Para hacerlo se utilizan datos anuales de producción agrícola así como información de variables climáticas (precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima). Los datos utilizados se describen a mayor detalle en la siguiente sección. De entre los múltiples métodos que se han sugerido en la literatura para estimar los efectos del cambio climático en la agricultura, en este trabajo se utiliza la estimación de funciones producción. Esto obedece primordialmente a las limitaciones que se tienen en términos de disponibilidad de información. Para simular los efectos potenciales del cambio climático utilizamos proyecciones de las variables climáticas por país para el año 2050. Los resultados muestran que la región del Caribe podría tener una disminución en la producción agrícola agregada de cerca del 7% con respecto a la producción promedio del período bajo análisis (1961-2014). Estos resultados deben tomarse con cautela y precaución y no deben verse como proyecciones sino más bien como una primera aproximación que busca contribuir tanto al diseño de política pública como a identificar oportunidades de investigación y necesidades de información.

¹ López-Feldman (2015) y López-Feldman y Hernández (2016) presentan una revisión de estos estudios.

I. Datos y cultivos seleccionados

La información de producción de los diferentes cultivos agrícolas en cada país se obtuvo de la base de datos de FAO conocida como FAOSTAT (<http://www.fao.org/faostat/en/#home>). Esta base de datos reporta información anual para los principales cultivos, información que incluye entre otras variables la superficie cultivada (estrictamente es la superficie cosechada), la producción (Tn) y el rendimiento (hectogramo 'hg'/hectáreas 'ha').

La superficie cosechada se considera superficie neta para los cultivos cíclicos y bruta para los cultivos perennes. La superficie neta no incluye espacios sin cultivar, cabeceras, áreas de conservación de suelos y agua y vías de comunicación entre otras. Para el caso de cultivos cíclicos la superficie cosechada contabiliza el número de veces que se cosecha el mismo terreno a lo largo del año, sin embargo, para los cultivos perennes esta contabilización se realiza solo una vez por año.

La producción considera toda la producción comercial, así como la producción no comercial y de traspatio. El valor corresponde a la producción a nivel de sitio (finca o granja) y está estandarizada para evaluar el peso del producto. El rendimiento corresponde en la mayoría de los casos a la estimación de la razón entre producción y superficie cosechada. FAOSTAT señala que la información de rendimiento en cultivos perennes no es tan confiable como aquella de cultivos cíclicos debido principalmente a la baja precisión de la información sobre superficie para algunos cultivos perennes. Dada la diversidad de cultivos, se usó el agrupamiento definido por FAO para clasificar a los cultivos en las siguientes clases:

Cuadro 1
Agrupación de cultivos siguiendo las definiciones de FAO

Grupo	Cultivos incluidos
Granos y cereales	Incluye todos los cereales (maíz, trigo, centeno, avena, sorgo, quinoa, triticale, entre otros) y arroz.
Cultivos primarios	Incluye cultivos como caña de azúcar, tabaco, café, cacao, té, pimienta, vainilla, canela, clavo, cardamomo, anís, jengibre, entre otros.
Fibras	Incluye cultivos como algodón, agave, yute y henequén, entre otros.
Frutales	Incluye frutos como mango, guayaba, mangostán, dátiles, kiwi, papaya, banana, naranjas, tangerina, toronja, limones, bayas y cerezas, entre otros.
Oleaginosas	Incluye soya, coco, palma de coco, girasol, jojoba, mostaza, y lino, entre otros.
Legumbres	Incluye frijol, lenteja, lupinos, chícharo, alverjón y pepino, entre otros.
Raíces y tubérculos	Incluye papa, yuca, rábano, camote, entre otros.
Nueces	Incluye semillas como castaño, almendra, pistache, nueces, avellana, areca, entre otros.
Verduras	Incluye especies como espinaca, espárrago, alcachofa, calabaza, lechuga, tomate, col, coliflor, pepino, ají, cebolla, ajo, zanahoria, champiñón y berenjena, entre otros.

Fuente: Elaboración propia con base en definiciones de la FAO.

La información de variables climatológicas proviene de la base de datos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La información tiene una frecuencia anual y se define como dato promedio a nivel país con referencia a su superficie y coordenadas. Las variables usadas de esta base son: precipitación anual (mm), temperatura mínima (°C) y temperatura máxima (°C). La precipitación es estimada como la sumatoria de toda la precipitación durante un año y evaluada en milímetros (mm) de la lámina de agua. Las temperaturas máximas y mínimas corresponden al promedio durante el año de referencia de los valores extremos mensuales. El conjunto de datos de producción y climatológicos permitió integrar una serie de datos de 1961-2014 con muy pocos datos perdidos para un par de países.

A. Características climáticas de la región

La precipitación es una variable que presenta una alta variación dentro de la región. Esta variable es severamente afectada por huracanes, tormentas y depresiones tropicales que se presentan en el período de mayo a diciembre. Por su parte, las temperaturas promedio (máxima y mínima) son menos afectadas por eventos extremos y como se puede observar en el cuadro 2, presentan muy poca variación entre los 14 países analizados. Dominica es el único país donde las temperaturas promedio (máxima y mínima) son significativamente menores y la precipitación es más abundante que en el resto de los países analizados. Esta diferencia es fundamentalmente debido a la mayor frecuencia de vientos húmedos de este-oeste.

Cuadro 2

Variables climatológicas en el período 1961-2014, para los países analizados
(Promedio anual)

País	Precipitación (mm)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Subregión
Antigua y Barbuda	2 389,3	29,9	22,78	3
Bahamas	1 307,1	30,0	20,08	4
Barbados	2 130,6	30,0	22,83	3
Belice	2 135,8	29,6	20,81	5
Dominica	3 593,6	25,8	18,94	3
Granada	1 536,5	30,6	23,02	2
Guyana	2 378,3	30,3	21,39	1
Haití	1 527,9	29,4	20,16	5
Jamaica	2 164,8	29,1	20,43	5
Saint Kitts y Nevis	2 201,8	28,4	21,08	3
San Vicente y las Granadinas	1 601,1	30,6	23,80	2
Santa Lucía	2 322,7	29,5	22,96	3
Suriname	2 314,9	30,3	21,42	1
Trinidad y Tabago	1 751,4	30,4	21,85	2

Fuente: Elaboración propia con base en base de datos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

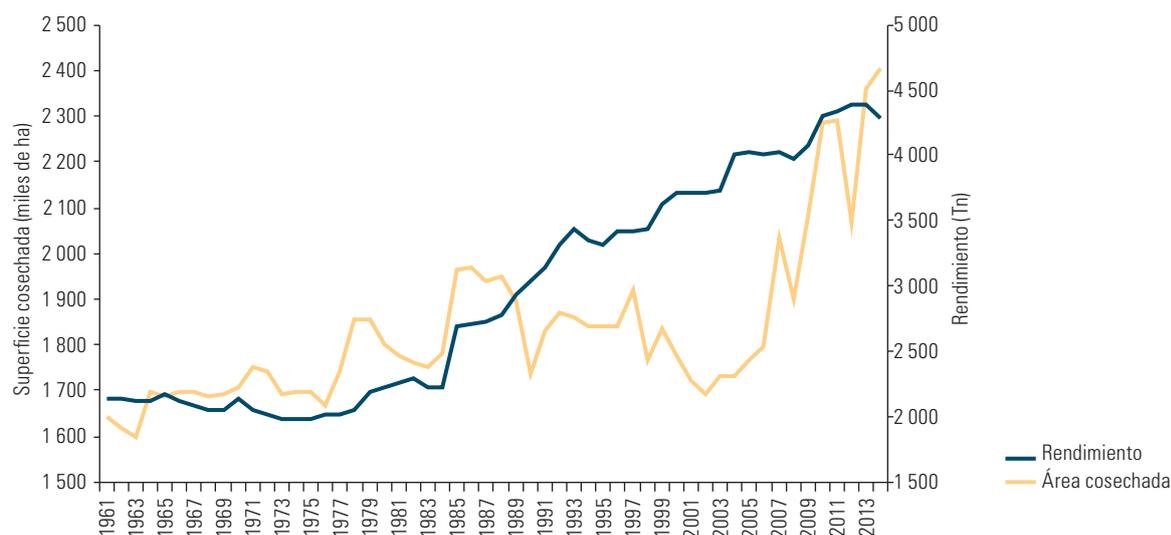
B. Análisis de los cultivos estudiados

1. Superficie agrícola

La superficie agrícola cosechada de la región ha aumentado considerablemente en los últimos años como se puede apreciar en el gráfico 1, junto con un paulatino aumento de los rendimientos por hectárea. El promedio de superficie hasta 2004 fue de 1.772.795 ha (desv. est. = 94.733), mientras que el promedio de superficie a partir de este año es de 2.099.933 ha (desv. est. = 231.126). La superficie aumentó modestamente de 1961 hasta mediados de la década de los 70, período a partir del cual se estabiliza el promedio de superficie cosechada (1.817.458 ha —desv. est. = 83.252—) hasta principios de la década pasada. Hacia el último período (2005-2014) la superficie cosechada incrementa a una tasa promedio de 3.6% (67.138 ha) por año; a excepción de los años 2008 y 2012, que coincide

con años con alta presencia de eventos meteorológicos extremos. La importancia de estos eventos extremos se ilustra en que, en el año 2008 se registraron 8 huracanes, 5 de ellos con categoría superior a 3 de acuerdo a la escala de Saffir-Simpson (ACE² de 144 10⁴kt² en el año); mientras que en 2012 se registraron 10 huracanes, dos de ellos con categoría superior a 3 (ACE de 133 10⁴kt² en el año).

Gráfico 1
Evolución de la superficie cosechada en la región de análisis.



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

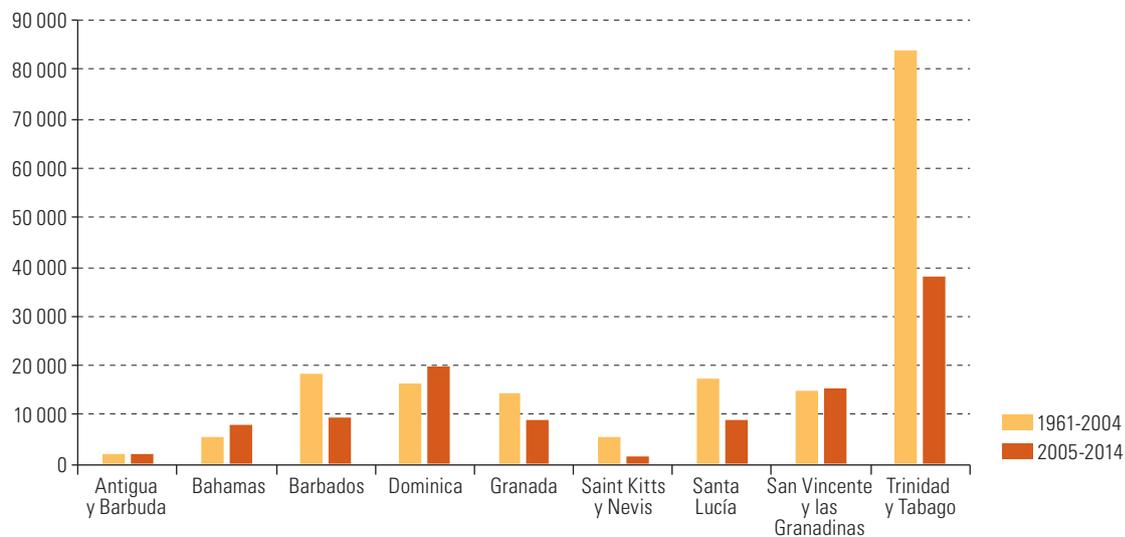
El notable aumento de la superficie agrícola cosechada se debe fundamentalmente a la incorporación de terrenos agrícolas en los países continentales y las Antillas Mayores, como se puede apreciar en el gráfico 2. La participación de estos países en el total de la superficie agrícola de la región estudiada ha pasado del 89% al 95,4% en el período 1961-2014. En contraste, las Antillas Menores, a excepción de Dominica y, San Vicente y las Granadinas, han experimentado una reducción de su superficie agrícola en los últimos 10 años, en particular sobresale el caso de Trinidad y Tabago, país que ha pasado de una superficie cosechada de 104.177 ha. a 32.488 ha. en el período 1961-2014.

El país atípico del grupo de “Antillas mayores y continente”, sin duda, es Haití, país que ha aumentado su superficie cosechada en 64,7% durante el período 1961-2014 y su participación en la región (superficie cosechada) ha pasado del 61% al 71% durante el mismo período. Es el país que mayor influencia tiene en la superficie cosechada de la región y presenta una alta variabilidad en su superficie cosechada resultado de la presencia de eventos meteorológicos extremos, como lo confirman las notables reducciones en la superficie cosechada para los años 1990, 2008 y 2012, años con presencia de fuertes temporadas de huracanes (gráfico 3).

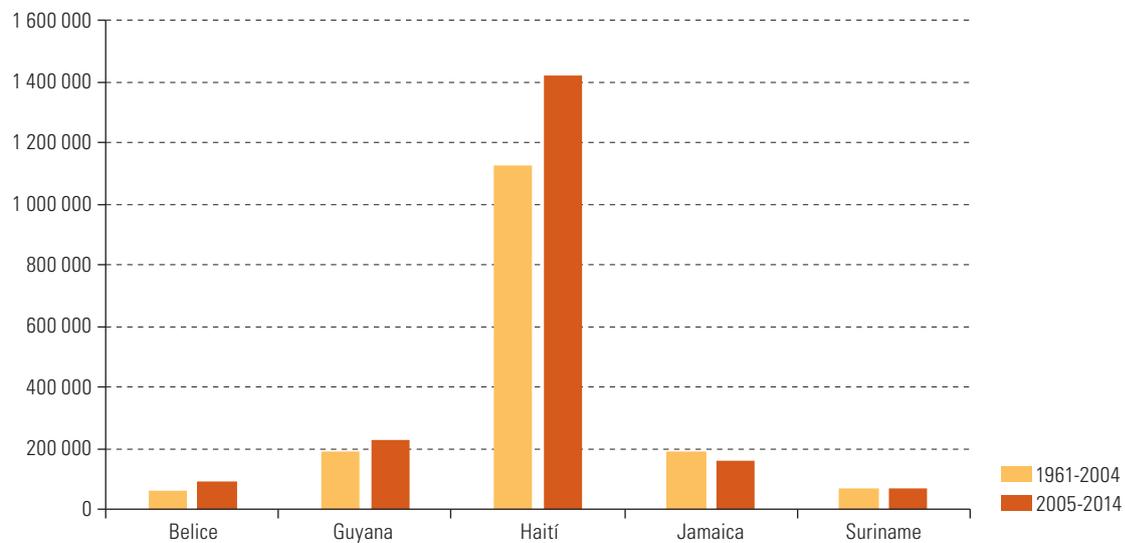
² La Energía Ciclónica Acumulada (ACE, por sus siglas en inglés) es una medida de la energía del huracán multiplicado por la longitud del tiempo en que existió, mientras más grande es el número mayor su impacto y duración. La cifra reportada corresponde al ACE de toda la temporada de huracanes a lo largo del año.

Gráfico 2
Superficie promedio en los períodos 1961-2014 vs 2015-2014 por país

A. Antillas menores y Bahamas



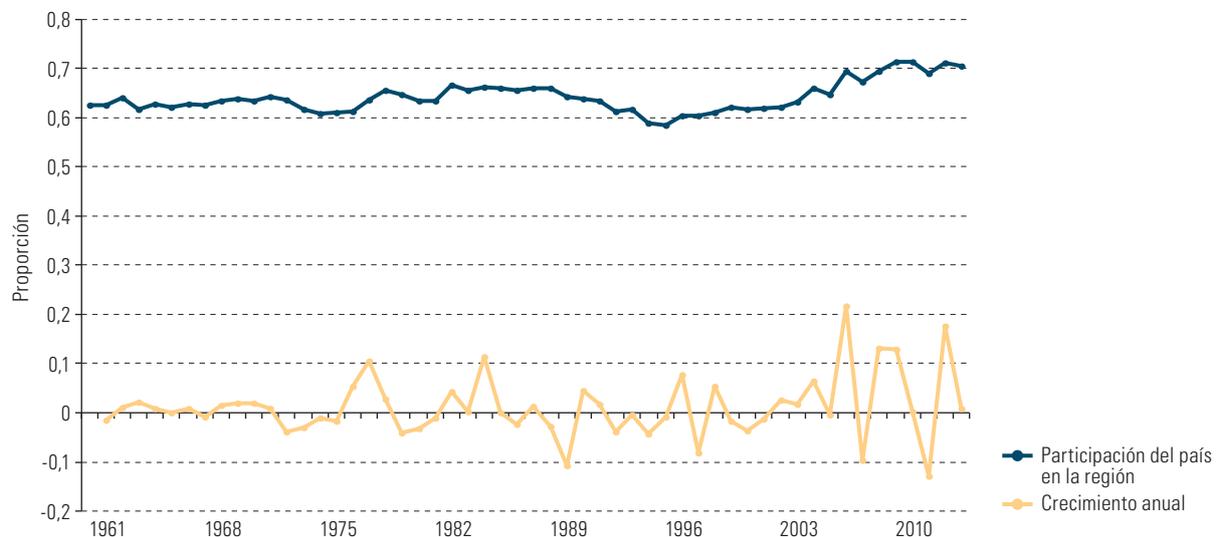
B. Antillas menores y continente



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

Gráfico 3

Crecimiento anual (decimal) y participación de la superficie agrícola cosechada en Haití (1961-2014)



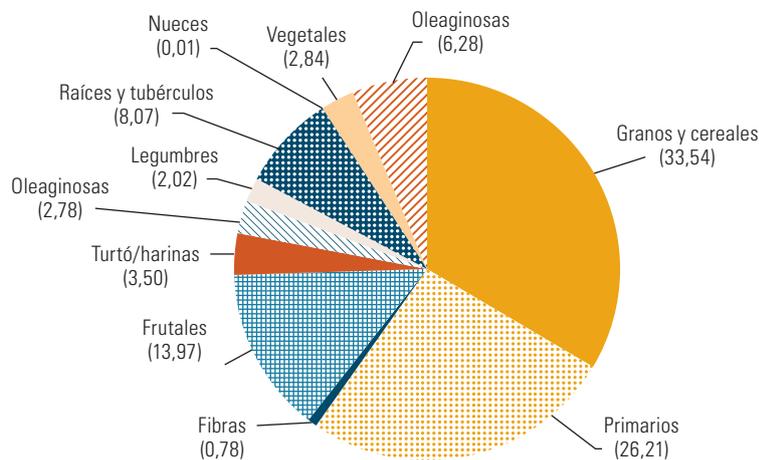
Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

2. Cultivos

Los cultivos cosechados en la región son muy variados como se puede apreciar en el gráfico 4. Sin embargo, por su importancia en relación a la superficie de cultivo, los grupos más importantes son granos y cereales, primarios, frutales y raíces y tubérculos.

Gráfico 4

Proporción de la superficie de cultivo por grupos de productos



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

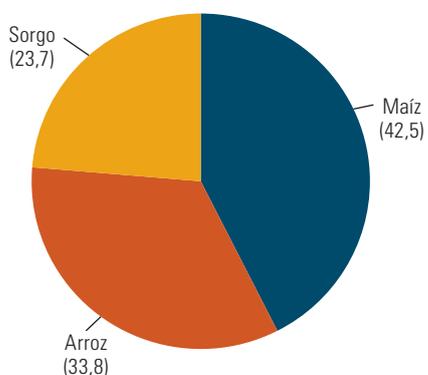
El grupo de nueces solo se cultiva en las áreas montañosas de Belice en una superficie promedio cercana a las 550 ha, superficie que ha venido reduciéndose al cabo del tiempo y con un único cultivo, el anacardo. Otro grupo con poca variedad de productos es el de Fibras, donde el cultivo representativo es el Henequén, cultivo que concentra el 99% de la superficie en este grupo y cuya producción se concentra en un 97% en Haití.

Dentro del grupo de granos y cereales, los cultivos más importantes por su extensión cultivada son maíz, arroz y sorgo (gráfico 5). El sorgo se cultiva en Belice y Haití, cubriendo este último país el 98% de la superficie bajo este cultivo en la región. El arroz se cultiva fundamentalmente en Guyana (50%), Haití (22%) y Suriname (23%), países que en conjunto cultivan el 96% de la superficie de este cultivo. Finalmente, el 93% de la superficie cultivada con maíz se encuentra en Haití, aunque en todos los países existe una superficie pequeña de este cultivo. Cabe señalar que el rendimiento más bajo de la región (0.875 kg/ha) corresponde precisamente al país con la superficie más extensa de este grano, Haití.

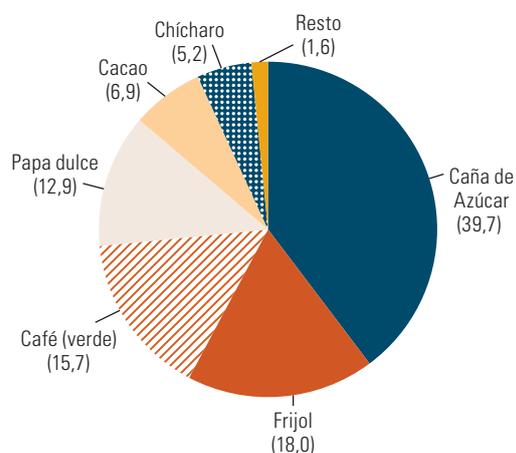
Dentro del grupo de cultivos primarios los más importantes son frijol, azúcar y café. El 96% de la superficie cultivada con frijol se encuentra en Haití y cerca del 3% en Belice. La caña de azúcar es un cultivo relativamente común entre todos los países, aunque el 79% de la superficie cultivada se encuentra en Guyana, Haití, Jamaica y Trinidad y Tabago. El 82% de la superficie en café se encuentra en Haití con un rendimiento ligeramente superior al promedio de la región.

Gráfico 5
Principales productos agrícolas por grupo de productos en la región de análisis (participación promedio 1961-2014)

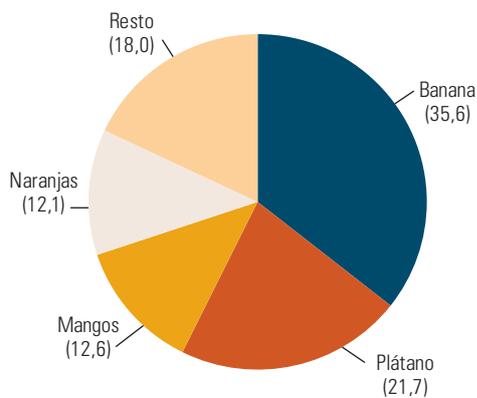
A. Granos y cereales



B. Primarios



C. Frutales



D. Oleaginosas

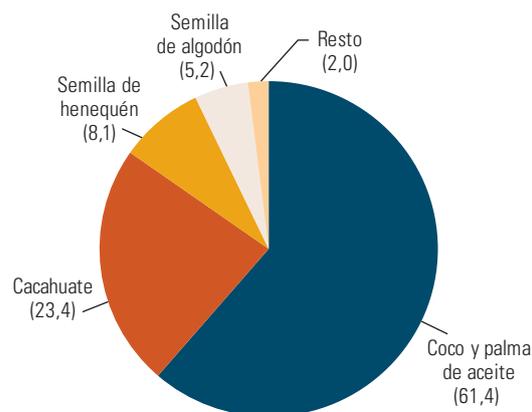
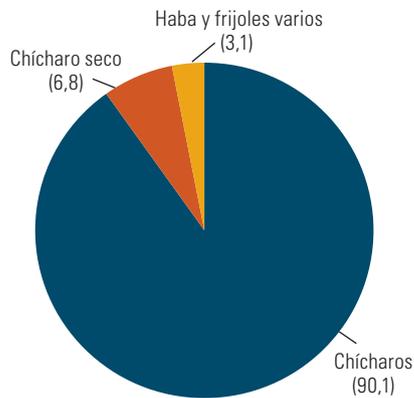
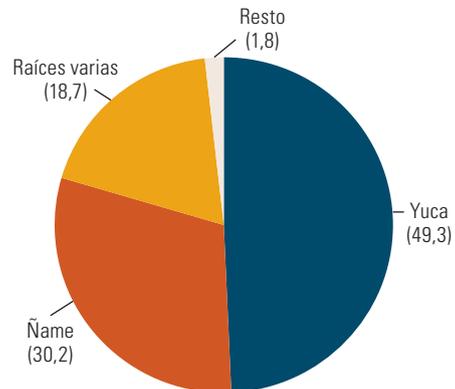


Gráfico 5 (conclusión)

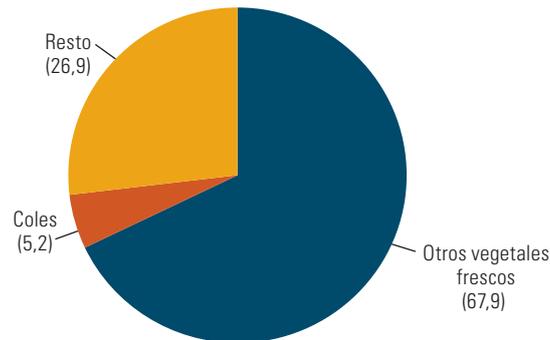
E. Legumbres



F. Raíces y tubérculos



G. Verduras



Fuente: Elaboración propia con datos de FAO/STAT.

Dentro del grupo de frutales los cultivos más importantes son plátanos en sus diferentes variedades, mangos y naranjas. La mayor superficie en frutales se concentra en Haití, Belice y Guyana, no obstante, las Antillas Menores cuentan con una extensión de frutales proporcionalmente superior a la de los primeros.

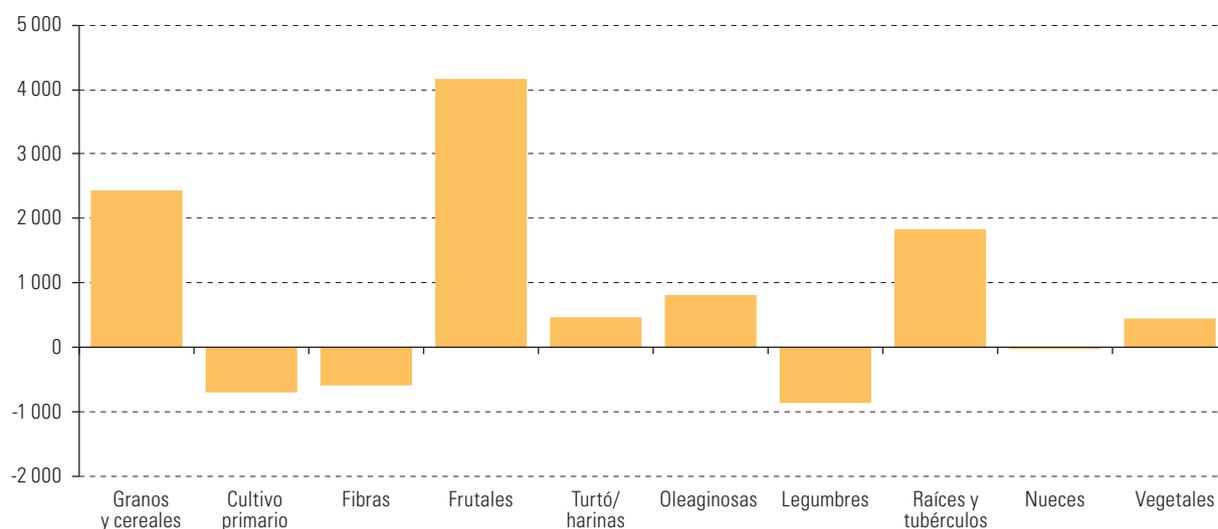
En el grupo de oleaginosas los cultivos más representativos son el coco y el cacahuate, cultivos que cubren casi el 85% de la superficie en este grupo. Jamaica concentra casi el 50% de la superficie bajo producción de coco en la región, mientras que Guyana concentra cerca del 15%. Por su parte, destaca Trinidad y Tabago como productor de coco donde se observa que una alta proporción del país cultiva este producto. El 100% de la palma de aceite se cultiva en Suriname mientras que Haití concentra el 100% de la superficie que produce henequén para semilla.

La producción de legumbres no es muy variada y el chícharo es el cultivo más importante con una participación del 88% de la superficie cosechada. Casi el 95% de la producción de este cultivo se concentra en Haití.

Dentro del grupo de las raíces y tubérculos el cultivo más importante es la yuca, con el 50% de la superficie cosechada y el ñame con el 30%. Casi el 93% de la superficie cosechada de yuca y el 73% del ñame se concentran en Haití. Finalmente, el grupo de verduras es muy diverso y sobresalen por su extensión cultivos como col, calabaza y tomate.

Si bien, la frontera agrícola se ha ampliado en la mayoría de los países a excepción de las Antillas Menores. Esta ampliación no ha sido homogénea en todos los grupos de cultivo, como se aprecia en el gráfico 6. Los frutales, vegetales y primarios han tenido el mayor crecimiento proporcional a la superficie que ocupaban. Los granos y cereales han duplicado su extensión y a pesar de que han perdido participación en la superficie cosechada en la región sigue siendo el grupo de cultivo más importante por su extensión.

Gráfico 6
Crecimiento en la superficie cosechada por grupo de cultivo (1961-2014)
(Hectáreas)



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

Es notable la reducción de la superficie de cultivo de algunos grupos como las fibras, legumbres y nueces. Fibras y nueces estaban concentrados en un par de países y parecen haber sido solo plantaciones experimentales o en proceso de desarrollo sin consolidar su superficie. El caso de las legumbres muy probablemente está relacionado con los hábitos de dieta en la región.

3. Diversificación de cultivos

La diversificación de cultivos suele ser una estrategia para contrarrestar los efectos de un ambiente con mayor riesgo para la agricultura. La diversificación productiva permite seleccionar aquellos cultivos no solo con el mejor mercado y rentabilidad, sino también aquellos con mayor resiliencia ante cambios en temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento; variables meteorológicas que influyen en la productividad de los cultivos.

El gráfico 7 muestra la evolución del índice de concentración de Herfindahl³ aplicado a la superficie cosechada de toda la región considerando los 9 grupos de cultivo definidos en el cuadro 1. El gráfico

³ El índice de Herfindahl (H) se define $H = \sum_j s_j^2$, donde s_j corresponde a la proporción de la superficie cosechada del grupo de cultivo j (Martin, 1993).

muestra una clara tendencia a la diversificación en el período 1961 a 1989. En este período se observa un interés en la región por ampliar la superficie de cultivo de los grupos de granos y cereales, primarios, oleaginosas y sobre todo frutales. Sin embargo, a partir del 1990 se presenta una tendencia contraria, esto es, una mayor concentración de la superficie cosechada en cultivos de los grupos de granos y cereales, y primarios, y por tanto, menor representación de los demás grupos. Los cultivos que mayor expansión tienen en este período son cultivos básicos como maíz, sorgo y arroz, fundamentalmente en Haití, Jamaica, Guyana y Suriname.

Gráfico 7
Evolución de la diversificación de cultivos en la región



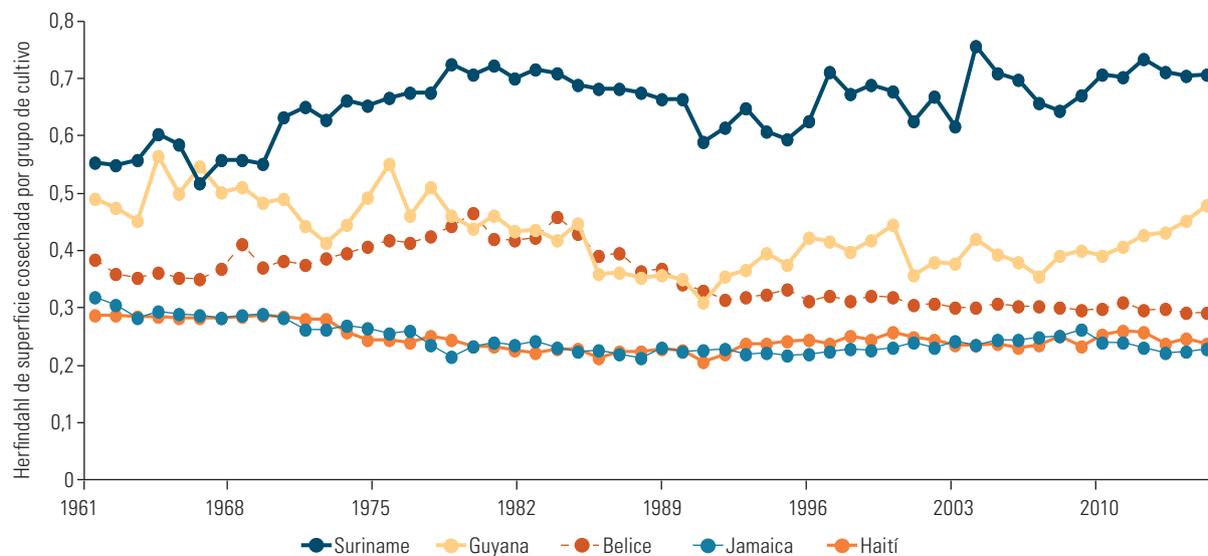
Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

La tendencia general nuevamente se ve influida por el comportamiento de los países con mayor extensión de superficie agrícola: Haití y Jamaica. El gráfico 8 muestra la tendencia de dos conjuntos: Antillas Mayores y continente, y el grupo de Antillas menores. Así, se observa que en el primer conjunto, Haití, Jamaica, Guyana y Suriname muestran un cambio de tendencia del índice de Herfindahl hacia principios de la década de los 90, mismo que se acentúa hacia el final del período analizado (mayor especialización); mientras que Belice no muestra una clara tendencia a la especialización de su producción agrícola. En este conjunto destaca Suriname, país con una alta especialización en la producción de granos y cereales, mismos que ocupan, en promedio 76% de su superficie cosechada (2005-2014).

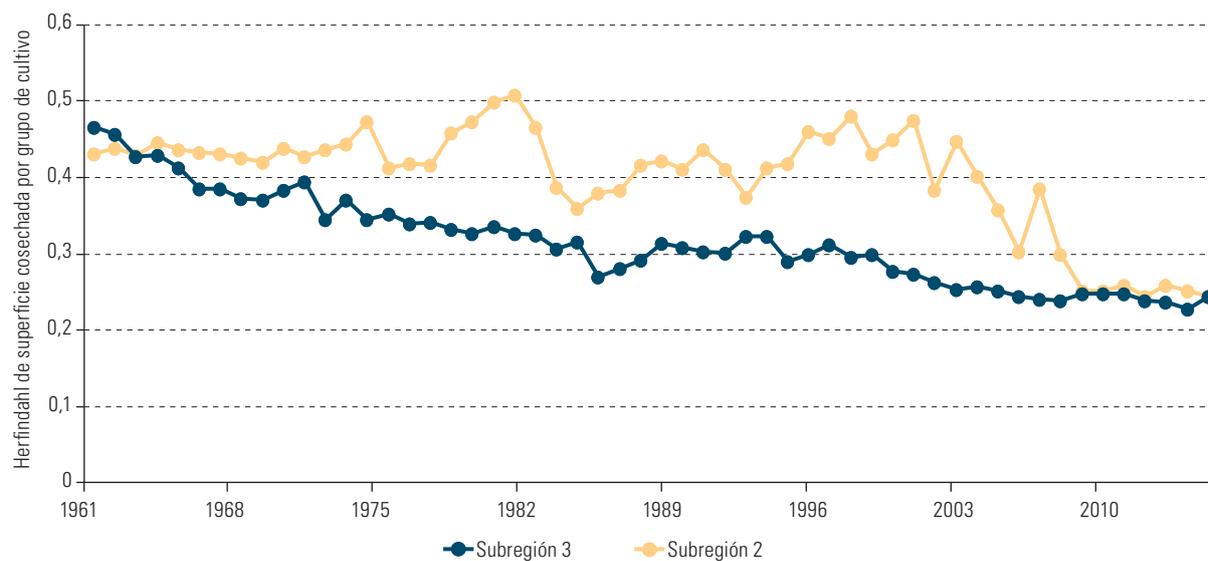
Por su parte las Antillas Menores, islas de menor extensión y con mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos, muestran una tendencia a la diversificación de su producción agrícola. Destaca la subregión 3, zona de alta incidencia de huracanes y alta precipitación, subregión que ha mostrado consistentemente una tendencia a la diversificación de su producción agrícola, tendencia que resulta más significativa al considerarse que la mayoría de estos países ha reducido su superficie agrícola en los últimos años.

Gráfico 8
Diversidad de cultivos por regiones

A. Antillas Mayores y continente



B. Antillas Menores



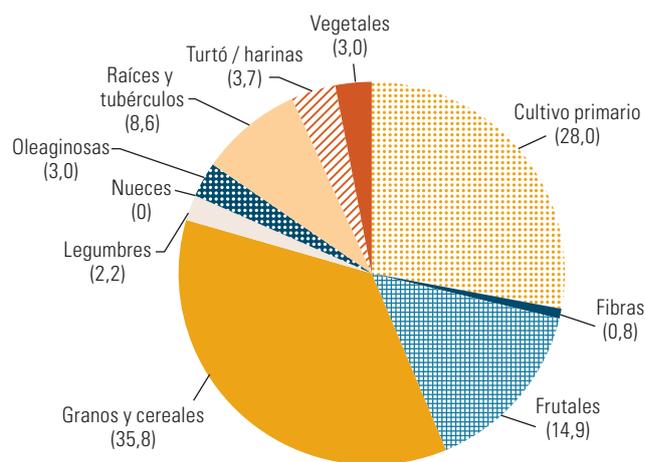
Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

La diversificación productiva en los países de Antillas menores incluye una reducción de su superficie en oleaginosas y, granos y cereales, acompañada de un aumento en la superficie de cultivos primarios, frutales, raíces y vegetales, cultivos que adicionalmente muestran una mayor rentabilidad. El caso de las Bahamas (Subregión 2) resulta de interés dado que el país ha aumentado su superficie de cultivo con granos y cereales, pero ha realizado una sustitución de esa superficie a cultivos primarios, esto es, a frutales y vegetales.

Los gráficos 9 y 10 muestran la distribución de los grupos de cultivo para el período 2010-2014. Comparados con los gráficos 4 y 5 es evidente la reducción de la participación en granos y cereales, nueces, legumbres y fibras que contrasta con el aumento en la participación de oleaginosas, frutales y primarios.

Gráfico 9

Participación de la superficie cosechada por grupo de cultivo (2010-2014)



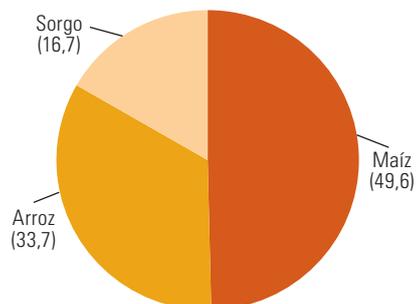
Fuente: Elaboración propia con datos de FAO/STAT.

A nivel de especies de cada grupo también se ha dado cierta sustitución. En el caso de granos y cereales es evidente la ampliación de la superficie en maíz y arroz. En el caso de los cultivos primarios es evidente la ampliación de caña de azúcar, café y papa dulce contrastando con la reducción de frijol y chícharo pigmeo. En el caso de frutales es evidente la reducción en la proporción de cultivo de plátano y un aumento en mango. Para las oleaginosas también se ha verificado una sustitución de coco por un cultivo de doble propósito como lo es el cacahuete.

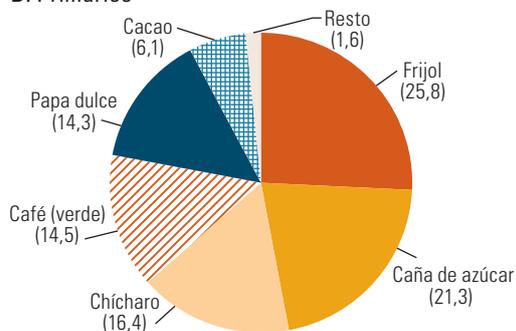
En el caso de las legumbres no ha habido una sustitución evidente y para el caso de raíces se observa un aumento en la superficie cosechada de Yuca. Finalmente, en el caso de vegetales es muy evidente la mayor diversificación de cultivos dado que la clase "otros vegetales frescos" ha aumentado considerablemente en los últimos años.

Gráfico 10
Principales productos agrícolas por grupo de productos en la región de análisis (participación promedio 2010-2014)

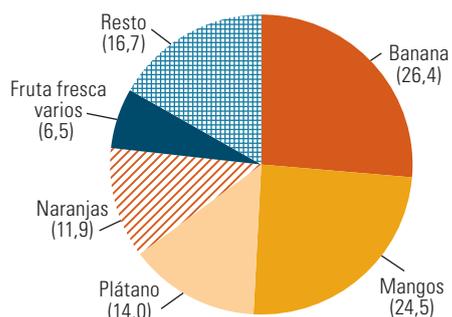
A. Granos y cereales



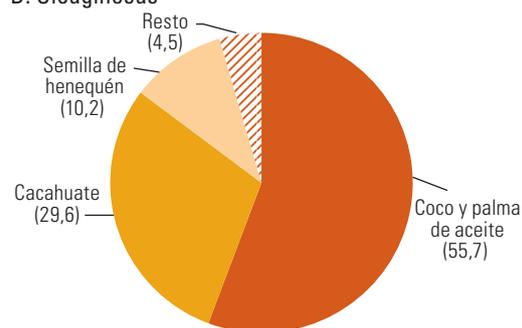
B. Primarios



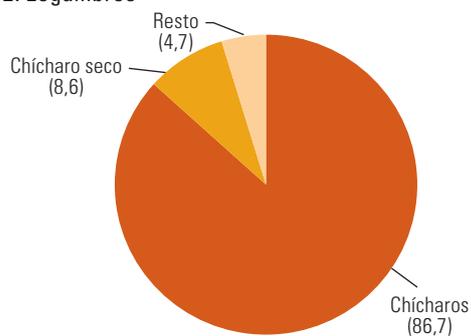
C. Frutales



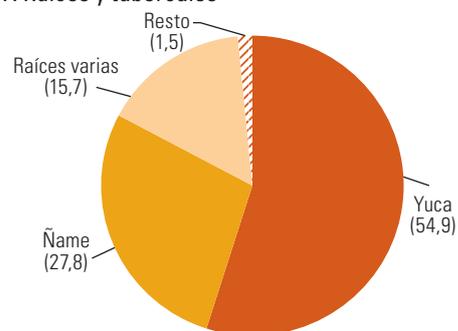
D. Oleaginosas



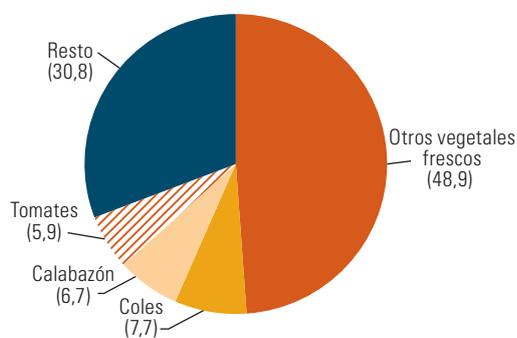
E. Legumbres



F. Raíces y tubérculos



G. Verduras



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

4. Rendimiento

El rendimiento de la producción agrícola es muy variable entre países y subregiones, no obstante, a nivel de la región se observa un aumento en la productividad agrícola a lo largo del tiempo para todos los grupos de cultivos a excepción de grupo de cultivos primarios (gráfico 11). La enorme variación del grupo “nueces” se debe fundamentalmente a la variación en su superficie cosechada, misma que se ha venido reduciendo a lo largo del tiempo y sin duda refleja el probable bajo rendimiento y utilidad de este cultivo en la región (Belice). El gráfico 11 también destaca el notable aumento en el rendimiento de “granos y cereales” a partir del año 2000 y posteriormente después del año 2009. Parte de este incremento está asociado a la probable sustitución de área maiceras por el cultivo del sorgo. Adicionalmente es notable el bajo desempeño en la región de dos grupos de cultivos: fibras y primarios. Su productividad ha ido a la baja o con cambios marginales, aunque su extensión parece incrementarse. Probablemente sea prudente evaluar los sistemas de producción de estos grupos de cultivos que en ambos casos están compuestos de especies perennes o semi-perennes y se concentran en Haití y Jamaica.

El rendimiento de cada grupo varía de acuerdo a la composición de las especies y a las características ambientales y del sistema tecnológico usado para la producción. El gráfico 12 muestra un ejemplo de rendimientos para grupos específicos y países que se distinguen por la producción de estos grupos de cultivos. Observe que para el grupo de cultivos de mayor cobertura (granos y cereales, primarios, fibras), Haití y Jamaica, países que tienen la mayor participación en la superficie cosechada de granos, muestran el menor rendimiento de la región y un rendimiento promedio en la producción de cultivos primarios. Por su parte, para los cultivos más intensivos en tecnología y mano de obra (vegetales) parece no haber mucha diferencia en el rendimiento entre países. No obstante, los frutales, así como las raíces y tubérculos, muestran una importante diferencia en rendimiento entre países, probablemente relacionada con condiciones climáticas y la composición de especies en el grupo.

Gráfico 11
Evolución del rendimiento promedio de grupos de cultivos

A. Cultivos primarios, raíces y tubérculos, frutales y vegetales

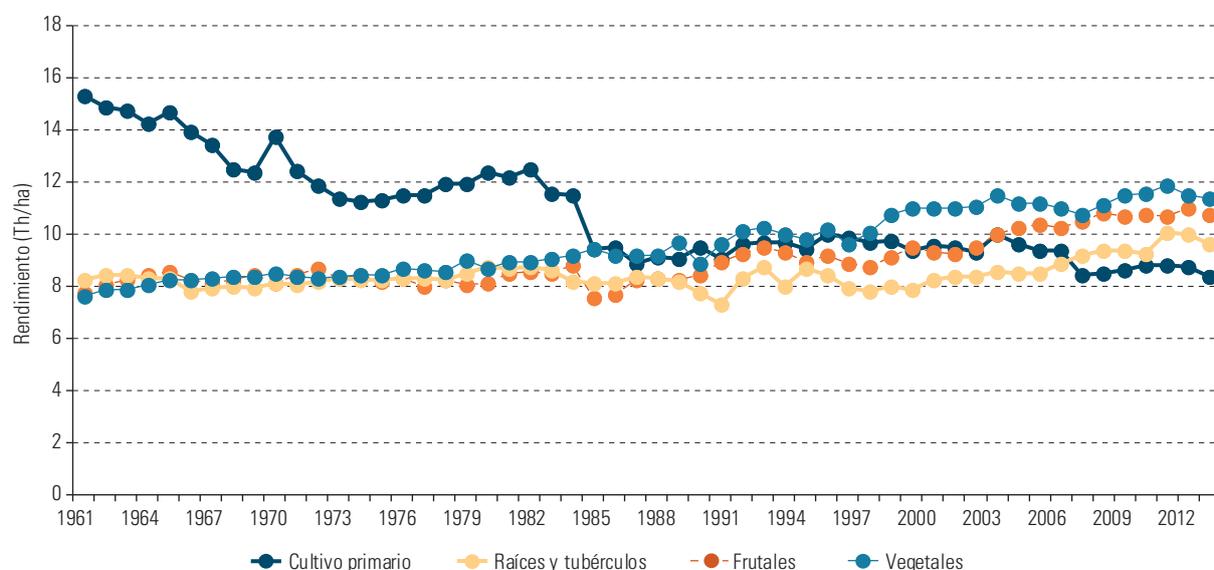
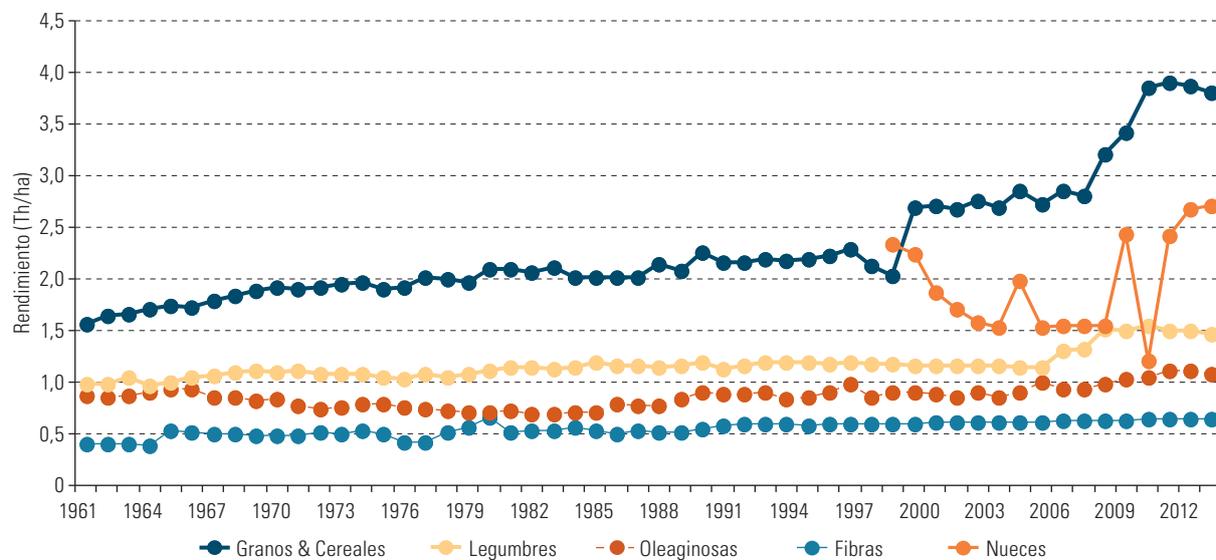


Gráfico 11 (conclusión)

B. Granos y cereales, legumbres, oleaginosas, fibras y nueces

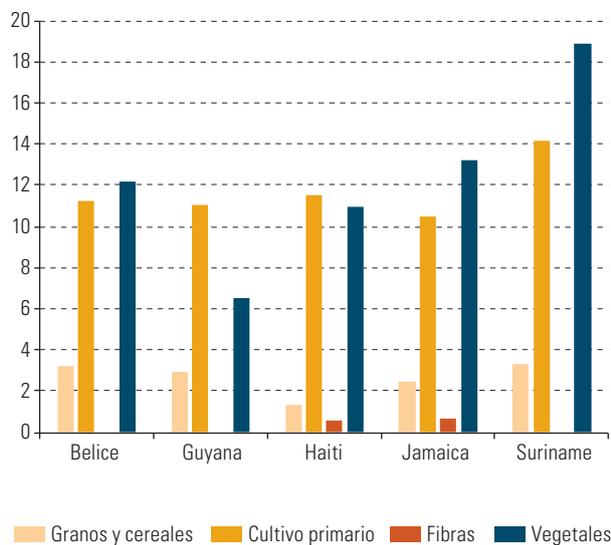


Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

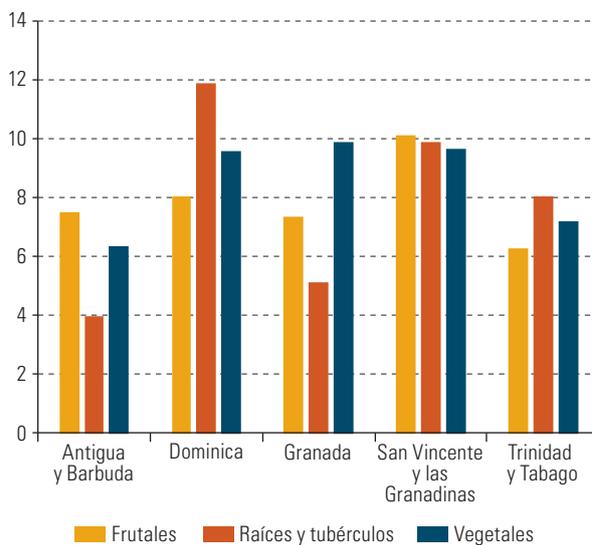
Gráfico 12

Rendimiento promedio (Tn/ha) en diversos grupos de cultivos (2005-2014)

A. Belice, Guyana, Haití, Jamaica y Suriname



B. Antigua y Barbuda, Dominica, Granada, San Vicente y las Granadinas y Trinidad y Tabago



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

II. Modelo para la estimación de los impactos de las variables climáticas sobre los rendimientos

La metodología para estimar los impactos potenciales de las variables climáticas en la agricultura ha evolucionado de manera importante en los últimos 35 años (López-Feldman y Hernández, 2016). Los enfoques metodológicos más modernos tienden a dar resultados más robustos y que, entre otras cosas, dependen menos de las formas funcionales que se utilizan. Estos enfoques generalmente requieren información desagregada (por ejemplo, a nivel hogar o granja) al igual que datos de alta frecuencia (por ejemplo, temperatura diaria o número de “días-grado” durante cada una de las estaciones del año). También es deseable que la información disponible permita modelar de manera endógena decisiones de adaptación como lo pueden ser la adopción de irrigación o la elección de mezclas de cultivos.

Así, entre los métodos más utilizados para analizar los efectos del cambio climático sobre los cultivos destacan en primer lugar, los modelos agronómicos basados en experimentos controlados de laboratorio pero que son difíciles de generalizar y que no incorporan potenciales procesos de adaptación (Rosenzweig y Parry, 1994, Kurukuyala y Rosenthal, 2003, Challinor, *et al* 2009). En segundo lugar, los modelos agroeconómicos que buscan incorporar información técnica agrícola y económica pero que, normalmente, no incluyen ajustes en precios o procesos de adaptación (Adams, *et al*, 1990, Dinar y Beach, 1998). En tercer lugar, los modelos de funciones de producción o los modelos de datos panel que buscan incorporar los procesos productivos sin considerar explícitamente procesos de adaptación y, finalmente, los modelos Ricardianos (Mendelsohn, Nordhaus y Shaw, 1994, Mendelsohn, *et al*, 2004) que proyectan, con base en datos de sección cruzada, los efectos del clima sobre los rendimientos agrícolas y que permiten incorporar procesos de adaptación (Mendelsohn *et al*, 1999).

Los modelos Ricardianos, expresamente diseñados para identificar los efectos del cambio climático, permiten explicar sintéticamente la metodología para estimar estos impactos en el conjunto de los modelos agrícolas. Esto es, los modelos Ricardianos consideran que el valor del predio o los ingresos netos por hectárea reflejan la productividad agrícola y que estas diferencias en las productividades agrícolas se debe, entre otros factores, a diferencias climáticas entre las granjas (Mendelshon, Nordhaus, y Shaw, 1994, Mendelshon, *et al*, 1996 y Mendelshon, *et al*, 2001, Galindo, Reyes y Alatorre, 2015; Galindo *et al*. 2017). La función de maximización de ganancias del productor se define como (Fleisher, *et al*, 2008, Galindo *et al*. 2017):

$$(1) \pi_j = \sum_{j=1}^n [P_j Q_j(C, S_j, X_j) - W_j X_j]$$

Donde π_j representa el ingreso neto por cultivo, P_j es el precio de cada uno de los cultivos, Q_j son las funciones de producción de los cultivos, C es un vector de variables climáticas, S_j es el vector de características de los predios incluyendo básicamente características del suelo, W_j son los precios de los insumos, X_j es un vector de insumos tales como fertilizantes o pesticidas o semillas mejoradas. La cantidad de insumos puede hacerse también función de las variables exógenas (clima y características de los suelos) incluyendo un efecto no lineal del clima, a través de especificar una variable de clima al cuadrado (Fleisher, *et al*, 2008):

$$(2) X_j = X_j(C, C^2, S_j)$$

Substituyendo la ecuación (2) en la ecuación (1) se obtiene una función de maximización del ingreso (valor presente de la tierra o del ingreso agrícola) que es una función de las condiciones climáticas y de las características exógenas de los suelos de las granjas o socioeconómicas de los hogares (Fleisher, *et al*, 2008, Mendelsohn *et al*, 1994, Seo, *et al*, 2009, Galindo, Reyes y Alatorre, 2015, Galindo, 2009):

$$(3) \quad V_{ij} = \beta_0 + \beta_1 C_i + \beta_2 C_i^2 + \beta_3 S_i + \beta_4 X_i + u_i$$

Donde V_i representa el ingreso neto por hectárea o el valor neto por hectárea, C_i incluye a las variables climáticas⁴, Si son las características del suelo, X_i son variables de control que incluyen fundamentalmente características socioeconómicas y demográficas de los hogares (Galindo, Reyes y Alatorre, 2015). De este modo, los parámetros estimados (β_1, β_2) de las variables de clima de la ecuación (3) se utilizan para simular los potenciales efectos de diversos escenarios climáticos. Ello permite, por ejemplo, identificar distintos escenarios climáticos en distintos momentos en el tiempo.

Estos modelos Ricardianos tienen, sin embargo, diversas limitaciones en donde destacan que los resultados son particularmente sensibles a la especificación utilizada, la dificultad para identificar los procesos de adaptación al excluir variables clave como la irrigación o los precios de los productos o los insumos y la exclusión de las diferencias en las sensibilidades de respuesta a las variables climáticas de diferentes tipo de granjas como terrenos irrigados o sin irrigación (Dinar y Mendelsohn, 2011, Cline, 1996, Schlenker, *et al*, 2005, Mandelsohn, *et al*, 1996, Fleisher, *et al*, 2008). Así, existen actualmente modelos estructurales Ricardianos (Kurukulasuriva y Mendelsohn, 2007), Mendelsohn y Dinar, 2003) que buscan incorporar explícitamente procesos de adaptación endógenos al cambio climático tales como cambio de cultivos o irrigación.

En este contexto destaca la presencia de una gran diversidad de estudios para países de América Latina, muchos de ellos en el marco de los modelos Ricardianos, sintetizados en el cuadro 3 (CEPAL, 2014). Esta literatura, para diversos países de América Latina, documenta la presencia de efectos significativos del clima sobre los ingresos de las granjas que se refleja en relaciones cóncavas del clima con respecto a los rendimientos y/o ingresos agrícolas como en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Uruguay y Venezuela (cuadro 3). Asimismo, Mendelsohn, *et al* (2007b) identifica que un aumento de 10% en la temperatura se traduce en una reducción de 33% en el valor de las granjas en América Latina. Estos estudios muestran además que los efectos del clima sobre las actividades agropecuarias son heterogéneos y depende de las condiciones socio-económicas y geográficas tales como disponibilidad de riego, de recursos financieros adicionales o de temperatura y precipitación media actual (Galindo, Reyes y Alatorre, 2015). Esto es, la elevada sensibilidad de las actividades agropecuarias a las condiciones climáticas en América Latina y el Caribe se acentúa atendiendo a las limitaciones de la oferta de agua e irrigación, infraestructura inadecuada, recursos financieros limitados y condiciones socioeconómicas y demográficas complejas y una elevada heterogeneidad estructural sobre los tipos de granjas (de irrigación o de seco) y tipo de propiedad (Galindo, Reyes y Alatorre, 2015). Se observa además que los niveles de sensibilidad de los rendimientos agrícolas al clima es diferente por tipo de granja y que los procesos de adaptación al cambio climático pueden reducir significativamente los efectos negativos del cambio climático sobre las actividades agropecuarias (Galindo, *et al.*, 2014; Galindo, Reyes y Alatorre, 2015; López-Feldman y Hernández, 2016).

⁴ Experimentos de laboratorio han mostrado que existen un efecto no-lineal del clima sobre los rendimientos agrícolas lo que lleva a incluir las variables del clima al cuadrado (Kurukulasuriya y Mendelsohn, 2008 y Reilly, *et al* 1996).

Cuadro 3
Estudios Ricardianos: cambio en los ingresos asociados aumento de la temperatura

Autor	País	Aumento de temperatura (°C)	Cambio en el ingreso (en porcentaje)
Sanghi (1998) ^a	Brasil	2,0	-5 a -11
		3,5	-7 a -14
Mendelsohn, <i>et al.</i> (2000) ^b	América del Sur	2,0	0,18 a 0,46
Lozanoff y Cap (2006) ^c	Argentina	2,0 a 3,0	-20 a -50
Timmins (2006)	Brasil	2,0	-0,621
González y Velasco (2008)	Chile	2,5 y 5,0	0,74 y 1,48
Seo y Mendelsohn (2007) ^d	América del Sur	1,9, 3,3 y 5	-64, -38 y -20 (pequeñas granjas)
			-42, -88 y -8 (granjas grandes)
Mendelsohn y Seo (2007a) ^e	América del Sur	1,4 a 5,1	-9,3 a -18,9
		1,3 a 3,2	-5,0 a -19,1
		0,6 a 2,0	41,5 a 49,5
Mendelsohn y Seo (2007b) ^f	América del Sur	1,4 a 5,1	Exógeno: -6,9 a -32,9 Endógeno: -5,4 a -28,0
		1,3 a 3,2	Exógeno: -5,7 a -17,6 Endógeno: -4,2 a -19,0
		0,6 a 2,0	Exógeno: 4,7 a 0,1 Endógeno: 9,7 a -1,1
Mendelsohn, <i>et al.</i> (2007b)	Brasil	10 ^g	-33
Seo y Mendelsohn (2008b)	América del Sur	5,1 a 2,0	-23 a -43
Seo y Mendelsohn (2008c)	América del Sur	1,9, 3,3 y 5	-14,2 a -53,0
			-14,8 a -30,2
			2,3 a -12,4
Sanghi y Mendelsohn (2008) ^h	Brasil	1,0 a 3,5	-1,3 a -38,5
Mendelsohn, <i>et al.</i> (2010) ⁱ	México	2,3 a 5,1	-42,6 a -54,1
Cunha, <i>et al.</i> (2010) ^j	Brasil	2,0	-14
Seo (2011) ^k	América del Sur	1,2, 2,0 y 2,6	-26 a 17 (irrigación privada)
			-12 a -25 (irrigación pública)
			-17 a -29 (secano)
Galindo, Alatorre y Reyes (2015) ^l	Perú	3,7, 4,2, 3,1 y 3,6	-8 a -13 (por hectárea)
Galindo, Alatorre y Reyes (2015) ^m	México	2,5	-18,6 a 36,4 (por hectárea)

Fuente: CEPAL (2014) "La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible". (LC/G.2624), Santiago, Chile.

Nota: Las estimaciones no incluyen la fertilización de carbono. Los valores positivos representan beneficios y los valores negativos representan daños.

^a El escenario climático supone un aumento del 7% en la precipitación.

^b Impactos como porcentaje del PIB.

^c El escenario climático supone un -5 a 10 por ciento en las precipitaciones.

^d Las precipitaciones medias podrían aumentar (disminuir) en algunos países, sin embargo, experimentarán una reducción (aumento) de lluvia.

^e Las precipitaciones aumentan y disminuye con el tiempo sin patrón aparente.

^f El modelo exógeno predice daños mayores y menores beneficios que el modelo endógeno en todos los escenarios. La diferencia aumenta con el tiempo.

^g Porcentaje.

^h El escenario climático supone un cambio de entre -8 y 14 por ciento en las precipitaciones.

ⁱ Un conjunto de escenarios de cambio climático incluyen proyecciones con reducción y aumento de la precipitación anual.

^j El ingreso de los agricultores tiende a crecer en las tierras donde se practican las técnicas de riego, mientras que en aquellos donde la producción agrícola es de secano se producen pérdidas.

^k El escenario climático predice un aumento y disminución general de las precipitaciones. América del Sur: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Uruguay y Venezuela (República Bolivariana de).

^l Las estimaciones consideran para el modelo ACCESS un aumento de la temperatura de 3,7 y 4,2 °C y un cambio en la precipitación de 12,9 y 4,0%, para el verano y el invierno, respectivamente; mientras que para el modelo CNRM-CM5 consideran un aumento de la temperatura de 3,1 y 3,6 °C y un cambio en la precipitación de 18,9 y 3,1% para el verano y el invierno, respectivamente.

^m El impacto proyectado en los ingresos netos por hectárea, considerando todo tipo de granjas, se estima a partir de un aumento de la temperatura de 2,5 °C y una reducción del 10% en las precipitaciones.

Lamentablemente la información disponible para los países del Caribe es aún limitada y por lo tanto en este estudio las estimaciones econométricas se limitan a usar especificaciones cercanas a los modelos de función producción. En estos modelos se estima econométricamente la relación entre producción agrícola y una serie de variables climáticas y algunas variables de control (véase Cline, 2007, Fleisher, *et al*, 2008, Galindo, 2009, Galindo, Reyes y Alatorre, 2015). Esto permite conocer cuál es la relación entre, por ejemplo, la precipitación y la producción de un cultivo o grupo de cultivos. El método de estimación que se emplea es el de mínimos cuadrados ordinarios. Una vez que se cuenta con estas estimaciones econométricas se procede a simular la producción del cultivo o grupo de cultivos en cuestión utilizando los parámetros de la regresión y las proyecciones climáticas con las que se dispone. De este modo, estas estimaciones permiten identificar una respuesta agregada de las actividades agrícolas al cambio climático pero dejan de lado potenciales procesos de adaptación que pueden incidir de forma significativa sobre los impactos netos finales.

El modelo a estimar es el siguiente:

$$(4) \quad q_j = P_j Q_j / A_j = \beta_0 + \beta_1 C_i + \beta_2 C_i^2 + u_i$$

donde q_j es el rendimiento del cultivo j , P_j es el precio de cada uno de los cultivos, Q_j son las funciones de producción de los cultivos, A_j es el número de hectáreas cultivadas, C es un vector de variables climáticas: precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima.

Así, en este estudio se utiliza información anual para el período 1961-2014 para cada uno de los países integrantes de la región de el Caribe. Se estiman regresiones econométricas para cada país para cada uno de los siguientes grupos de cultivos: cultivos primarios, granos y cereales, frutales, raíces y tubérculos, vegetales, legumbres y oleaginosas. Las estimaciones econométricas⁵ se sintetizan en los cuadros 4 a 10. Para las simulaciones de los efectos potenciales se utilizan las proyecciones climáticas de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima para el año 2050 para cada uno de los países de la región (cuadro 11)⁶.

⁵ Los elevados coeficientes de determinación se deben a la estrecha asociación entre rendimientos y superficial cosechada (gráfico 2).

⁶ Los escenarios climáticos utilizados son específicos para el Caribe. Ello es consistente con estudios previos de modelos Ricardianos. En este sentido, no se utiliza el escenario del IPCC (1990) del doble de emisiones de gases de efecto invernadero que ocasiona un aumento de la temperatura de 2,5 °C como escenario BAU (Clarkson y Deyes, 2002).

A. Resultados de las estimaciones econométricas para cada uno de los grupos de cultivos

Cuadro 4
Estimación para los rendimientos de cultivos primarios

	Antigua y Barbuda	Bahamas	Barbados	Belice	Dominica	Granada	Guyana
área	43,8617*** (3,495417)	25,136090*** (0,441037)	84,327784*** (5,793960)	29,625957*** (2,199761)	0,217174** (0,094969)	0,222558 (0,187317)	38,139615*** (8,139341)
pp			808,826878* (410,311367)		-0,351991* (0,201978)	-36,287311 (23,580173)	
pp ²		-0,002792** (0,001152)	-0,170459* (0,085135)			0,013061* (0,007508)	
tmax	-9603,648455 (6257,973123)		-1,48664e+07*** (4,38959e+06)	-9,75071e+04** (39486,821799)	-2,84350e+04 (18117,314199)	-3,66220e+05 (2,84409e+05)	1,03027e+06*** (3,25381e+05)
tmax ²			2,44235e+05*** (73094,955146)		538,465413 (354,940453)	6109,621472 (4632,172917)	
tmin	-50,521* (28,3869)		6,82204e+06* (3,58269e+06)	93494,007011** (35387,919318)	36296,29024*** (8972,483554)	2,74686e+05** (1,15118e+05)	-1,39206e+06*** (4,56898e+05)
tmin ²			-1,43470e+05* (78218,761955)		-937,511269*** (239,017646)	-6225,463736** (2519,399664)	
_cons		-5699,516464*** (2007,981046)	1,43955e+08** (5,78103e+07)	1,12418e+06 (1,33372e+06)	32027,573924 (1,93900e+05)	2,49802e+06 (3,44801e+06)	
r ²	0,965	0,949	0,942	0,878	0,517	0,424	0,988
N	54	54	54	54	54	54	54
	Haití	Jamaica	Saint Kitts y Nevis	San Vicente y las Granadinas	Santa Lucía	Suriname	Trinidad y Tabago
área	1,455824 (1,359739)	58,869764*** (4,520398)	66,811522*** (3,082632)	3,454054*** (0,931576)	39,745111*** (4,096853)	56,550141*** (5,985379)	32,058449*** (1,740709)
pp					44,864409* (23,561628)		6486,219387*** (2378,379722)
pp ²					-0,008504* (0,004906)		-1,916814*** (0,678788)
tmax		2,45892e+07* (1,24206e+07)	-4,22947e+04*** (11619,633978)	5,81102e+05** (2,39162e+05)		2,02966e+06*** (7,24377e+05)	-1,96896e+05** (84520,338645)
tmax ²		-4,13293e+05* (2,13254e+05)		-9428,660547** (3922,630844)		-3,40190e+04*** (12057,949235)	
tmin	-8,91838e+05*** (1,93925e+05)	-1,51849e+07** (7,54299e+06)				-2,83207e+06*** (1,03987e+06)	
tmin ²		3,60330e+05* (1,85783e+05)			-171,474293*** (29,991008)	66128,741200*** (23836,859383)	
_cons	1,98789e+07*** (4,04452e+06)	-2,06580e+08 (1,65526e+08)	1,19867e+06*** (3,33433e+05)	-8,94258e+06** (3,64449e+06)	12232,310774 (29973,987374)		4,76687e+05 (3,81718e+06)
r ²	0,348	0,906	0,916	0,508	0,690	0,963	0,922
N	54	54	54	54	54	54	54

Nota: * p<0,10, ** p<0,05, *** p<0,01; desviación estándar entre paréntesis.

Cuadro 5
Estimación para los rendimientos de granos y cereales

	Antigua y Barbuda	Bahamas	Barbados	Belice	Dominica	Granada	Guyana
área	1,369581*** (0,000001)	0,534510*** (0,167457)	2,688789*** (0,038793)	3,921218*** (0,297834)	1,419573*** (0,079789)	0,804058*** (0,018882)	4,873831*** (0,671394)
pp							
pp ²							
tmax	8,183296*** (2,557168)	-206,544790** (78,851302)		10508,023983*** (2647,699074)	8,975081* (4,756415)	2314,674497*** (801,182206)	-2,50261e+05*** (77040,979474)
tmax ²						-37,821673*** (13,046400)	
tmin	-10,195962*** (3,331690)	243,903220*** (32,338265)	-128,113214*** (28,173804)	-7523,995714*** (2647,329809)	273,003106*** (91,795081)	21,537641* (10,943082)	3,46416e+05*** (1,09137e+05)
tmin ²			5,470432*** (1,196341)		-7,183635*** (2,464757)		
_cons		1617,945569 (2292,841700)		-1,83573e+05** (78299,122353)	-2831,539766*** (906,213776)	-3,58483e+04*** (12358,896537)	
r ²	1,000	0,672	0,997	0,911	0,865	0,984	0,933
N	50	54	54	54	54	54	54
	Haití	Jamaica	Saint Kitts y Nevis	San Vicente y las Granadinas	Santa Lucía	Suriname	Trinidad y Tabago
área	0,892765*** (0,070102)	1,261287*** (0,216591)		2,484624*** (0,147037)	0,601773*** (0,099024)	4,429994*** (0,131003)	3,353789*** (0,274265)
pp		-0,621188** (0,290091)			0,037085* (0,020616)	142,705492*** (44,130554)	
pp ²					-0,000008 (0,000005)	-0,028422*** (0,009253)	
tmax		-1718,118021*** (435,494451)		-263,649838*** (31,111698)	-12,189716*** (3,760869)	-8,77690e+05* (4,39998e+05)	-2,36638e+05** (1,08359e+05)
tmax ²				8,961219*** (1,033355)		11902,343850 (8394,566059)	3955,180679** (1764,343194)
tmin	44173,666785*** (9279,038656)	4106,649640*** (1022,540488)			1080,804100* (580,400729)	1,27911e+06* (6,45551e+05)	1,75922e+05** (72059,432869)
tmin ²	-2061,668036*** (404,516391)	-76,881163*** (25,023176)			-24,242545* (13,107068)	-2,60211e+04* (14727,129275)	-4120,299237** (1640,924050)
_cons					-1,17276e+04* (6411,948926)		1,65873e+06 (1,00881e+06)
r ²	0,996	0,948		0,975	0,754	0,997	0,877
N	54	54		54	20	54	54

Nota: * p<0,10, ** p<0,05, *** p<0,01; desviación estándar entre paréntesis.

Cuadro 6
Estimación para los rendimientos de frutales

	Antigua y Barbuda	Bahamas	Barbados	Belice	Dominica	Granada	Guyana
área	0,865117*** (0,205412)	20,500415*** (1,226050)	2,356108*** (0,432469)	13,002601*** (1,880426)	5,620343*** (0,684576)	3,054558*** (0,501294)	4,790133*** (0,398888)
pp				-865,894259** (425,938379)			
pp ²				0,190169* (0,098932)		0,001267** (0,000627)	
tmax	52630,017191* (29259,688438)	-2,46818e+05* (1,35312e+05)	-4,77245e+04** (21139,350850)			-4,06339e+05 (3,21786e+05)	99842,855013*** (21753,514647)
tmax ²	-885,433491* (491,158626)	4108,841092* (2260,465270)	800,994320** (354,764531)			6777,091066 (5224,420362)	
tmin	1016,708771** (383,195037)		24931,138568 (16902,980189)	2,71924e+06*** (9,95779e+05)	-9983,117666*** (2896,906186)	2,27827e+05* (1,30406e+05)	-9,89010e+04*** (21957,823925)
tmin ²			-556,302345 (371,524605)	-6,58577e+04*** (24260,587751)		-5190,202014* (2829,546299)	
_cons	-7,97298e+05* (4,38615e+05)	3,70308e+06* (2,02501e+06)	4,33805e+05* (2,24348e+05)	-2,70788e+07** (1,02829e+07)	2,11210e+05*** (51741,726651)	3,60080e+06 (3,73796e+06)	-9,13285e+05*** (1,95104e+05)
r ²	0,669	0,914	0,523	0,780	0,585	0,770	0,796
N	49	54	54	54	54	54	54
	Haití	Jamaica	Saint Kitts y Nevis	San Vicente y las Granadinas	Santa Lucía	Suriname	Trinidad y Tabago
área	3,450860*** (0,301752)	5,626454*** (0,531771)	10,019416*** (0,726730)		8,782993*** (0,337916)		3,630241*** (0,505894)
pp							
pp ²		0,001720 (0,001295)					
tmax		1,72815e+06* (9,02508e+05)					
tmax ²	-3781,844087*** (776,985058)	-2,86006e+04* (15505,364936)	-1,913205* (0,972997)		-475,518381*** (44,365809)		
tmin	85942,805756* (43356,248478)	-1,01820e+06* (5,42049e+05)		-1,42632e+04*** (2414,246338)			-2,79692e+05** (1,31977e+05)
tmin ²		23691,191548* (13372,602681)		686,787777*** (101,247926)			6078,534098* (3028,167662)
_cons	2,09786e+06*** (6,50938e+05)	-1,49870e+07 (1,20087e+07)	846,509683 (863,641077)		4,40625e+05*** (38240,839283)		3,24076e+06** (1,43699e+06)
r ²	0,814	0,854	0,894	0,950	0,934		0,587
N	54	54	30	54	54		54

Nota: * p<0,10, ** p<0,05, *** p<0,01; desviación estándar entre paréntesis.

Cuadro 7
Estimación para los rendimientos de raíces y tubérculos

	Antigua y Barbuda	Bahamas	Barbados	Belize	Dominica	Granada	Guyana
área	4,255238*** (0,122363)	10,882490*** (0,632227)	11,253302*** (0,287512)	9,807740*** (1,379937)	7,994235*** (0,314746)	3,518880*** (0,722438)	9,433772*** (0,858135)
pp							
pp ²						0,000083* (0,000044)	0,000854* (0,000476)
tmax	12,816456*** (3,384739)	-76,949166** (34,647081)	-9,344562** (4,022868)		79483,983523*** (23047,361041)	-1,80387e+04** (7181,664533)	-373,658163*** (124,962615)
tmax ²					-1548,755103*** (449,212177)	294,059305** (117,189502)	
tmin		116,369156** (52,084022)		18316,532426* (9925,078215)			
tmin ²				-457,299157* (240,555519)	42,246032*** (11,366803)		
_cons	-396,420857*** (104,044037)			-1,82417e+05* (1,02335e+05)	-1,02903e+06*** (2,96571e+05)	2,77377e+05** (1,09912e+05)	
r ²	0,973	0,957	0,989	0,561	0,969	0,425	0,969
N	54	54	54	54	54	54	54
	Haití	Jamaica	Saint Kitts y Nevis	San Vicente y las Granadinas	Santa Lucía	Suriname	Trinidad y Tabago
área	5,804494*** (0,301673)	11,270076*** (1,203430)	3,189587*** (0,104750)	9,623468*** (0,297655)	4,244371*** (0,081672)	2,739604 (1,957897)	10,858237*** (1,393751)
pp		-92,985390** (40,068665)					-72,304914*** (16,749243)
pp ²		0,021021*** (0,007644)					0,021079*** (0,004947)
tmax			122,841889*** (44,903334)	-1,67851e+05* (95627,248897)		-1414,061872** (545,411507)	-1,94274e+05** (89206,743959)
tmax ²				2706,905003* (1560,363833)		49,636488*** (17,711948)	3258,883918** (1464,987387)
tmin	-1,06247e+04*** (1738,024902)		-145,432535*** (28,799894)	88007,580696** (41343,176017)	-8799,104869*** (2777,680074)		1,03315e+05* (57129,503762)
tmin ²		306,716430** (125,240990)		-1858,610945** (869,279282)	182,645012*** (60,434299)		-2515,895312* (1316,009022)
_cons			-548,315845 (841,838284)	1,56116e+06 (1,21083e+06)	1,05163e+05*** (31864,833774)		1,89776e+06** (8,82068e+05)
r ²	0,990	0,971	0,941	0,931	0,984	0,845	0,845
N	54	54	54	54	54	54	54

Nota: * p<0,10, ** p<0,05, *** p<0,01; desviación estándar entre paréntesis.

Cuadro 8
Estimación para los rendimientos de vegetales

	Antigua y Barbuda	Bahamas	Barbados	Belize	Dominica	Granada	Guyana
área	6,997438*** (0,171644)	6,681599*** (0,508911)	4,419343*** (0,659449)	6,292976*** (0,440226)	8,097833*** (0,749440)	11,266497*** (0,290257)	6,239187*** (0,127145)
pp							1,763799* (0,887465)
pp ²							
tmax	-1,60794e+04** (6306,374209)	-1,78770e+05*** (65239,167975)	1,96609e+05*** (65297,224960)	-2023,054233*** (365,735882)	23127,969274** (10034,226947)		-7218,790076*** (2636,276771)
tmax ²	269,337839** (105,718969)	2925,373835*** (1091,298953)	-3284,797138*** (1102,627573)	69,513181*** (12,596244)	-449,420591** (195,914486)		
tmin	6966,096254*** (2151,222199)		-1,01795e+05** (49578,530670)			-560,065804 (1412,816081)	10012,372001*** (3706,193128)
tmin ²	-147,886299*** (46,700544)		2325,000543** (1097,465488)			13,551821 (30,806533)	
_cons	1,57917e+05* (93554,091121)	2,73817e+06*** (9,74977e+05)	-1,82580e+06** (7,80318e+05)		-2,96820e+05** (1,28390e+05)	5299,659721 (16171,444254)	
r ²	0,987	0,690	0,851	0,964	0,921	0,985	0,992
N	54	54	54	54	54	54	54
	Haití	Jamaica	Saint Kitts y Nevis	San Vicente y las Granadinas	Santa Lucía	Suriname	Trinidad y Tabago
área	6,835926*** (0,322808)	19,109170*** (1,151408)	7,692241*** (0,343953)	11,313800*** (0,877333)	12,499868*** (0,372870)	16,847631*** (0,545440)	3,872276** (1,538337)
pp		8,746117*** (3,123199)		-5,559598 (3,330905)			7,633358* (4,120667)
pp ²				0,001818* (0,001018)			
tmax	10439,924522** (4513,179565)	-1,77737e+04** (7251,904123)			-5056,228222*** (1645,440671)	-102,697968*** (18,806589)	11686,621054** (4499,240138)
tmax ²		881,890425*** (164,956131)			87,521412*** (28,678008)		
tmin	58349,670856 (1,80687e+05)	-1,58598e+04* (8786,465958)	-107,380917*** (11,308700)		1789,561794* (1024,441281)		-1,15232e+04*** (4244,267656)
tmin ²	-1596,858130 (4511,545871)		5,086281*** (0,566630)		-42,219212* (23,038688)		
_cons	-8,66556e+05 (1,84177e+06)			3230,141911 (2670,739577)	53503,632954*** (15825,700268)		-1,05228e+05 (65400,926403)
r ²	0,943	0,988	0,994	0,950	0,992	0,979	0,202
N	54	54	54	54	54	54	54

Nota: * p<0,10, ** p<0,05, *** p<0,01; desviación estándar entre paréntesis.

Cuadro 9
Estimación para los rendimientos de legumbres

	Antigua y Barbuda	Bahamas	Barbados	Belice	Dominica	Granada	Guyana
área			2,185179*** (0,267669)	1,152637*** (0,101042)	0,126280 (0,144227)		0,553241*** (0,015778)
pp			0,118856* (0,070565)	-0,556131* (0,267445)			
pp ²							
tmax							57,611797* (31,841161)
tmax ²					0,231419* (0,132330)		
tmin					261,423115* (135,381793)		
tmin ²					-7,309760** (3,584978)		
_cons			-788,742395*** (210,910905)	1473,530867** (613,098360)	-2412,503048* (1275,172727)		-1676,722789* (958,135477)
r ²			0,591	0,876	0,224		0,957
N			54	22	54		54
	Haití	Jamaica	Saint Kitts y Nevis	San Vicente y las Granadinas	Santa Lucía	Suriname	Trinidad y Tabago
área	0,172824*** (0,027012)	0,791119*** (0,033680)	1,034005*** (0,013927)	1,097915*** (0,034723)	1,732339*** (0,170024)		0,674233*** (0,050018)
pp							
pp ²							
tmax		-520,225510** (245,908012)			3,742025** (1,835285)		
tmax ²	-34,862296 (24,335782)			0,574780*** (0,085697)			
tmin		934,569661*** (222,868992)	-0,159133** (0,066279)		82,967849** (37,337047)		109,585719*** (18,873651)
tmin ²	75,721547** (31,750010)				-1,854761** (0,817968)		
_cons	22754,477290 (16389,025493)	-3744,568729 (4074,638567)		-580,516299*** (75,272598)	-1028,123835** (432,774592)		-2081,905314*** (405,622980)
r ²	0,486	0,917	0,999	0,980	0,868		0,808
N	54	54	54	54	54		54

Nota: * p<0,10, ** p<0,05, *** p<0,01; desviación estándar entre paréntesis.

Cuadro 10
Estimación para los rendimientos de oleaginosas

	Antigua y Barbuda	Bahamas	Barbados	Belize	Dominica	Granada	Guyana
área	0,268411*** (0,064383)	7,864156*** (0,006720)	0,486800*** (0,141283)	1,533683*** (0,201792)	-0,125864 (0,268254)	1,672173*** (0,218597)	2,004035*** (0,241496)
pp					7,039878*** (0,883154)	0,413085* (0,245909)	
pp ²					-0,000984*** (0,000228)		
tmax	-7288,271727** (3279,156303)	-235,713047* (125,829609)	366,831492*** (95,115537)	62456,038476** (25410,826745)		1047,637784*** (321,568142)	-1,39881e+05*** (49909,489685)
tmax ²	121,808546** (54,566922)	3,952542* (2,107888)		-1088,288448** (431,196970)			
tmin	-4128,655534** (1780,668901)		-257,008772** (111,261145)	1235,318229*** (342,507203)		-1404,515426*** (270,331779)	1,37109e+05*** (50001,070668)
tmin ²	86,170716** (38,340986)						
_cons	1,58400e+05*** (41637,877731)	3513,458050* (1877,493081)	-3645,195522* (1891,004308)	-9,18988e+05** (3,75999e+05)		3377,406051 (5921,072171)	1,34859e+06*** (4,60960e+05)
r ²	0,611	1,000	0,499	0,786	0,935	0,612	0,673
N	54	54	54	54	54	54	54
	Haití	Jamaica	Saint Kitts y Nevis	San Vicente y las Granadinas	Santa Lucía	Suriname	Trinidad y Tabago
área	0,863736*** (0,030101)	4,702208*** (1,592779)	2,009837*** (0,434120)	1,997570*** (0,282045)	0,327908 (0,424680)	4,809614*** (0,605497)	4,650102*** (0,042499)
pp		25,626814* (15,224230)		7,883747*** (2,851240)		55,021734* (28,525929)	-1,460803 (1,387544)
pp ²						-0,012520** (0,006031)	
tmax		-6,57405e+04*** (20428,673921)		18716,914673*** (1546,547513)	17455,741767*** (1934,577498)		-2173,368286** (1005,123836)
tmax ²		1261,197254* (674,037777)		-331,169056*** (44,425463)	-283,468255*** (42,737009)		
tmin	5945,998503*** (1239,888518)	35841,127433* (18151,974355)	743,500588*** (110,503414)	-1,10520e+04*** (2833,403074)	-1,06778e+04*** (2814,986018)		1857,481549* (1041,537695)
tmin ²	-261,099391*** (63,991463)		-32,572216*** (5,412471)				
_cons						-5,86946e+04* (33772,713513)	31590,634535* (18430,881129)
r ²	0,996	0,931	0,958	0,927	0,960	0,694	0,998
N	54	54	54	54	54	54	54

Nota: * p<0,10, ** p<0,05, *** p<0,01; desviación estándar entre paréntesis.

Cuadro 11
Proyecciones climáticas al 2050

País	Precipitación	Temperatura mínima	Temperatura máxima
Dominica	2 674	21,4	29,0
Antigua y Barbuda	963	25,3	31,3
Granada	1 915	23,9	31,7
Jamaica	1 782	22,3	29,5
Saint Kitts y Nevis	1 357	24,4	30,3
Trinidad y Tabago	1 971	23,5	32,0
Bahamas	1 056	23,6	30,6
Santa Lucía	1 964	22,9	30,6
San Vicente y las Granadinas	2 293	22,2	30,0
Barbados	1 257	23,2	31,7
Haití	1 461	20,7	31,5
Belice	1 990	23,1	31,5
Guyana	1 931	24,3	33,3
Suriname	2 179	24,4	33,6

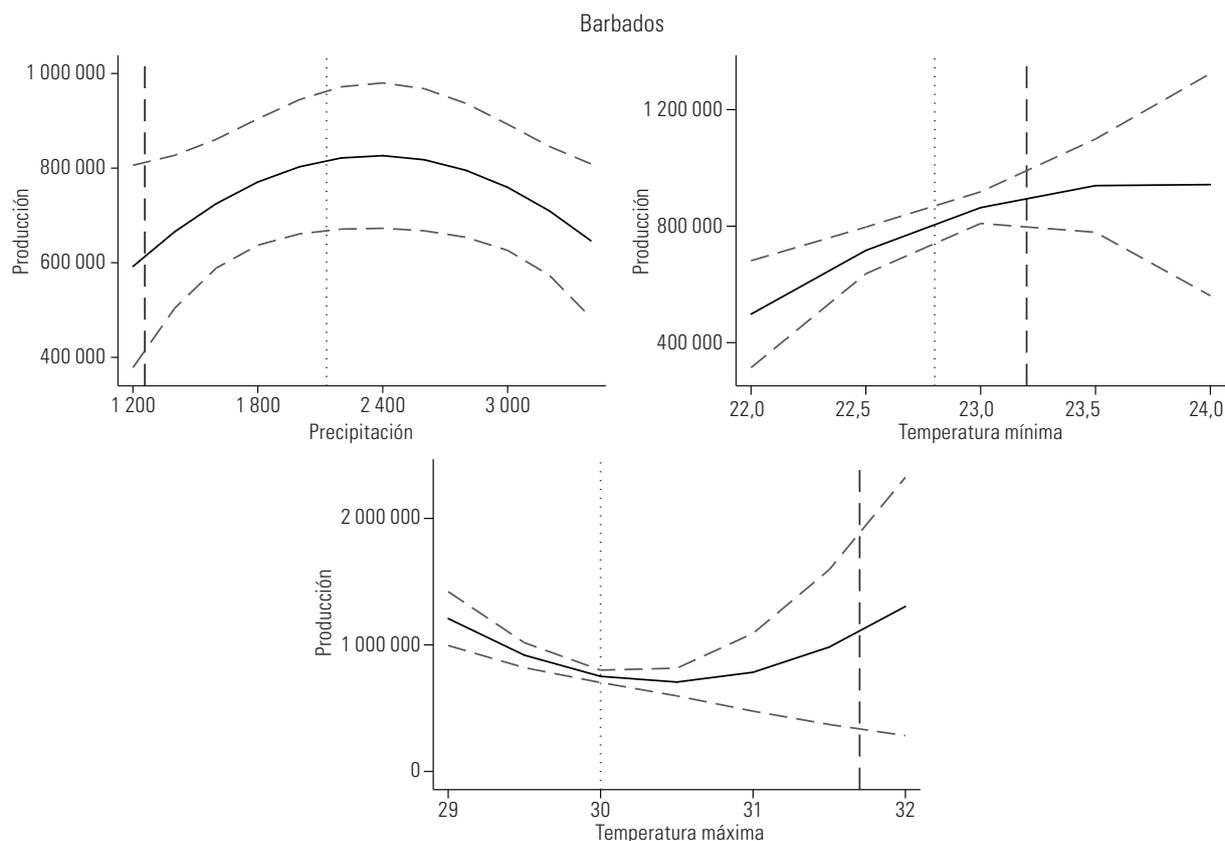
Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT y CIMMYT.

III. Impactos de las proyecciones de las variables climáticas

Los gráficos 13 a 23 muestran la relación entre las variables climáticas utilizadas y la producción de cultivos primarios por país. Se presentan únicamente gráficas para aquellos casos en los que los términos lineales y cuadráticos fueron estadísticamente diferentes de cero en la regresión respectiva. Como muestran estos gráficos la relación entre las variables climáticas y la producción agrícola son distintas para distintos países. Esto refleja variaciones tanto socio-demográficas como agroecológicas entre los países. Los gráficos muestran cómo se comparan las proyecciones de las variables climáticas al 2050 con el valor promedio de dichas variables en el período 1961-2014. Esto permite ilustrar de una manera sencilla si el impacto esperado de cada variable climática, manteniendo todo lo demás constante, será positivo o negativo en la producción agrícola. Por ejemplo, para el caso de Barbados se tiene que la precipitación proyectada al 2050 está muy por debajo del promedio observado a lo largo del período 1961-2014. Dada la forma funcional estimada económicamente eso llevaría, todo lo demás constante, a una caída en el número de toneladas de cultivos primarios que se producirían en Barbados en el 2050 respecto al promedio de producción en el período.

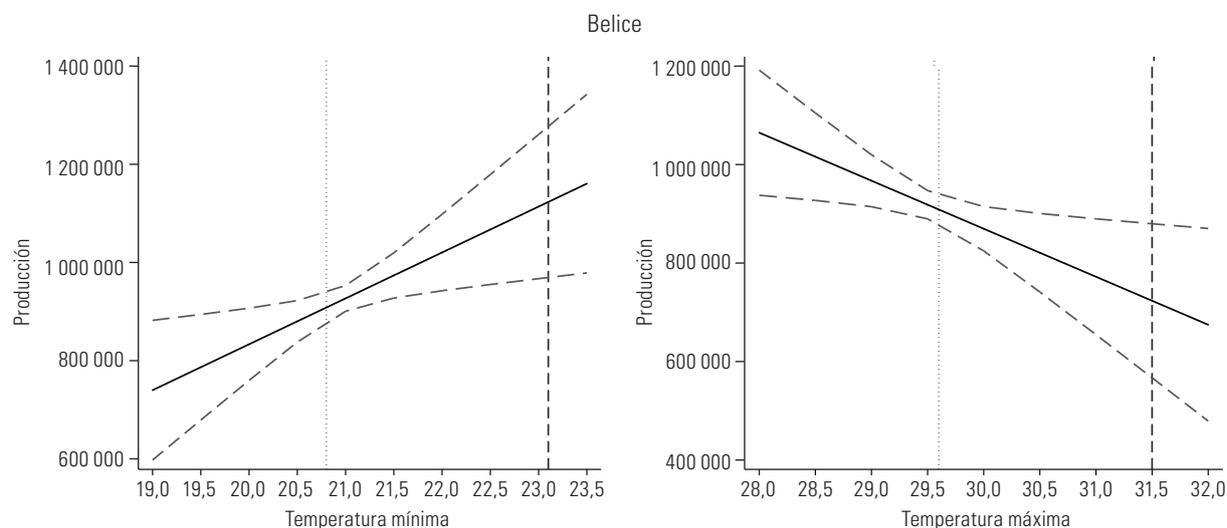
Las gráficas están basadas en los modelos presentados en los cuadros 4 al 10, dichos modelos son la versión más simple con coeficientes estadísticamente significativos. En el anexo 1 se incluyen los gráficos para cada uno de los grupos de cultivos.

Gráfico 13
Producción de cultivos primarios ante variaciones en precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima



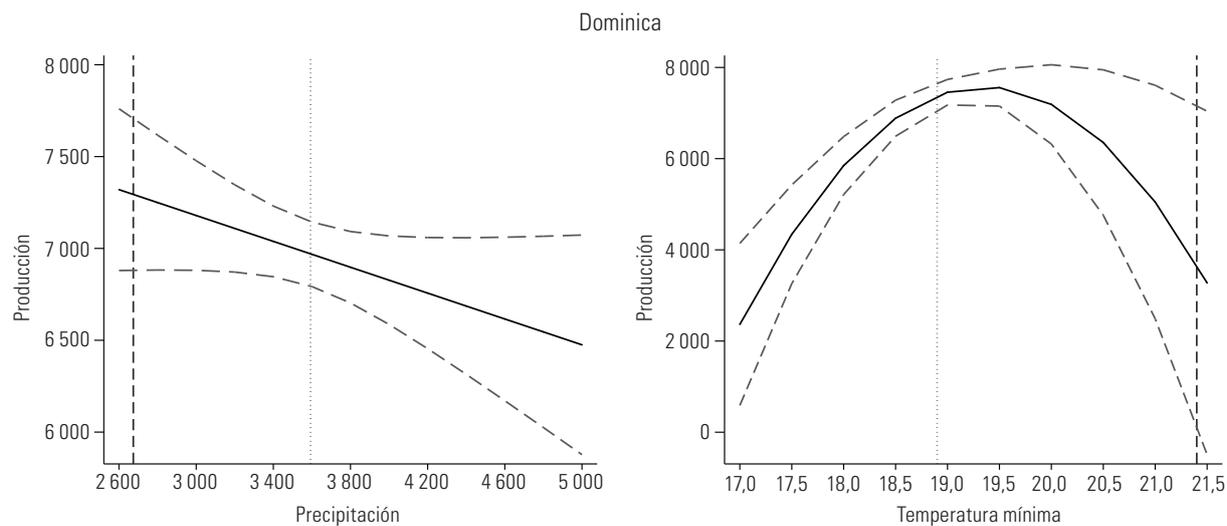
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 14
Producción de cultivos primarios ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



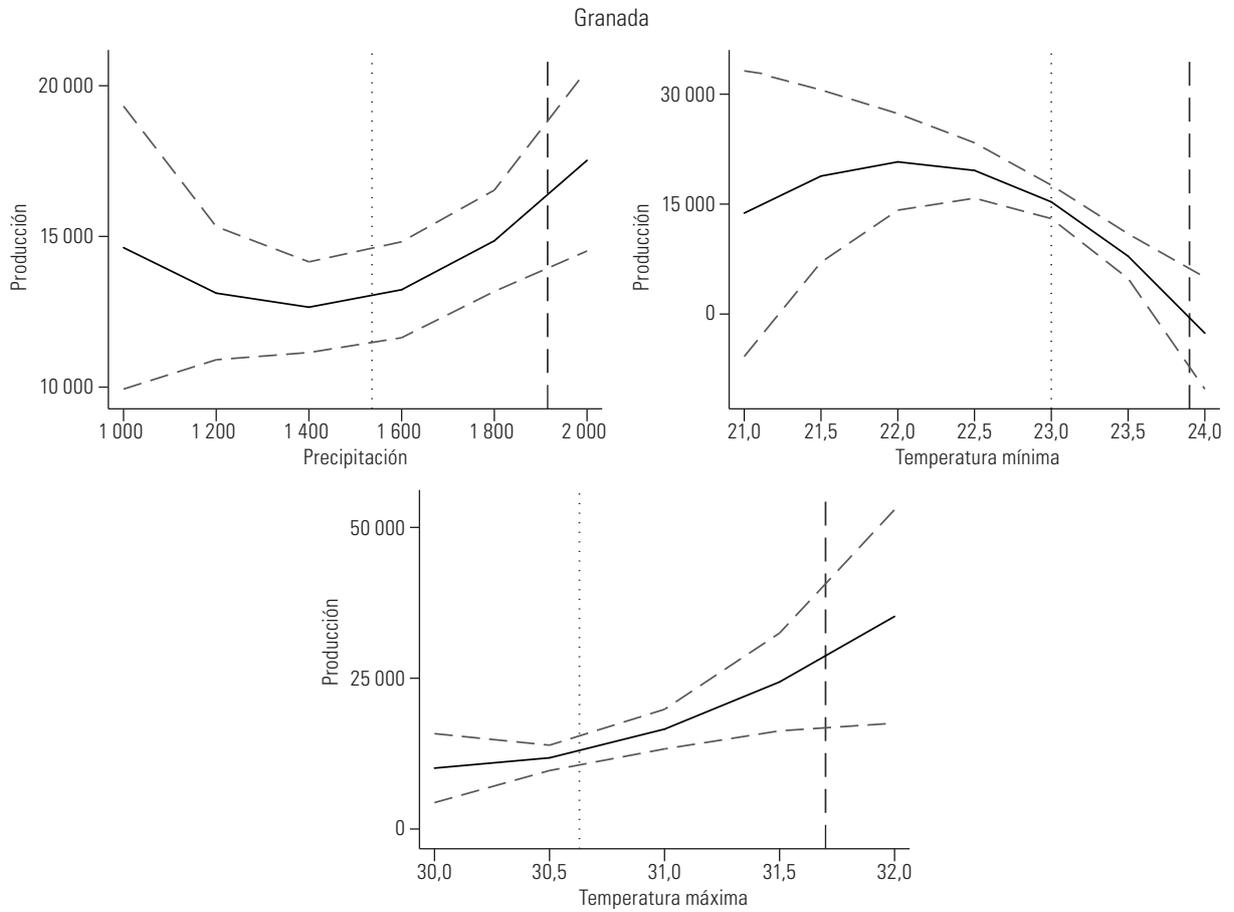
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 15
Producción de cultivos primarios ante variaciones en precipitación y temperatura mínima



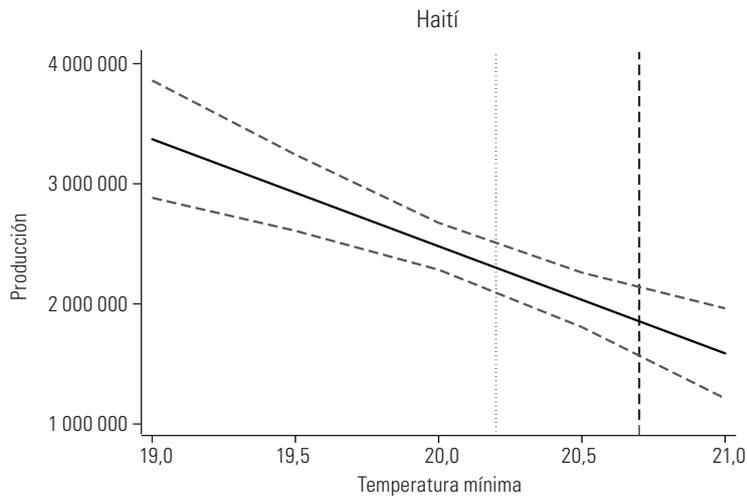
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 16
Producción de cultivos primarios ante variaciones en precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima



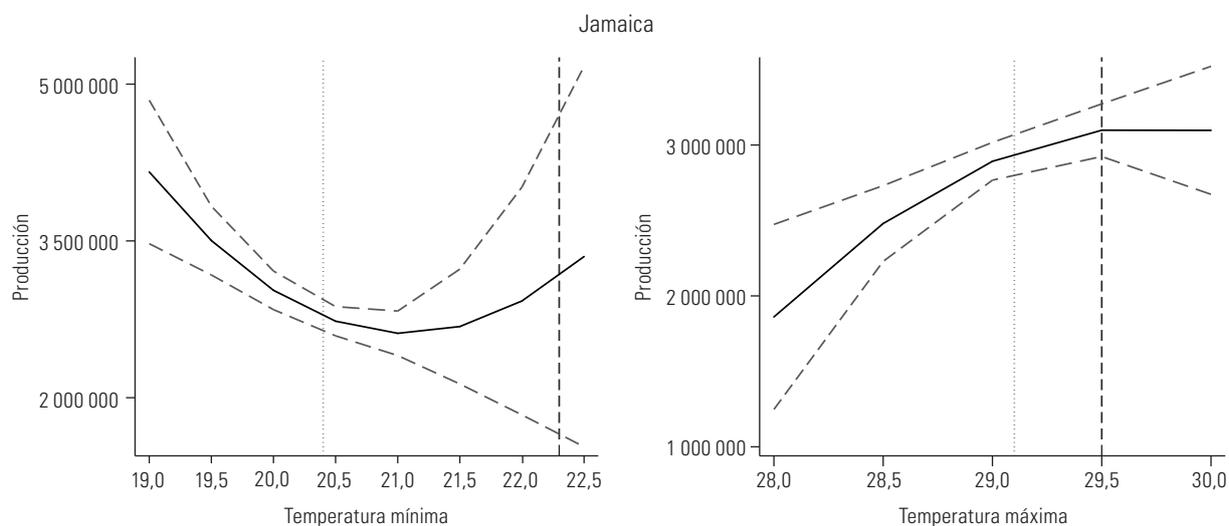
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 17
Producción de cultivos primarios ante variaciones en temperatura mínima



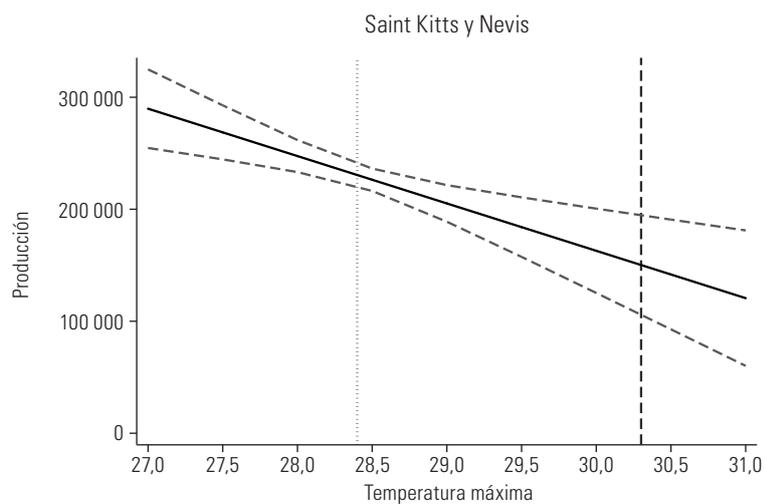
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 18
Producción de cultivos primarios ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



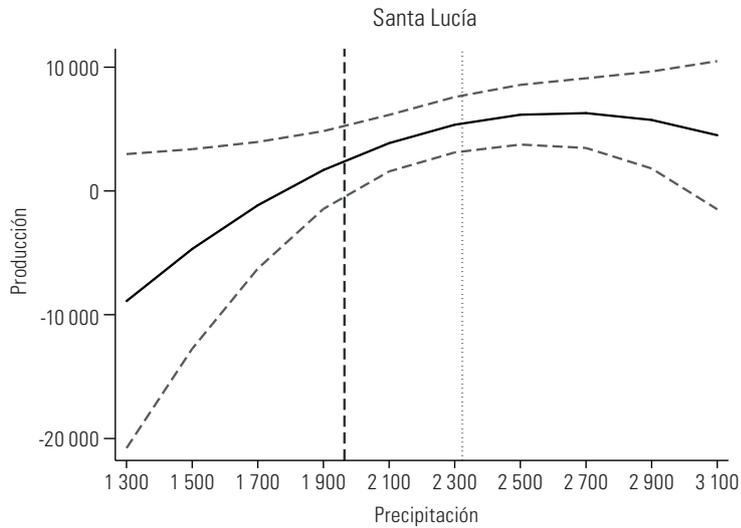
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 19
Producción de cultivos primarios ante variaciones en temperatura máxima



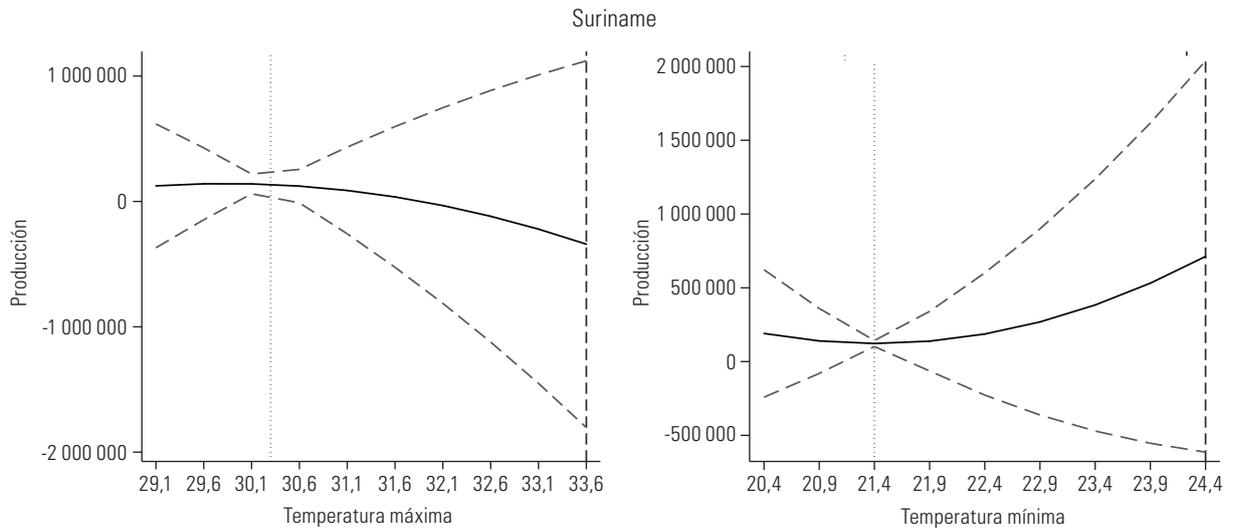
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 20
Producción de cultivos primarios ante variaciones en precipitación



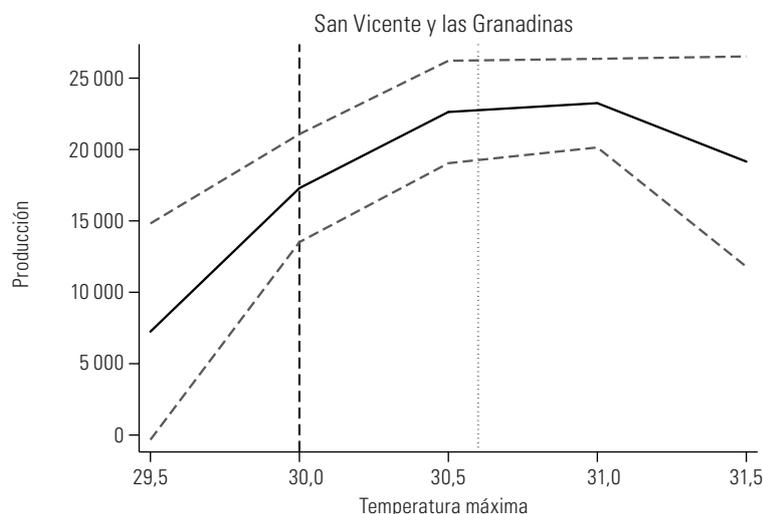
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 21
Producción de cultivos primarios ante variaciones en temperatura máxima y temperatura mínima



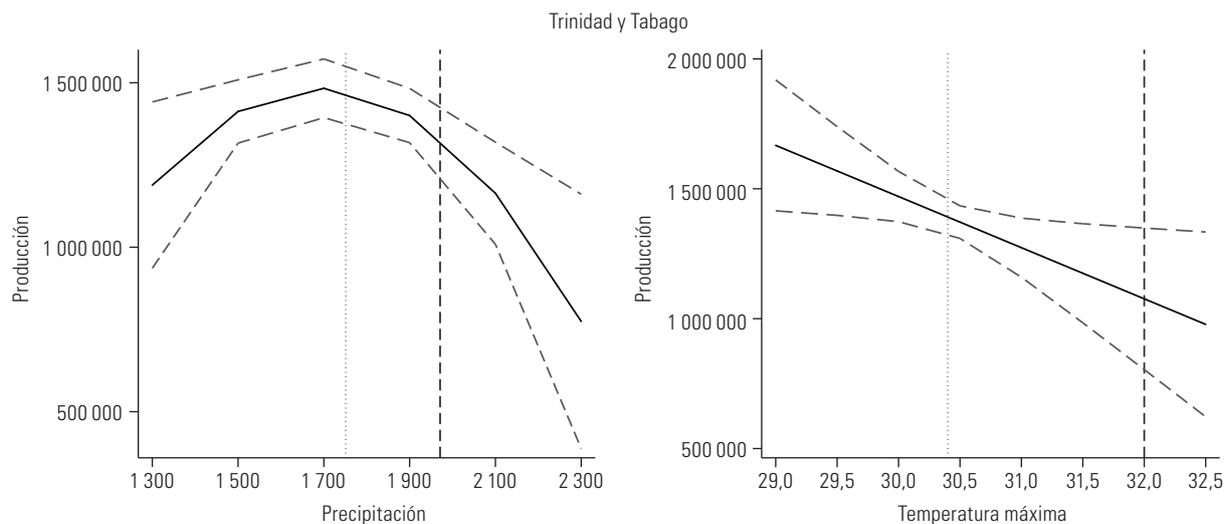
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 22
Producción de cultivos primarios ante variaciones en temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico 23
Producción de cultivos primarios ante variaciones en precipitación y temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Utilizando las regresiones econométricas sintetizadas en los cuadros 4 a la 10 se estimó, para cada país, la producción que podría esperarse dadas las proyecciones climáticas y las variables incluidas en el modelo econométrico. Para obtener estas estimaciones se utilizó además el promedio temporal de la variable área cultivada. Los resultados de las estimaciones dadas las proyecciones climáticas se comparan con el promedio de producción anual para el período 1961-2014 para el país y grupo de productos agrícolas respectivo. Los resultados de este ejercicio a nivel país se presentan en los cuadros 12 a 19 y muestran los efectos (algunos negativos otros positivos) del cambio climático en la producción agrícola en el Caribe.

Cuadro 12
Efectos de las proyecciones climáticas al 2050 en la producción de cultivos primarios

País	Promedio de producción anual en el período 1961-2014 (toneladas)	Producción estimada a 2050 (toneladas)	Diferencia entre producción estimada y promedio (en porcentajes)
Antigua y Barbuda	26 173,69	26 076,09	-0,37
Bahamas	40 920,59	42 670,72	4,28
Barbados	794 603,3	1 024 192	28,89
Belice	908 786,2	937 797,4	3,19
Dominica	6 970,204	7 252,773	4,05
Granada	13 697,28	16 964,41	23,85
Guyana	3 336 038	2 491 721	-25,31
Haití	2 335 571	1 855 303	-20,56
Jamaica	2 869 847	3 386 750	18,01
Saint Kitts y Nevis	228 768,4	150 209,9	-34,34
San Vicente y las Granadinas	19 948,43	16 196,95	-18,81
Santa Lucía	4 355,741	2 461,5	-43,49
Suriname	131 033,7	240 525,08	83,56
Trinidad y Tabago	1 383 980	1 026 445	-25,83
Total región	12 100 693,54	11 224 565,82	-7,24

Fuente: Estimación propia con datos de FAOSTAT.

Una forma sencilla para identificar los impactos potenciales del cambio climático sobre las actividades agrícolas del Caribe se presenta en el cuadro 19. Este cuadro muestra los impactos agregados a nivel región para cada uno de los grupos de productos agrícolas. En términos porcentuales la caída más grande se daría en frutales (-24,3%) seguida de cultivos primarios (-7,3%). Las oleaginosas y los granos y cereales, por su parte, muestran aumentos superiores al 10%. Si se agrega toda la producción agrícola se tiene que las proyecciones climáticas podrían implicar una caída del 7% al 2050 en la producción agregada de la región si se compara con el promedio de producción del período 1961-2014. El cuadro 19 es una agregación de todos los efectos que se estimaron econométricamente a nivel país para cada uno de los grupos de productos agrícolas y que se muestran en los cuadros 6 al 12.

Estas estimaciones no incluyen los potenciales efectos de eventos climáticos extremos y por tanto estas estimaciones preliminares subestiman los potenciales efectos negativos del cambio climático. Por ejemplo, se observa que se han identificado 187 eventos extremos en los últimos 60 años en la región, con pérdidas que oscilan entre 2% y más del 100% del PIB (Fraser, *et al.*, 2014, CEPAL, 2010). Más aun, existe información que sugiere que Bahamas, Barbados, Santa Lucía y Trinidad y Tabago, mostraron tasas de crecimiento negativas en el sector agrícola debido a eventos climáticos extremos. Sin embargo, incorporar proyecciones sobre los efectos de eventos climáticos extremos eleva el nivel de incertidumbre de los resultados.

Estos resultados indican la relevancia de realizar procesos de adaptación al cambio climático en las actividades agrícolas en el Caribe. Ello debe permitir amortiguar pérdidas de ingresos y rendimientos y, consustancialmente, atender posibles pérdidas sociales y ambientales.

Cuadro 13
Efectos de las proyecciones climáticas al 2050 en la producción de granos y cereales

País	Promedio de producción anual en el período 1961-2014	Producción estimada a 2050	Diferencia entre producción estimada y promedio (en porcentajes)
Antigua y Barbuda	17 407,1	17 393,09	-0,08
Bahamas	516,65	1 241,03	140,21
Barbados	1 202,65	1 247,16	3,70
Belice	38 026,83	40 751,25	7,16
Dominica	179,35	259,61	44,75
Granada	400,48	379,41	-5,26
Guyana	366 541,5	632 309,10	72,51
Haití	459 335,1	438 258,29	-4,59
Jamaica	5 058	6 165,62	21,90
Saint Kitts y Nevis	0	-	-
San Vicente y las Granadinas	792,87	624,87	-21,19
Santa Lucía	29,75	0,39	-98,69
Suriname	197 018,4	69 381,13	-64,78
Trinidad y Tabago	12 003,96	10 654,19	-11,24
Total región	1 098 512,64	1 218 665,14	10,94

Fuente: Estimación propia con datos de FAOSTAT.

Cuadro 14
Efectos de las proyecciones climáticas al 2050 en la producción de frutales

País	Promedio de producción anual en el período 1961-2014	Producción estimada a 2050	Diferencia entre producción estimada y promedio (en porcentajes)
Antigua y Barbuda	8 255,611	8 985,598	8,84
Bahamas	19 222,56	19 706,43	2,52
Barbados	2 985,759	5 587,669	87,14
Belice	181 165,1	128 092	-29,30
Dominica	65 723,33	41 151,31	-37,39
Granada	23 939,19	28 985,14	21,08
Guyana	45 715,87	54 111,77	18,37
Haití	982 937,6	547 862	-44,26
Jamaica	389 241,4	394 485	1,35
Saint Kitts y Nevis	1 380,056	1 364,738	-1,11
San Vicente y las Granadinas	49 812,46	21 834,09	-56,17
Santa Lucía	103 439,3	70 804,38	-31,55
Suriname	70 287,43	140 238,3	99,52
Trinidad y Tabago	69 099,04	60 358,56	-12,65
Total región	2 013 204,706	1 523 566,985	-24,32

Fuente: Estimación propia con datos de FAOSTAT.

Cuadro 15

Efectos de las proyecciones climáticas al 2050 en la producción de raíces y tubérculos

País	Promedio de producción anual en el periodo 1961-2014	Producción estimada a 2050	Diferencia entre producción estimada y promedio (en porcentajes)
Antigua y Barbuda	172,44	190,70	10,59
Bahamas	710,11	1 069,61	50,63
Barbados	5 897,5	5 882,05	-0,26
Belice	1 920,87	829,62	-56,81
Dominica	24 259,78	11 767,18	-51,50
Granada	3 131,44	3 501,16	11,81
Guyana	32 538,83	29 694,59	-8,74
Haití	50 4267,7	498 282,89	-1,19
Jamaica	177 403,6	199 937,36	12,70
Saint Kitts y Nevis	867,70	612,71	-29,39
San Vicente y las Granadinas	19 542,98	17 756,61	-9,14
Santa Lucía	7 273,13	7 198,06	-1,03
Suriname	3 659,89	3 677,61	0,48
Trinidad y Tabago	10 965,78	8 061,85	-26,48
Total región	792 611,75	788 462	-0,52

Fuente: Estimación propia con datos de FAOSTAT.**Notas:** Para Belice la estimación econométrica dio como resultado una producción estimada negativa. Dicho valor se sustituyó por el límite superior del intervalo de confianza al 95%.**Cuadro 16**

Efectos de las proyecciones climáticas al 2050 en la producción de vegetales

País	Promedio de producción anual en el periodo 1961-2014	Producción estimada a 2050	Diferencia entre producción estimada y promedio (en porcentajes)
Antigua y Barbuda	1 783,41	1 969,31	10,42
Bahamas	24 344,7	22 726,82	-6,65
Barbados	8 316,17	65,17	-99,22
Belice	5 925,5	10 140,57	71,13
Dominica	5 733,57	1 096,49	-80,88
Granada	2 497,39	2 561,15	2,55
Guyana	22 126,7	29 059,89	31,33
Haití	224 005,3	242 516,95	8,26
Jamaica	136 568,7	120 346,90	-11,88
Saint Kitts y Nevis	602,57	1 013,20	68,15
San Vicente y las Granadinas	3 218,96	4 178,54	29,81
Santa Lucía	1 248,96	1 471,90	17,85
Suriname	13 989,44	13 654,06	-2,40
Trinidad y Tabago	19 398,44	20 306,08	4,68
Total región	469 759,81	471 107,03	0,29

Fuente: Estimación propia con datos de FAOSTAT.

Cuadro 17
Efectos de las proyecciones climáticas al 2050 en la producción de legumbres

País	Promedio de producción anual en el período 1961-2014	Producción estimada a 2050	Diferencia entre producción estimada y promedio (en porcentajes)
Antigua y Barbuda	0	-	-
Bahamas	0	-	-
Barbados	810,65	706,81	-12,81
Belice	2 417	2 510,68	3,88
Dominica	91,65	52,86	-42,32
Granada	0	-	-
Guyana	893,26	1 064,22	19,14
Haití	34 425,04	31 636,21	-8,10
Jamaica	2 953,74	4 493,02	54,97
Saint Kitts y Nevis	162,44	161,90	-0,33
San Vicente y las Granadinas	312,89	292,12	-6,64
Santa Lucía	47	52,48	11,66
Suriname	125,04	123,48	-1,25
Trinidad y Tabago	669,80	850,71	27,01
Total región	42 908,51	41 944,49	-2,25

Fuente: Estimación propia con datos de FAOSTAT.

Cuadro 18
Efectos de las proyecciones climáticas al 2050 en la producción de oleaginosas

País	Promedio de producción anual en el período 1961-2014	Producción estimada a 2050	Diferencia entre producción estimada y promedio (en porcentajes)
Antigua y Barbuda	238,96	238,96	93,29
Bahamas	228,13	228,13	-
Barbados	1 647,43	1 647,43	3,00
Belice	2 712,48	2 712,48	74,74
Dominica	12 145,74	12 145,74	-
Granada	7 098,11	7 098,11	-3,22
Guyana	57 475,17	57 475,17	0,76
Haití	59 820,43	59 820,43	16,10
Jamaica	180 664,6	180 664,6	-10,96
Saint Kitts y Nevis	1 818,35	1 818,35	61,21
San Vicente y las Granadinas	15 714,54	15 714,54	-14,95
Santa Lucía	23 664,65	23 664,65	-
Suriname	16 617,54	16 617,54	4,25
Trinidad y Tabago	25 374,69	52 374,69	-
Total región	432 220,82	432 220,82	15,18

Fuente: Estimación propia con datos de FAOSTAT.

Notas: Para Belice y Saint Kitts y Nevis la estimación econométrica dio como resultado una producción estimada negativa. Dicho valor se sustituyó por el límite superior del intervalo de confianza al 95%.

Cuadro 19

Efectos de las proyecciones climáticas al 2050 en la producción agrícola de la región

Producto agrícola	Promedio de producción anual en el período 1961-2014	Producción estimada a 2050	Diferencia entre producción estimada y promedio (en porcentajes)
Cultivos primarios	12 074 519,85	11 198 489,73	-7,26
Granos y cereales	1 098 512,64	1 218 665,14	10,94
Frutales	2 013 204,706	1 523 566,985	-24,32
Raíces y tubérculos	792 611,75	788 462	-0,52
Vegetales	469 759,81	471 107,03	0,29
Legumbres	42 908,51	41 944,49	-2,25
Oleaginosas	432 220,82	432 220,82	15,18
Producción total	16 949 911,77	15 765 789,05	-6,99

Fuente: Estimación propia con base en los cuadros 4-10.

IV. Conclusiones y comentarios generales

Los principales resultados de este estudio muestran que el cambio climático, específicamente los cambios en temperatura y precipitación, pueden tener impactos importantes en la producción agrícola de los países de la región del Caribe.

A nivel regional hacia el 2050, los impactos esperados del cambio climático agregados para todos los cultivos representan una caída del 7% respecto a la producción promedio del período 1961-2014. Sin embargo los cambios en patrones de temperatura y precipitaciones no afectarán de manera similar a todos los cultivos. Así, hacia el 2050 se espera en los frutales una disminución de la producción de 24,32%, mientras que las oleaginosas podrían incrementar su producción en 15%.

A nivel país, el más afectado sería Dominica. Sobre la base de las proyecciones climáticas utilizadas, Dominica se hará significativamente más seca con un 25,5% de disminución en las precipitaciones y un incremento en las temperatura promedio de 2,8 grados. En estas condiciones, la isla podría tener grandes pérdidas en producción de vegetales (81%), raíces y tubérculos (51%), legumbres, (42%) y frutales (37%). Sin embargo es necesario indicar que escenarios climáticos más moderados como aquellos presentados en la segunda comunicación nacional, podrían representar menores caídas en la productividad de los cultivos. No obstante independientemente de los escenarios utilizados, las condiciones futuras están sujetas a considerables niveles de incerteza y el impacto del cambio climático sobre la agricultura de Dominica no ha sido cuantificado con anterioridad debido a la falta de datos primarios, pero se considera que los incrementos de temperatura previstos por escenarios moderados sobrepasarán los niveles de tolerancia de muchos cultivos en la isla resultando en graves pérdidas para los agricultores (Dominica, Segunda Comunicación Nacional 2012).

El impacto del cambio climático sobre la agricultura puede incluso ser mayor, de incluirse los potenciales efectos de eventos climáticos extremos. En términos generales se espera que la frecuencia e intensidad de los eventos extremos y desastres en el Caribe se incrementen en los próximos años y afecten significativamente al sector agrario. Esto ha sido puesto de manifiesto durante la última temporada de huracanes, con el huracán María dañando el 80% de los cultivos de Puerto Rico y destruyendo por completo la agricultura de Dominica (CARICOM 2017).

Impactos de esta magnitud tienen efectos colaterales significativos en las economías, el bienestar social y el medio ambiente considerando la relevancia de las actividades agrícolas en el Caribe en términos de su contribución al PIB, al empleo, a los ingresos de las áreas rurales, a la evolución de la pobreza y su contribución a la seguridad alimentaria. La región del Caribe muestra una clara condición asimétrica con respecto al cambio climático. Esto es, su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero es ciertamente marginal pero, al mismo tiempo, es una región particularmente vulnerable (ver e.g. ECLAC 2011. CEPAL 2014). En este sentido es relevante el promover una agenda de adaptación y mitigación del cambio transversal que involucre no solamente al sector agrícola sino que forme parte de planes de desarrollo y de gestión de riesgo de desastres.

En virtud de ello, los países del Caribe e.g. Guyana, Granada, Jamaica y Trinidad y Tabago están implementando políticas y planes de acción nacional sobre el cambio climático enmarcados dentro de estrategias de desarrollo, y a nivel regional se están realizando grandes avances para la planificación del desarrollo compatible con el Clima (CCCCC 2014) y para la formulación de la Estrategia Caribeña para la Gestión Integral de Desastres 2014-2024 la cual reconoce las relaciones entre la gestión de desastres, el desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático del sector agrícola.

Los resultados de este estudio contribuyen con información respecto a los efectos diferenciados del cambio climático entre los países del Caribe y los impactos que los cambios en patrones de

precipitación y temperatura tendrán sobre la productividad de los cultivos, encontrándose en algunos casos efectos positivos particularmente en el grupo de oleaginosas y granos y cereales. La existencia de potenciales impactos positivos del cambio climático en el Caribe, particularmente a corto plazo ya ha sido identificada, pero al tratarse de efectos no lineales las estimaciones presentan alto nivel de incertidumbre (e.g. CEPAL 2014). Estudios previos (e.g. Witter 2011, Kirton 2011, Hutchinson 2011) indican el impacto de cambios en las variables climáticas sobre la productividad de cultivos tales como arroz, caña de azúcar, bananas en el Caribe, los cuales son consistentes con nuestros hallazgos, sin embargo es importante resaltar que la metodología utilizada —la cual se definió sobre la base de la información disponible— no permite incorporar los efectos de procesos de adaptación al cambio climático del sector agrícola, e.g. inversión en infraestructura de riego, o adopción de prácticas de agricultura climáticamente inteligente, por lo que las estimaciones deben tomarse con precaución y ser consideradas como una línea base del nivel de impacto del cambio climático sobre la producción agrícola de no tomarse acciones al respecto. Los tomadores de decisión del sector agrícola, requieren evaluaciones del impacto del cambio climático para la formulación de políticas públicas, definir sus prioridades de inversión y para estimar sus ventajas comparativas para la producción de alimentos. En este sentido, los resultados son una primera aproximación, pero es importante resaltar que estudios más precisos requieren plataformas y modelos no disponibles para todos los países del Caribe debido a limitaciones de datos económicos, climáticos y de cultivos, por lo que es necesario realizar también inversiones en la generación y sistematización de información, análisis científico y comunicación de los hallazgos.

Bibliografía

- Caricom 2017. 'Agriculture in Dominica, as we know it, now ceases to exist' – OECS Commissioner. Caricom Today. September 29. 2017. Available at <http://today.caricom.org/2017/09/27/agriculture-in-dominica-as-we-know-it-now-ceases-to-exist-oecs-commissioner/>.
- CCCCC 2009. Climate Change and the Caribbean: a regional Framework for achieving development resilient to Climate Change (2009-2015) Caribbean Community Climate Change Centre (CCCCC. Belmapan, Belize. Available at <http://www.caribbeanclimate.bz/ongoing-projects/2009-2021-regional-planning-for-climate-compatible-development-in-the-region.html>.
- CEPAL (2014) “*La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*”. (LC/G.2624), Santiago, Chile.
- (2011), *The Economics of Climate Change In the Caribbean*. United Nations Economic Commission for Latin America and The Caribbean. Subregional Headquarters for the Caribbean, Port-of-Spain, Trinidad and Tobago.
- (2010), “*La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2010*”. (LC/G.2474), Santiago.
- Cline, William R. (2007), *Global warming and agriculture: impact estimates by country*, Peterson Institute.
- Cunha, D. A., A. B. Coelho, J. G. Féres y M. J. Braga (2011) “Impacts of climate change on Brazilian agriculture: An analysis of irrigation as an adaptation strategy”. In: Prvoslav Marjanović (ed.) *Proceedings of 1st Climate Change, Economic Development, Environment and People Conference*. Educons University, Vojvode Putnika bb, Sremska Kamenica.
- Dominica segunda comunicación nacional 2012. Available at. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/dmanc2.pdf>.
- Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., y White, L.L. (Eds.). (2014). IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. *Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. N. y Van Velhuizen, H. (2005). Socio-economic and Climate Change Impacts on Agriculture: an Integrated Assessment, 1990–2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2067-2083.
- Fraser, M. W., G. A. Kendrick, J. Statton, R. K. Hovey, A. Zavala-Perez y D. I. Walker (2014). “Extreme climate events lower resilience of foundation seagrass at edge of biogeographical range”, *Journal of Ecology*, 102(6), 1528-1536.
- Galindo, L.M., Caballero, K. Vega, E. y Lomeli, L (2017) Políticas públicas y costos económicos del cambio climático en la Ciudad de México, inédito.
- Galindo, L. M., J. E. Alatorre y O. Reyes (2015) “Adaptación al cambio climático a través de la elección de cultivos en Perú”, *El Trimestre Económico*, 82(327), 489-519.
- Galindo, Luis Miguel, Orlando Reyes y José Eduardo Alatorre (2015), «Climate change, irrigation and agricultural activities in Mexico: A Ricardian analysis with panel data.», *Journal of Development and Agricultural Economics*, vol. 7(7), julio.
- Galindo, L. M., J. Samaniego, J. E. Alatorre y J. Ferrer (2014) “*Procesos de adaptación al cambio climático. Análisis de América Latina*”. Estudios del cambio climático en América Latina (LC/W.647), Santiago, Chile.
- Galindo, Luis Miguel (2009), *La economía del cambio climático en México: Síntesis.*, México, Secretaría de Hacienda y Crédito Público; México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Gonzalez, R. and J. Velasco (2008) “Evaluation of the Impact of Climatic Change on the Economic Value of Land in Agricultural Systems in Chile”, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(1), 56-68.
- Hutchinson, S. (2011). An Assessment of the Economic Impact of Climate Change on the Agriculture Sector in Trinidad and Tobago. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- Kirton, C. (2011). An Assessment of the Economic Impact of Climate Change on the Agriculture Sector in Guyana. ECLAC.
- López Feldman, A y Hernández, D. (2016) Cambio climático y agricultura: Una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre Económico*, 332: 459-496.
- López Feldman, A. (2015). Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Lozanoff, J. y E. Cap (2006) “Impact of climate change over Argentine agriculture: An economic study”, Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INIA).

- Mendelsohn, R. O. (2009) "The impact of climate change on agriculture in developing countries", *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1), 5-19.
- (2000) "Country-specific market impacts of climate change", *Climatic Change*, 45(3-4), 553-569.
- Mendelsohn, R. O. y N. Seo (2007a) "A structural Ricardian analysis of climate change impacts and adaptations in South American farms", documento presentado en el Environmental Economics Seminar, 2007.
- (2007b) "Changing farm types and irrigation as an adaptation to climate change in Latin American agriculture". Policy Research Working Papers No. 4161, World Bank.
- Mendelsohn, R. O., J. Arellano and P. Christensen (2010) "A Ricardian analysis of Mexican farms," *Environment and Development Economics*, 15(2), 153-171.
- Mendelsohn, R. O., P. Kurukulasuriya, A. Basist, F. Kogan y C. Williams (2007c) "Climate analysis with satellite versus weather station data", *Climatic Change*, 81(1) 71-83.
- Ramírez, D., Ordaz, J., Mora, J. (2010) Istmo Centroamericano: Efectos del Cambio Climático Sobre la Agricultura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Sanghi, A. (1998) "Global Warming and Climate Sensitivity: Brazilian and Indian Agriculture". Ph.D. Dissertation, University of Chicago, Department of Economics, Chicago.
- Sanghi, A. y R. O. Mendelsohn (2008) "The impacts of global warming on farmers in Brazil and India", *Global Environmental Change*, 18(4), 655-665.
- Seo, N. y R. O. Mendelsohn (2007) "An Analysis of Crop Choice: Adapting to Climate Change in Latin American Farms", Washington, D.C., Banco Mundial.
- Seo, S. N. (2011) "An analysis of public adaptation to climate change using agricultural water schemes in South America", *Ecological Economics*, 70(4), 825-834.
- Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. y Midgley, P.M. (Eds.). (2013). *IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Timmins, C. (2006) "Endogenous land use and the ricardian valuation of climate change", *Environmental and Resource Economics*, 33(1), 119-142.
- Tubiello, F. N., y Rosenzweig, C. (2008). Developing climate change impact metrics for agriculture. *Integrated Assessment*, 8 (1).
- Witter, M. (2011). *An Assessment of the Economic Impact of Climate Change on the Agriculture Sector in Jamaica*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).

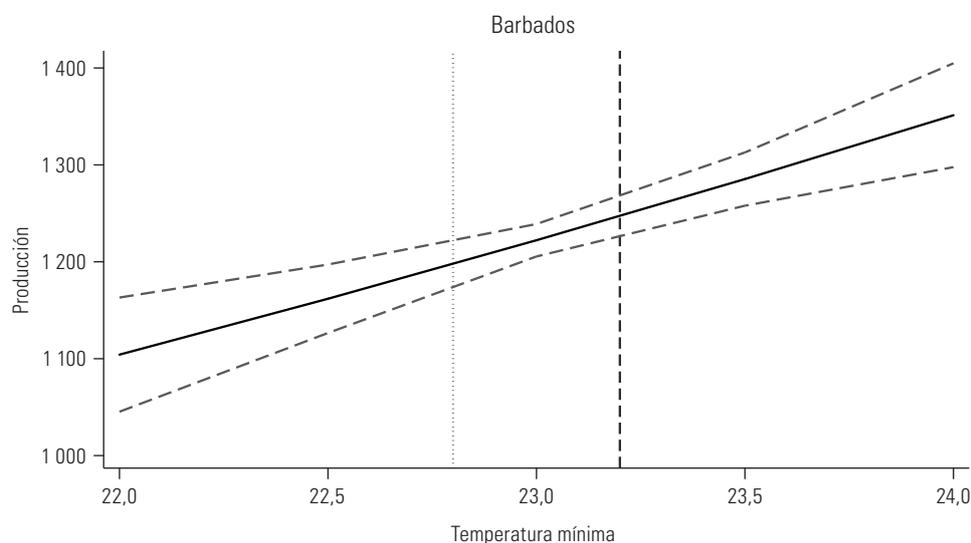
Anexos

Anexo 1

Representación gráfica de la relación entre variables climáticas y producción, por país y grupo de cultivos

Gráfico A.1

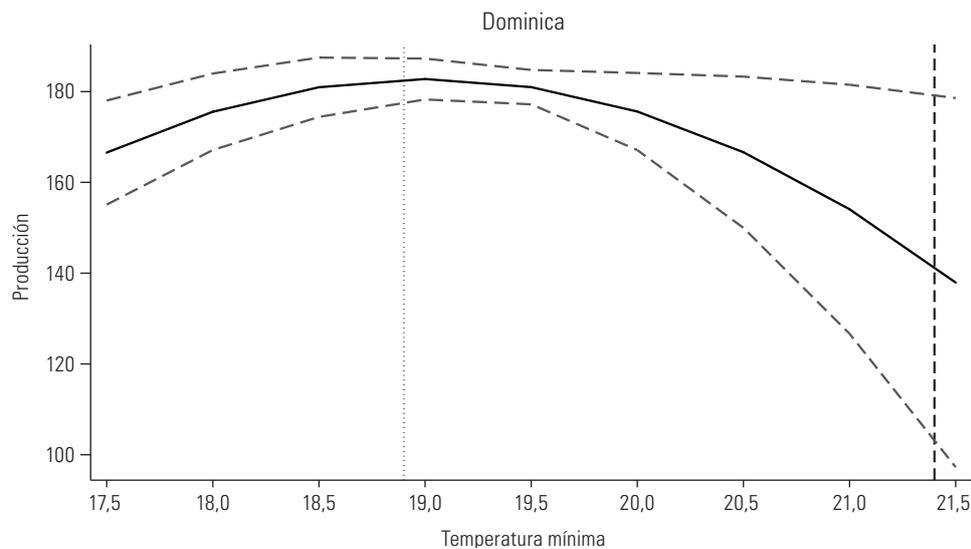
Producción de granos y cereales ante variaciones en temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

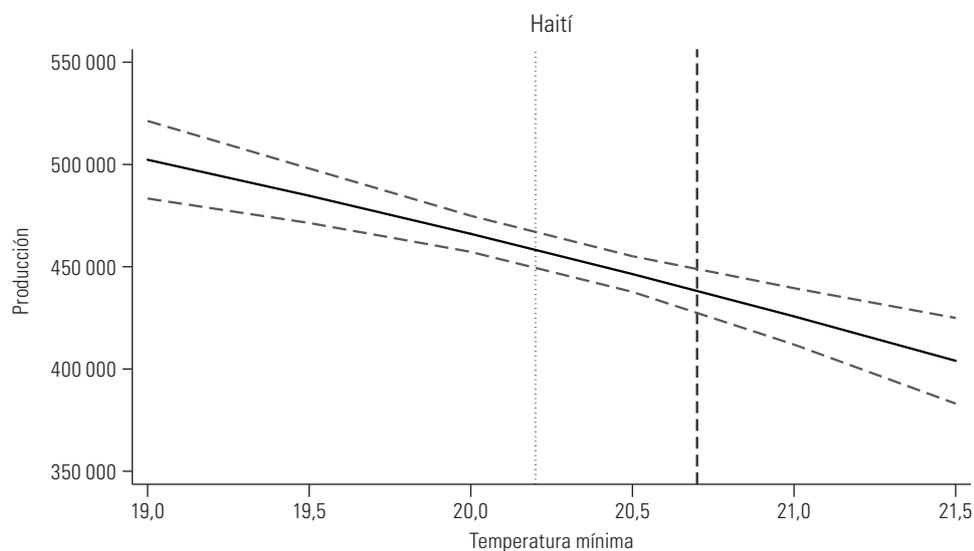
Gráfico A.2

Producción de granos y cereales ante variaciones en temperatura mínima



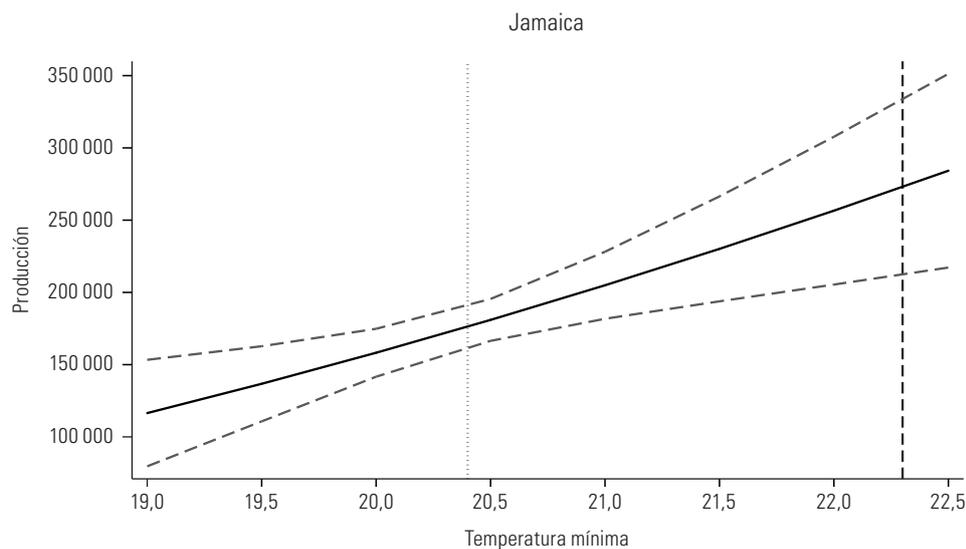
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.3
Producción de granos y cereales ante variaciones en temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

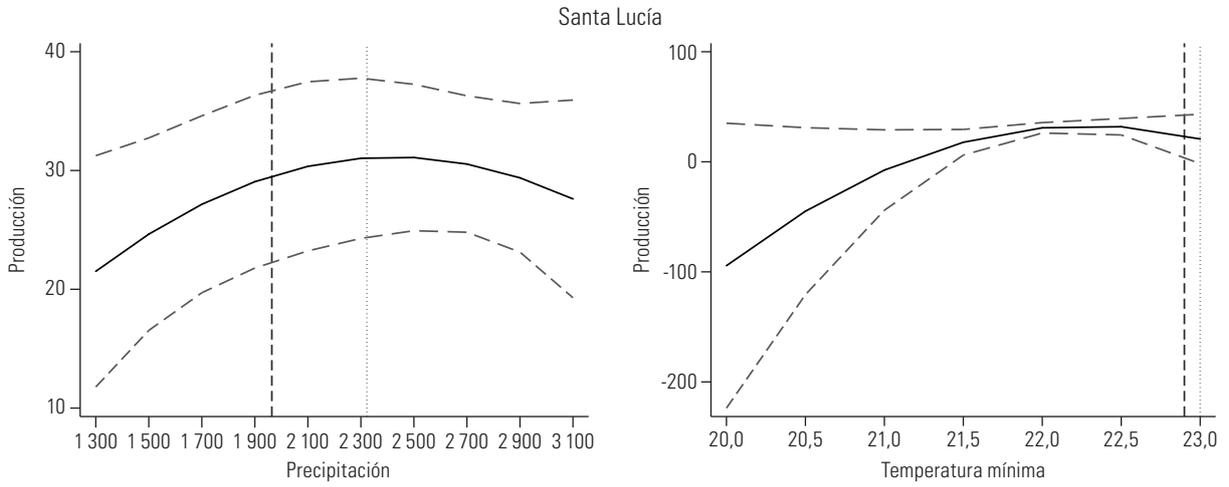
Gráfico A.4
Producción de granos y cereales ante variaciones en temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.5

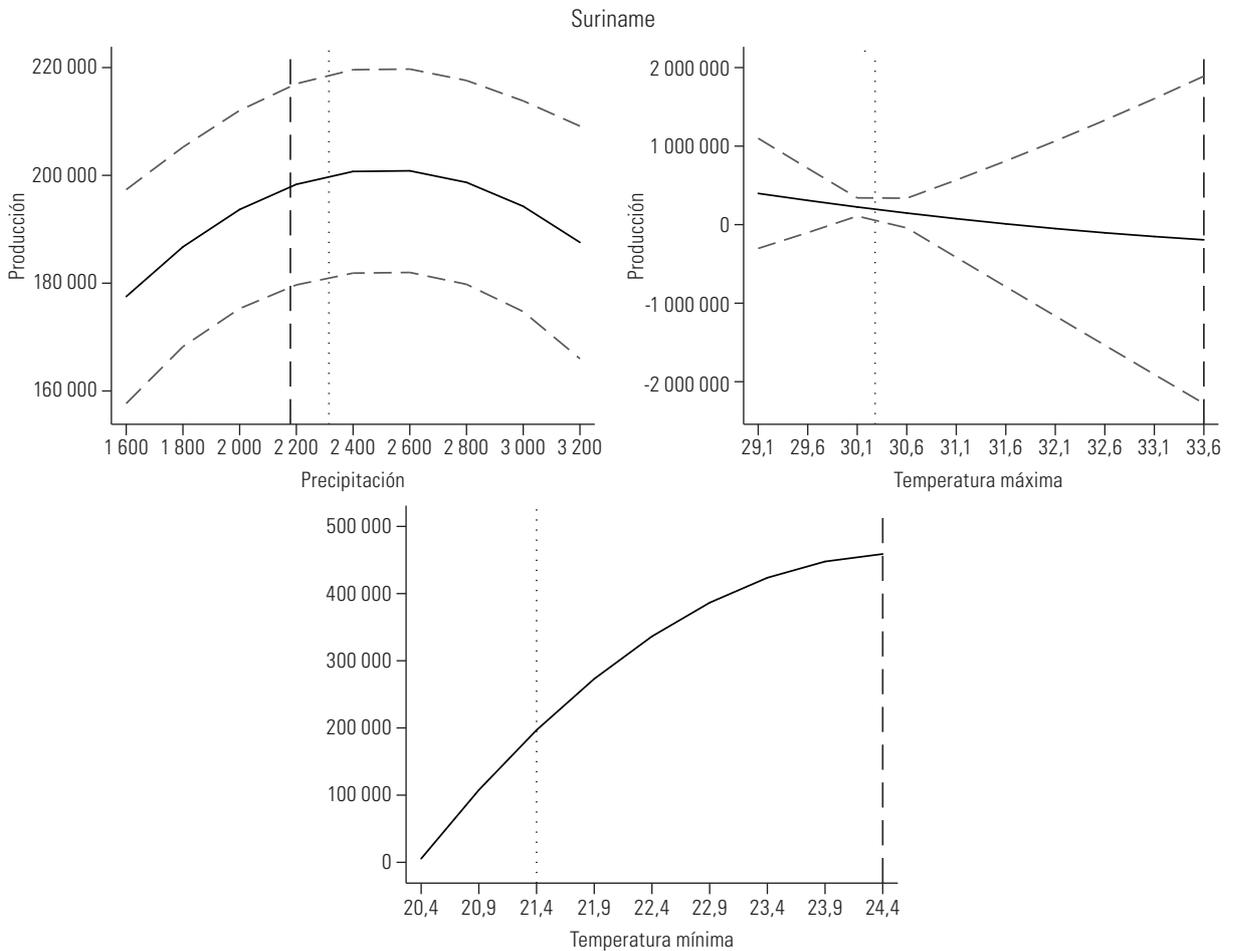
Producción de granos y cereales ante variaciones en precipitación y temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

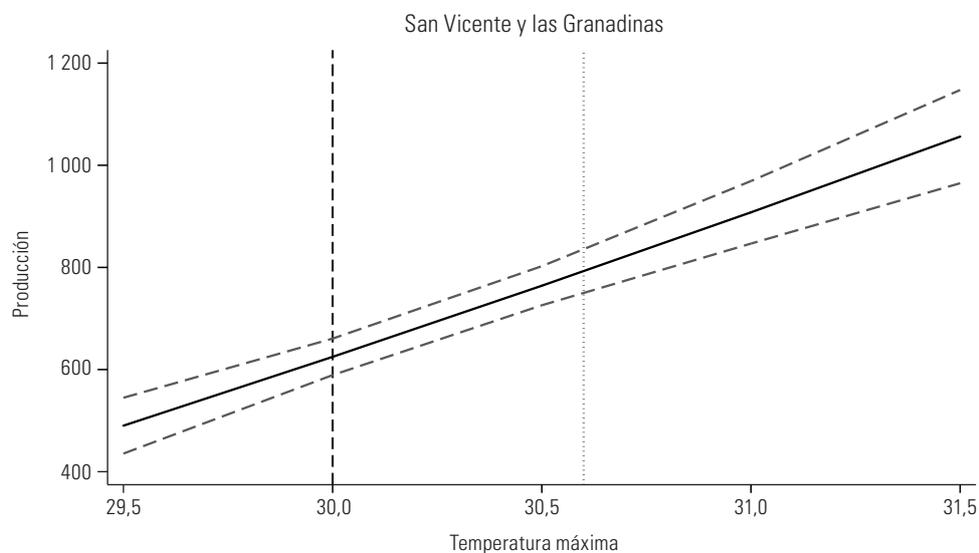
Gráfico A.6

Producción de granos y cereales ante variaciones en precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima



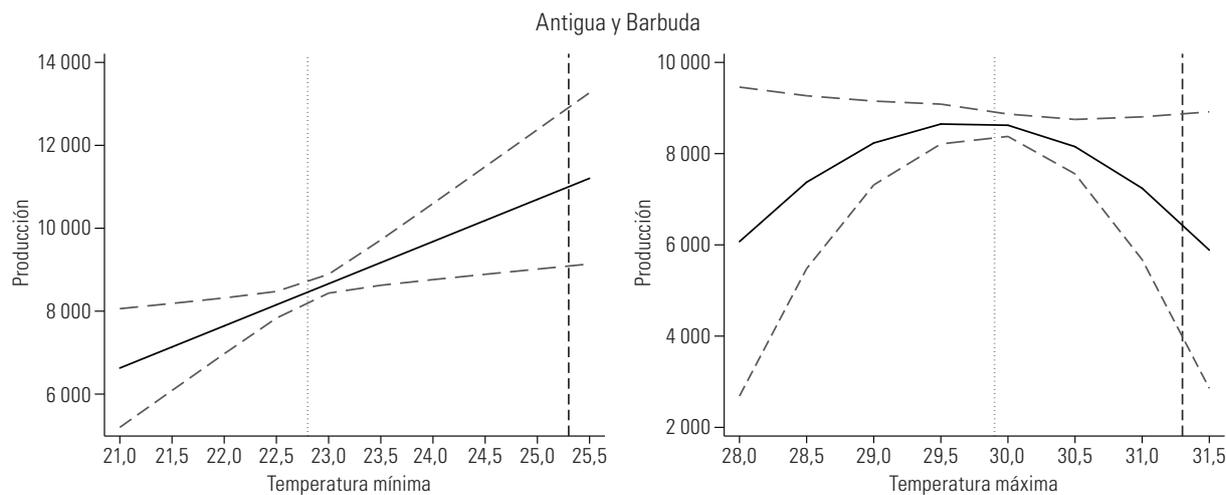
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.7
Producción de granos y cereales ante variaciones en temperatura máxima



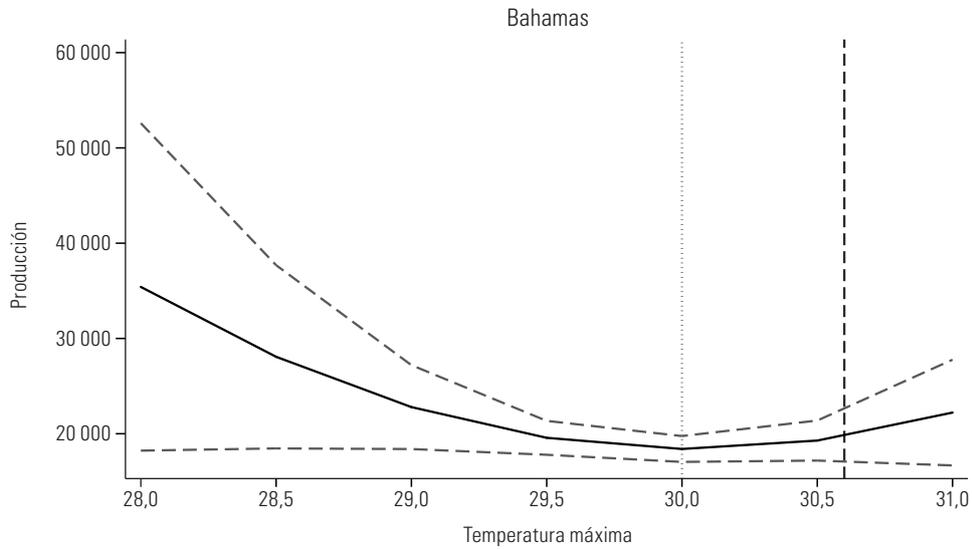
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.8
Producción de frutales ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



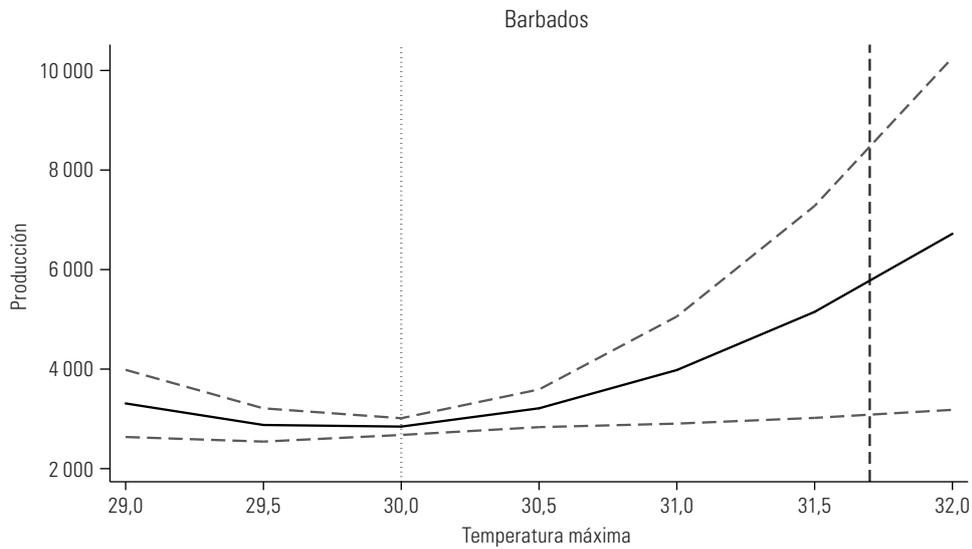
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.9
Producción de frutales ante variaciones en temperatura máxima



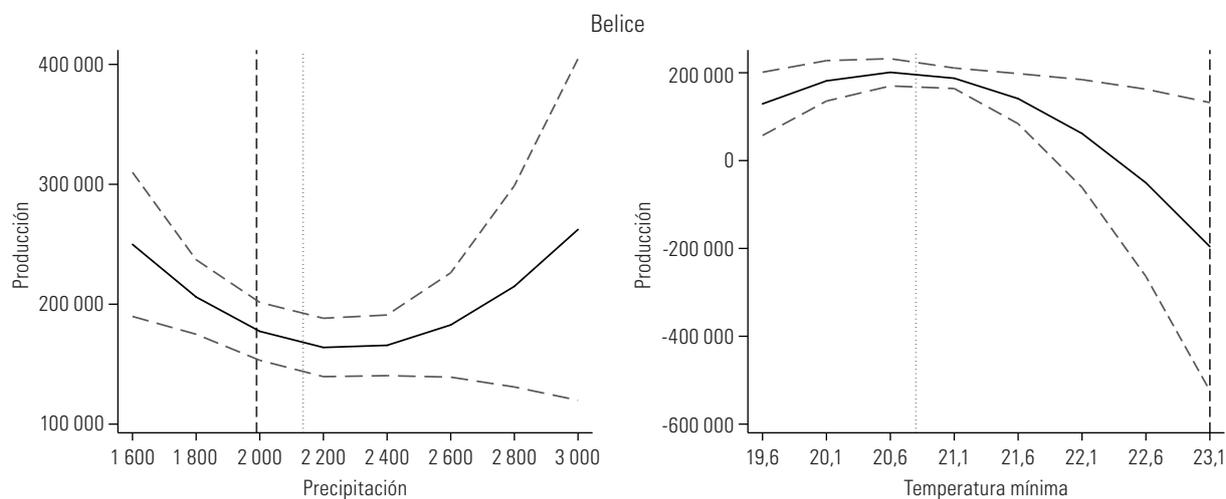
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.10
Producción de frutales ante variaciones en temperatura máxima



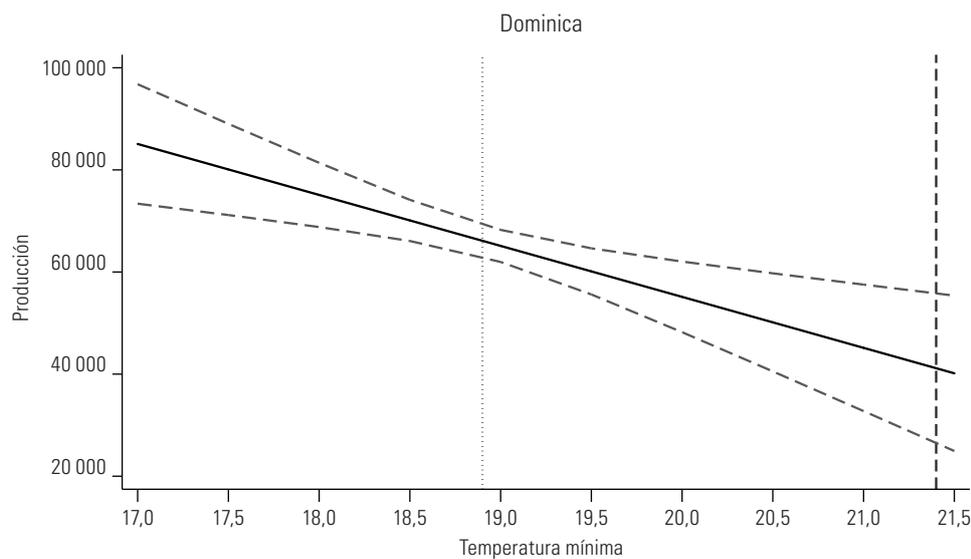
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.11
Producción de frutales ante variaciones en precipitación y temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

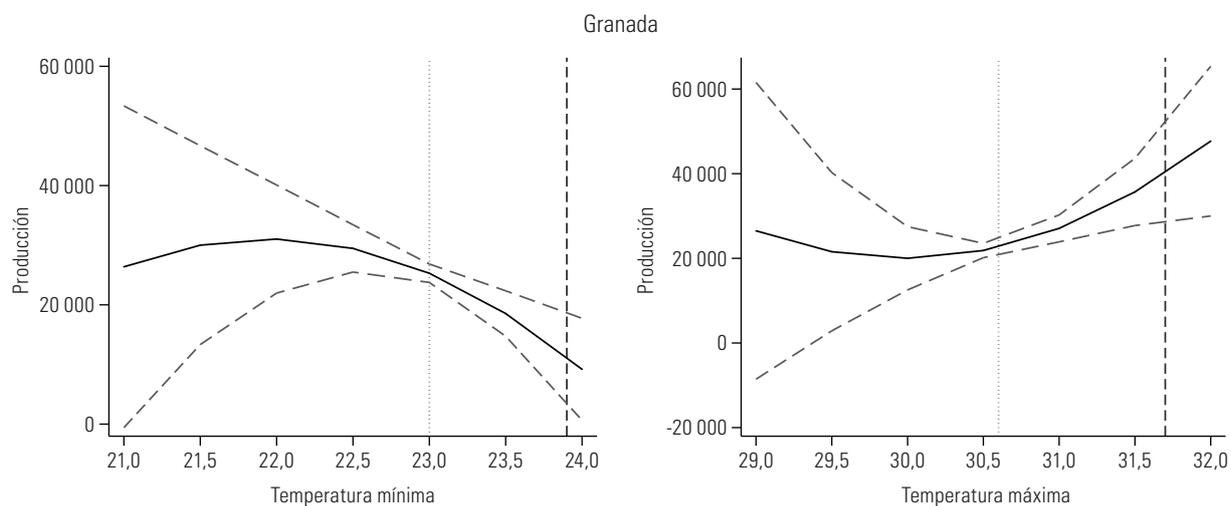
Gráfico A.12
Producción de frutales ante variaciones en temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.13

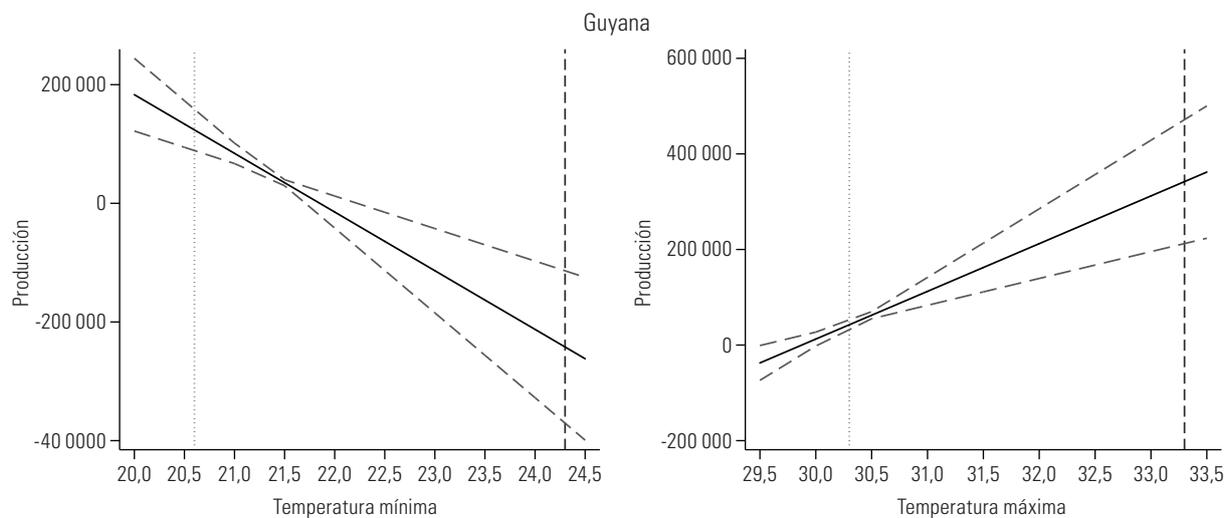
Producción de frutales ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

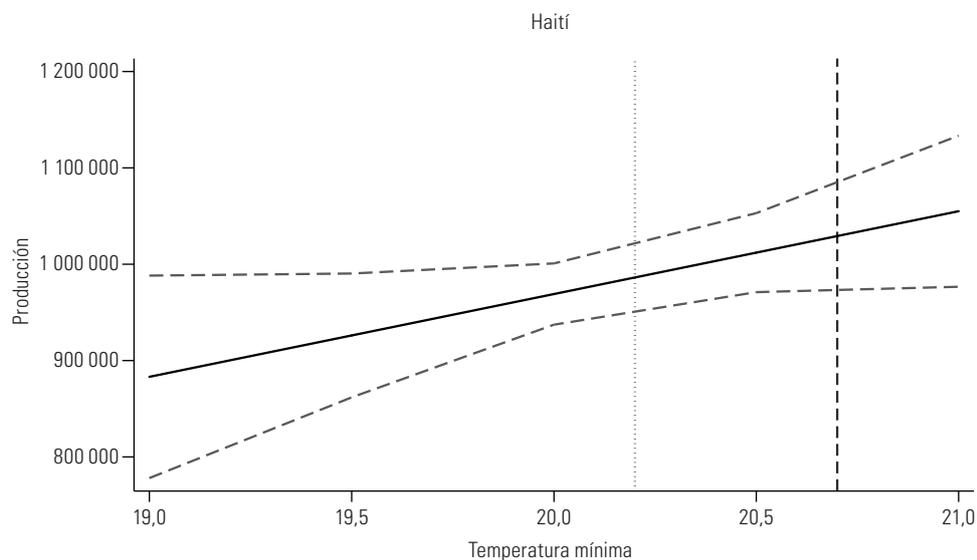
Gráfico A.14

Producción de frutales ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



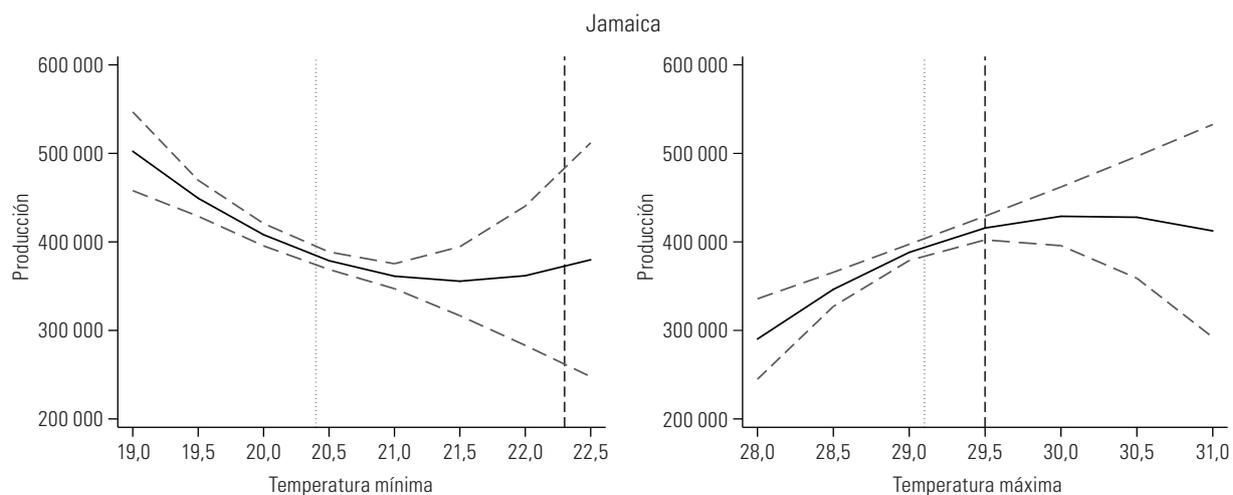
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.15
Producción de frutales ante variaciones en temperatura mínima



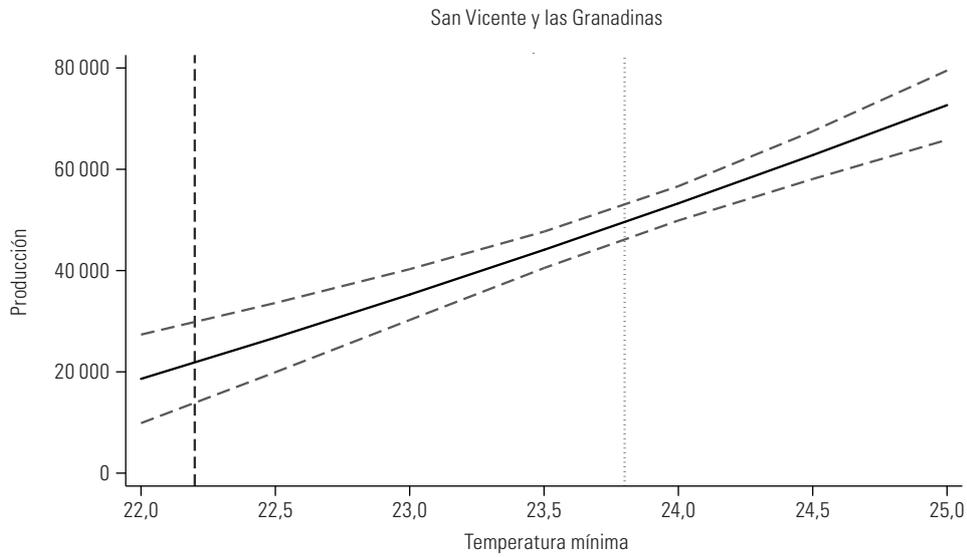
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.16
Producción de frutales ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



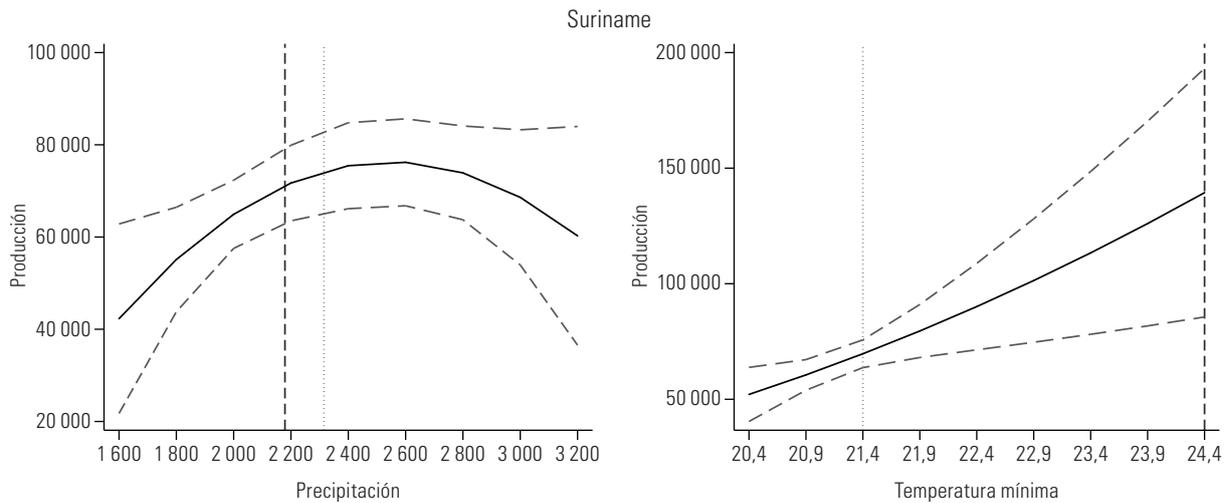
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.17
Producción de frutales ante variaciones en temperatura mínima



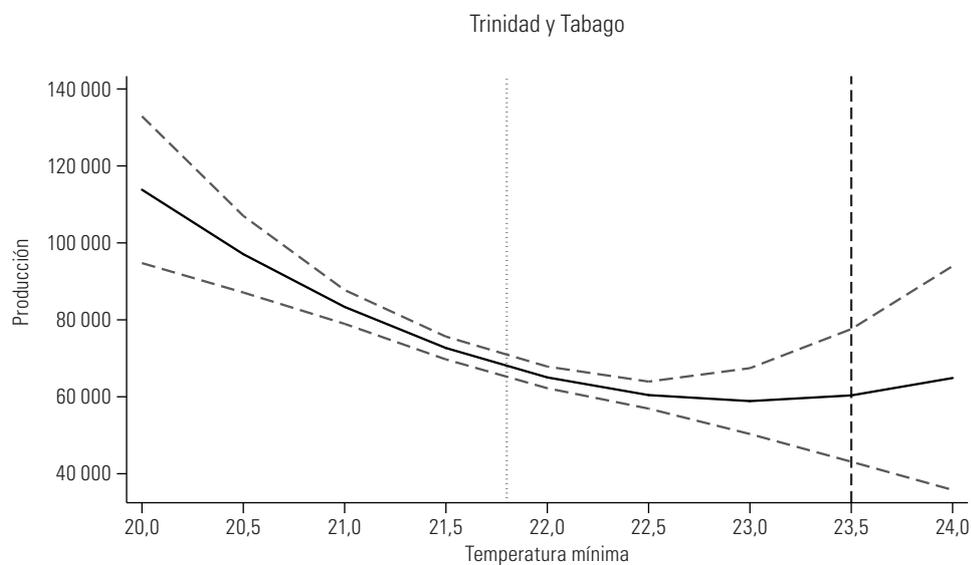
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.18
Producción de frutales ante variaciones en precipitación y temperatura mínima



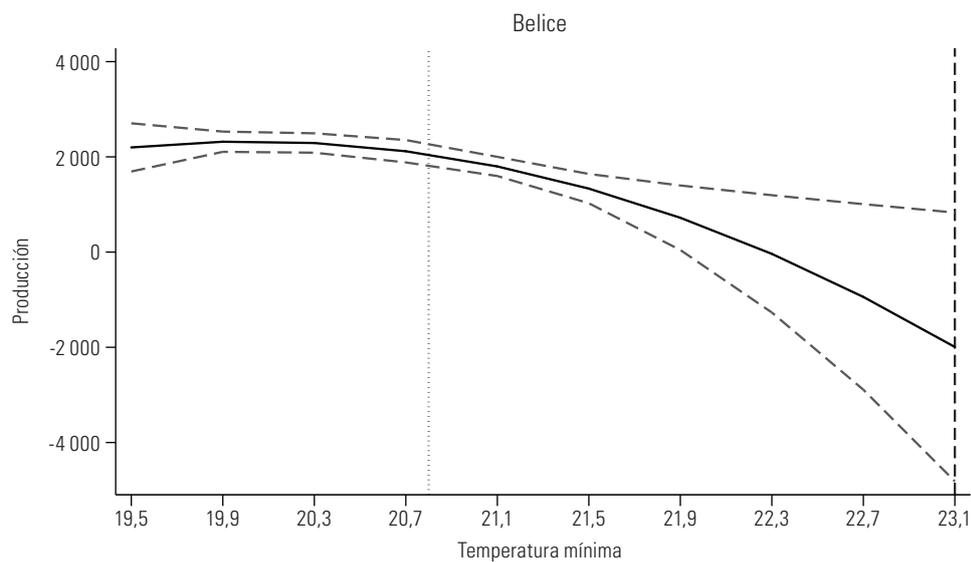
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.19
Producción de frutales ante variaciones en temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

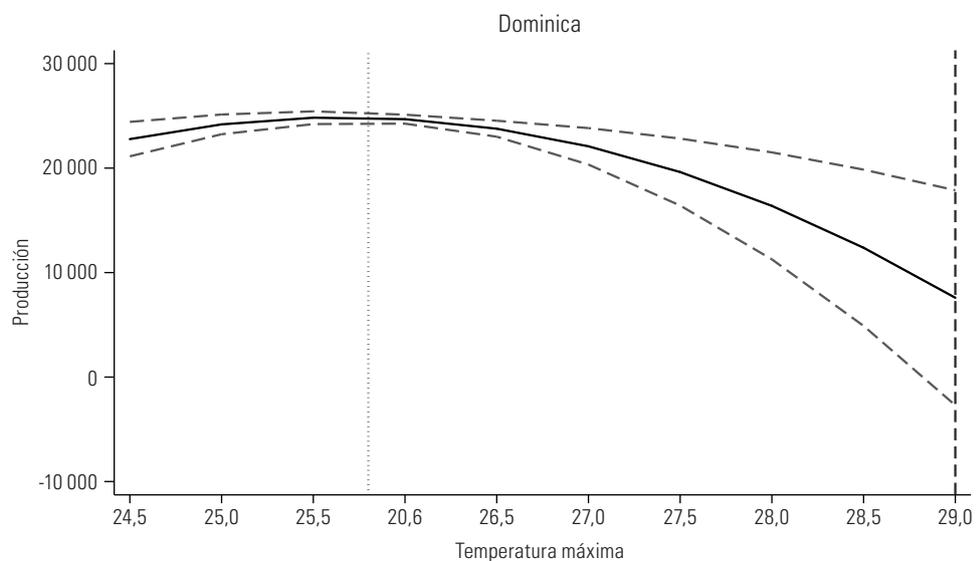
Gráfico A.20
Producción de raíces y tubérculos ante variaciones en temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.21

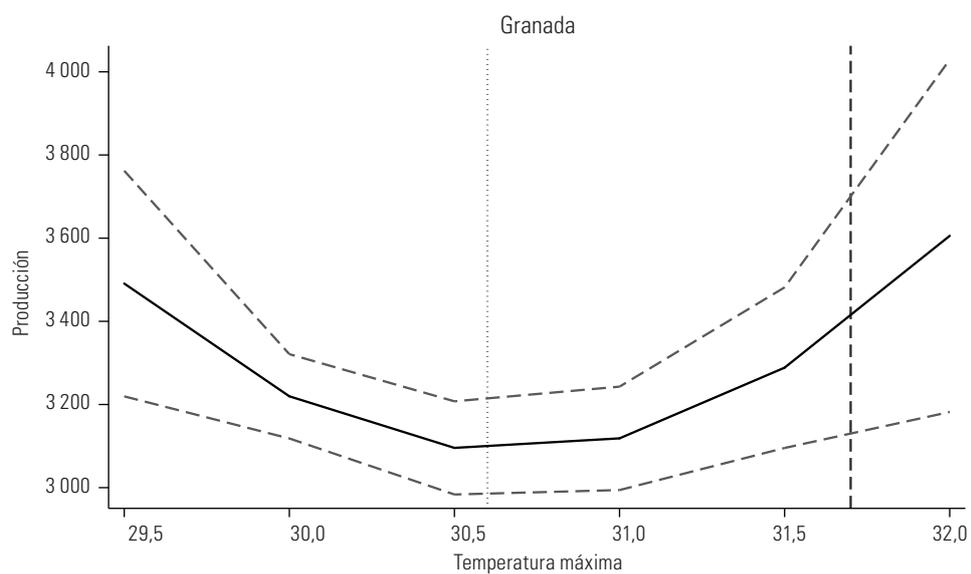
Producción de raíces y tubérculos ante variaciones en temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

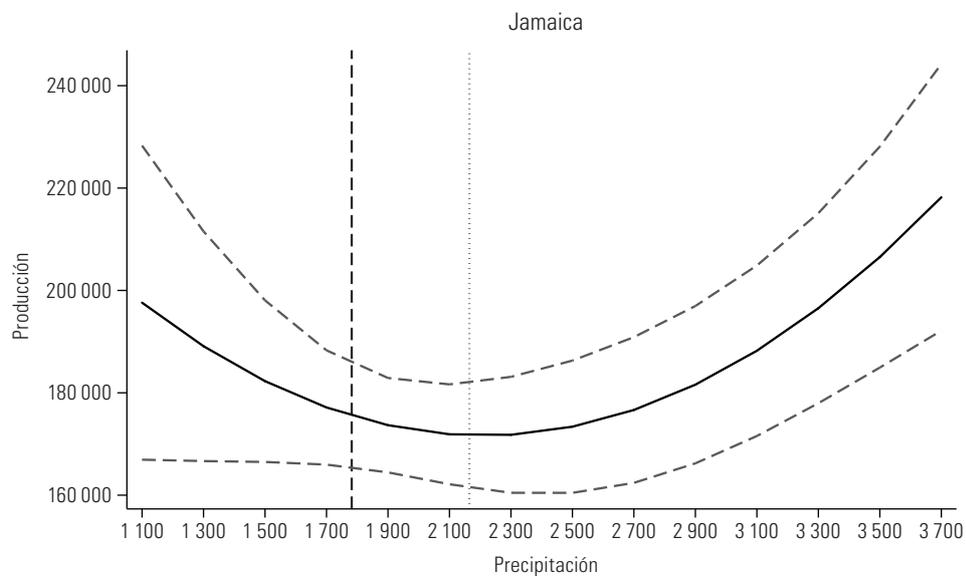
Gráfico A.22

Producción de raíces y tubérculos ante variaciones en temperatura máxima



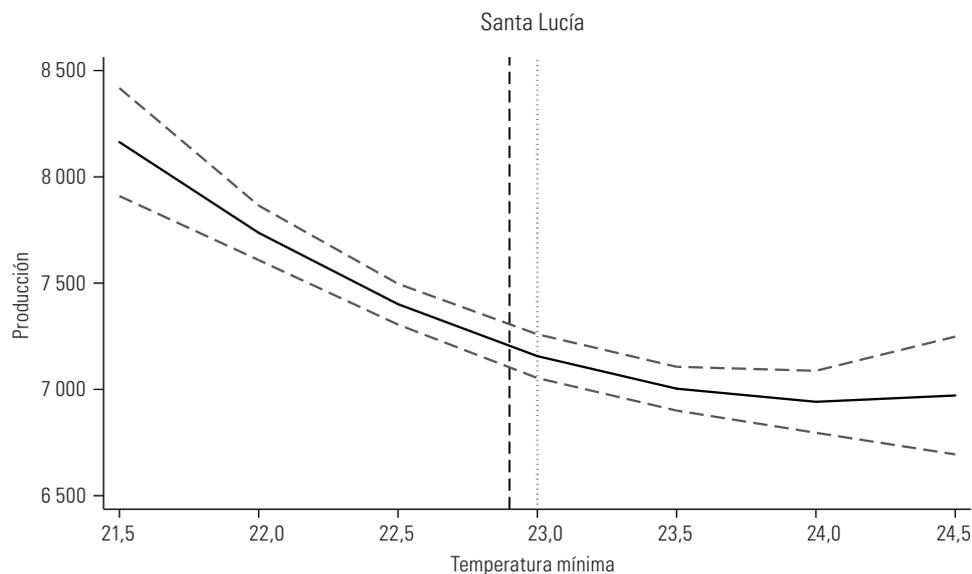
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.23
Producción de raíces y tubérculos ante variaciones en precipitación



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

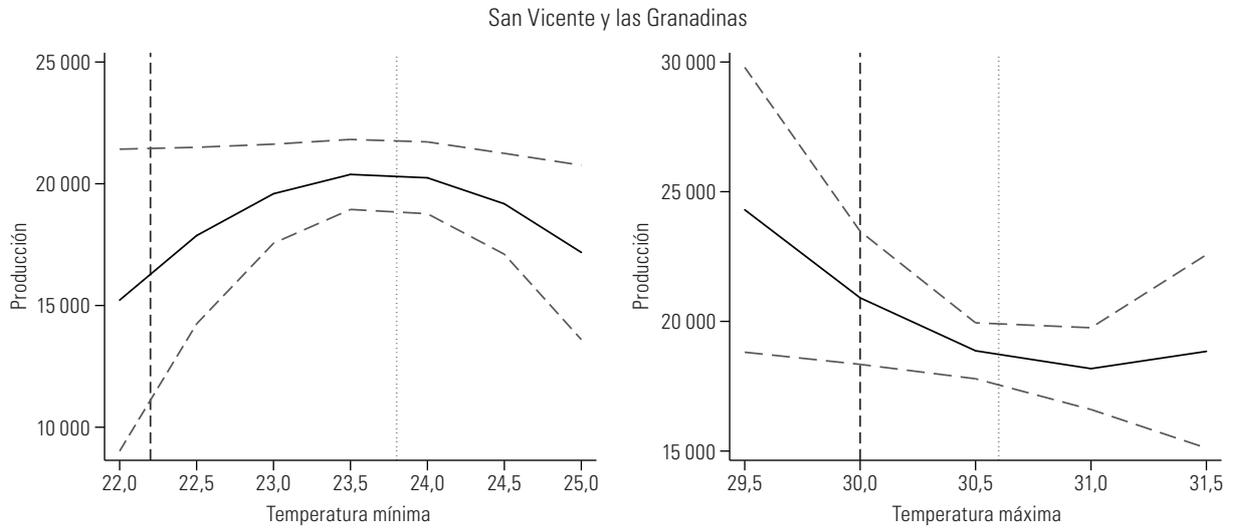
Gráfico A.24
Producción de raíces y tubérculos ante variaciones en temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.25

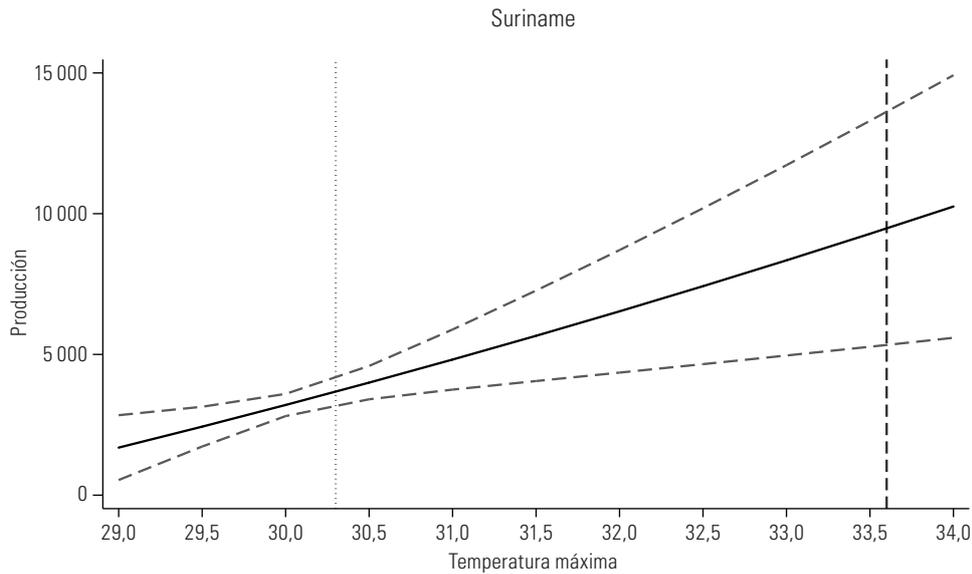
Producción de raíces y tubérculos ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.26

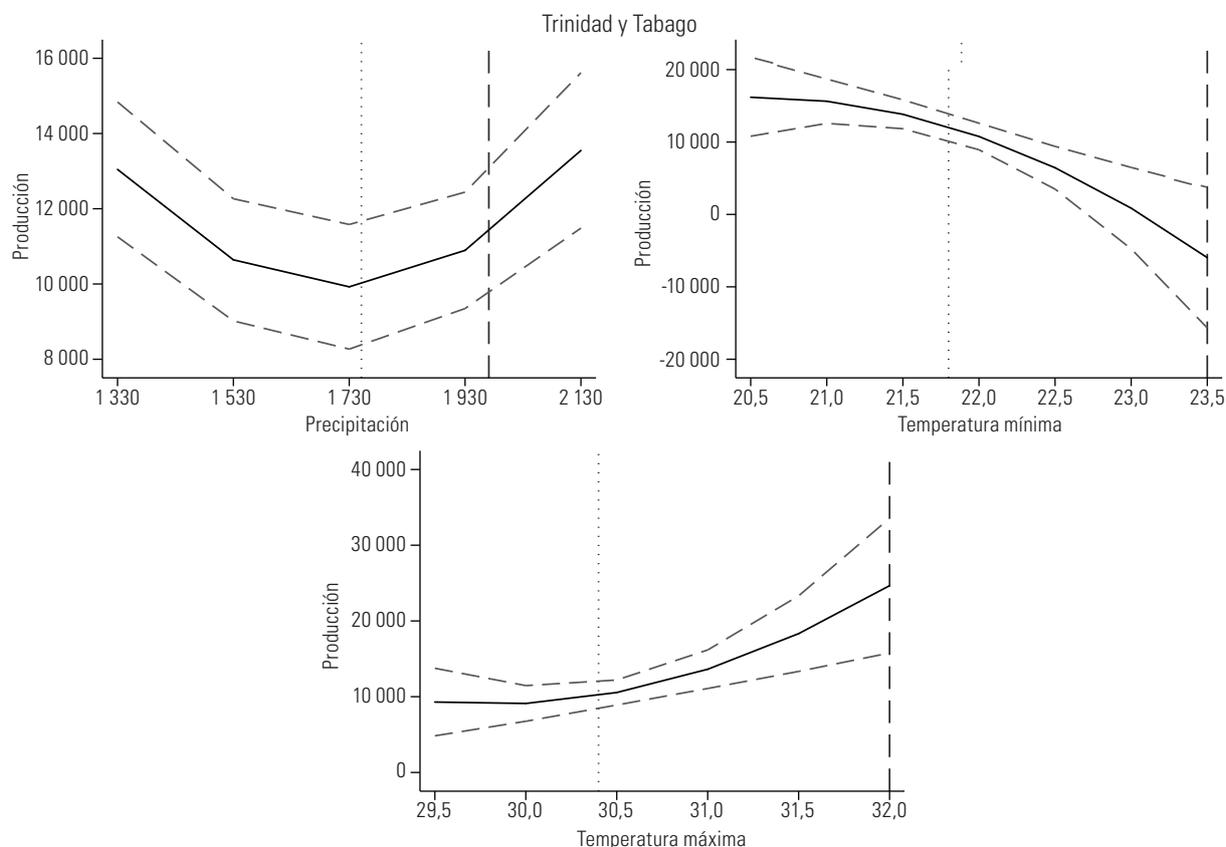
Producción de raíces y tubérculos ante variaciones en temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.27

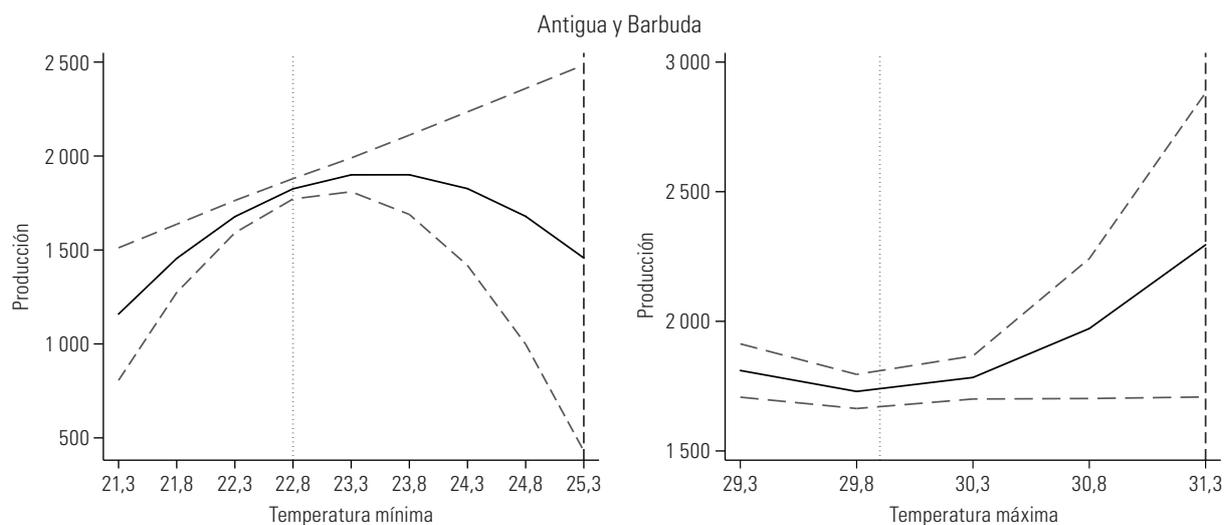
Producción de raíces y tubérculos ante variaciones en precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

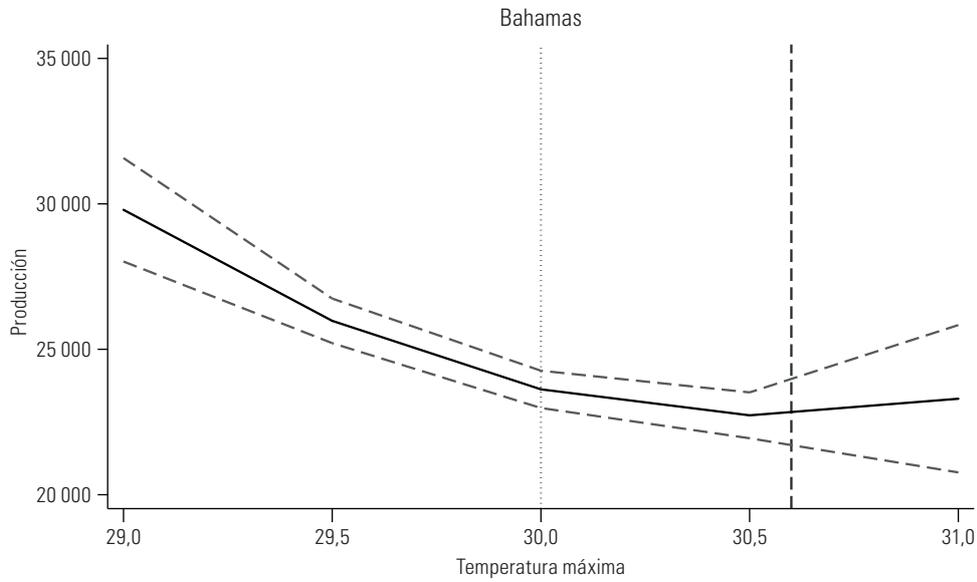
Gráfico A.28

Producción de vegetales ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



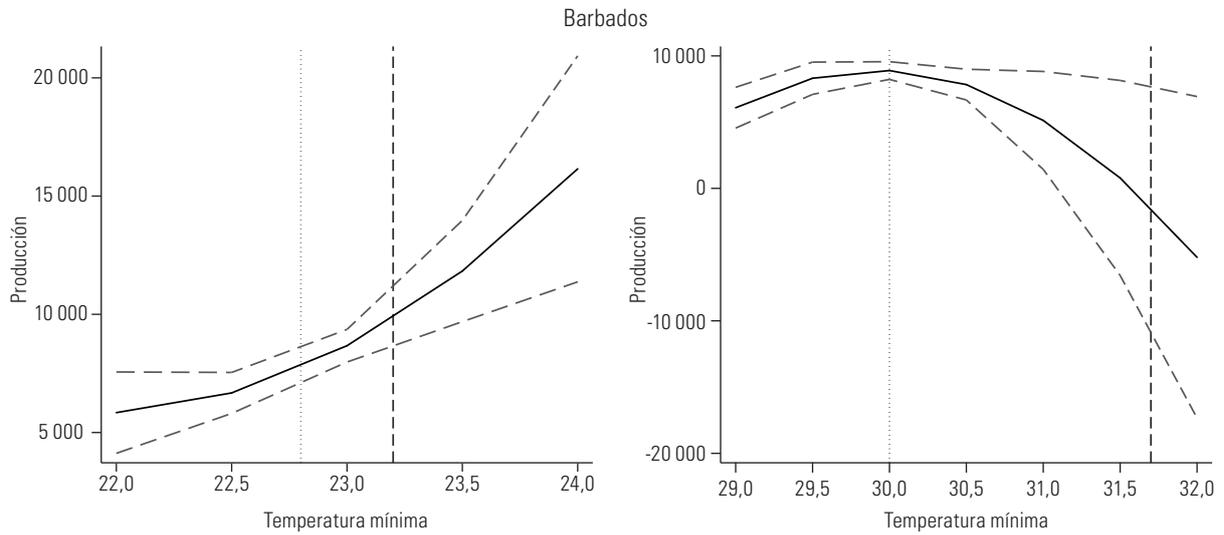
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.29
Producción de vegetales ante variaciones en temperatura máxima



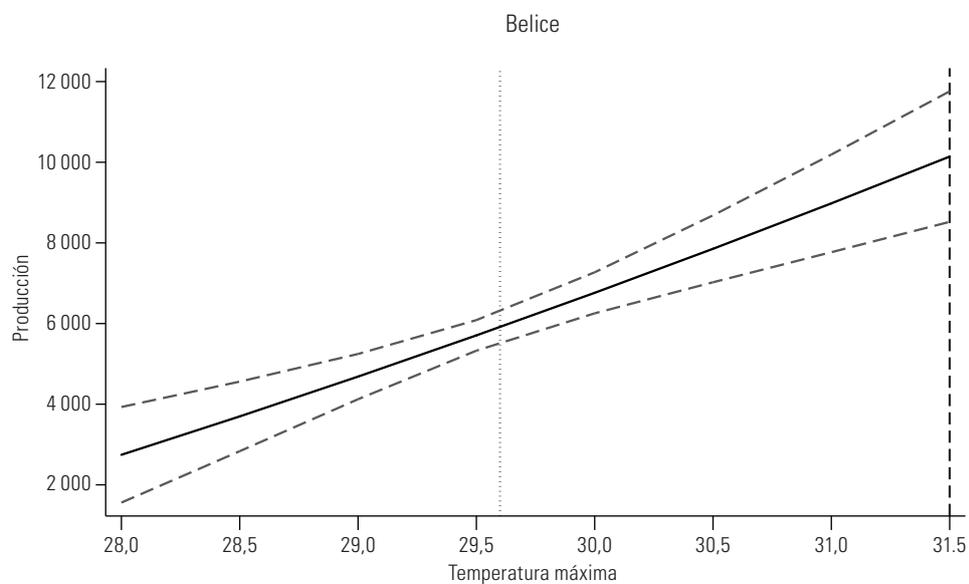
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.30
Producción de vegetales ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



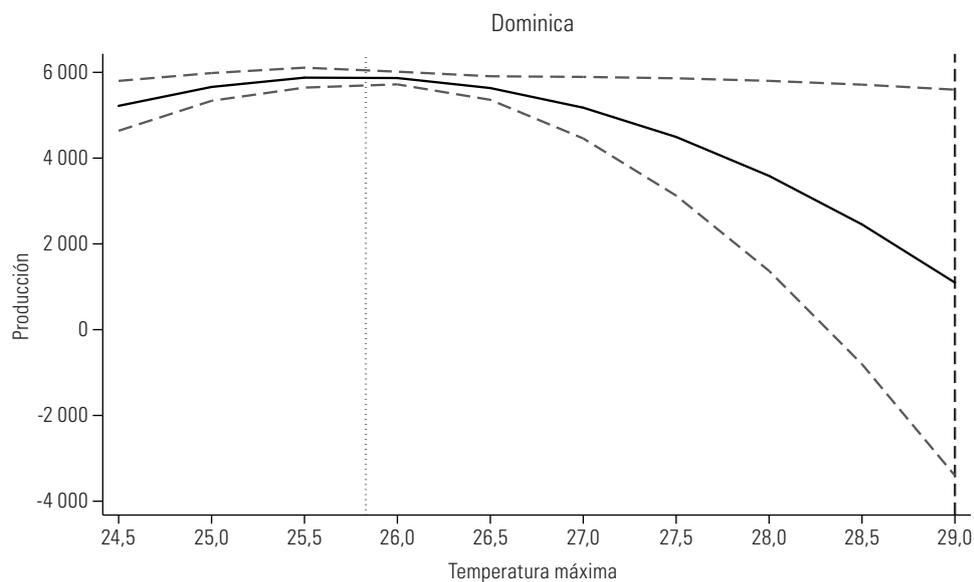
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.31
Producción de vegetales ante variaciones en temperatura máxima



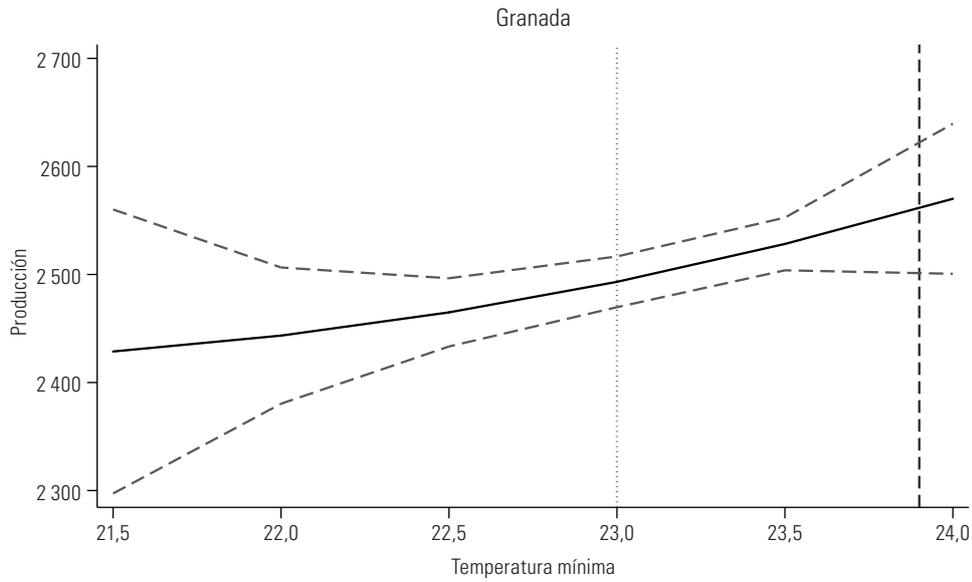
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.32
Producción de vegetales ante variaciones en temperatura máxima



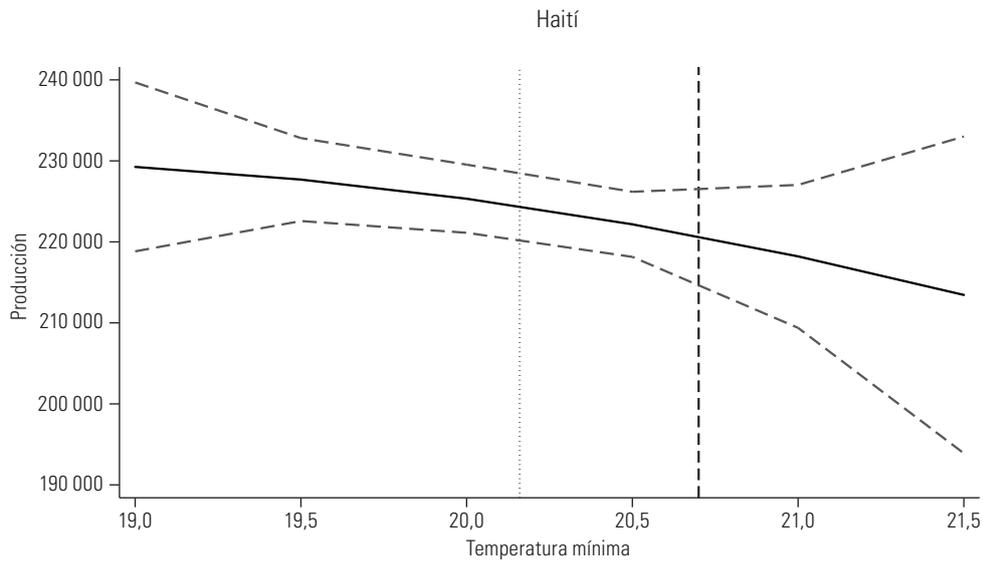
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.33
Producción de vegetales ante variaciones en temperatura mínima



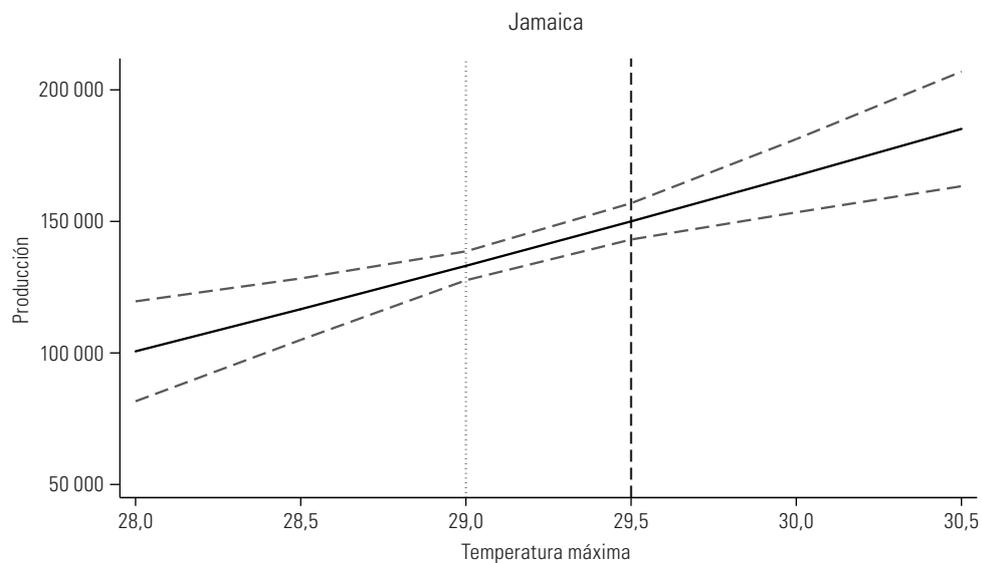
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.34
Producción de vegetales ante variaciones en temperatura mínima



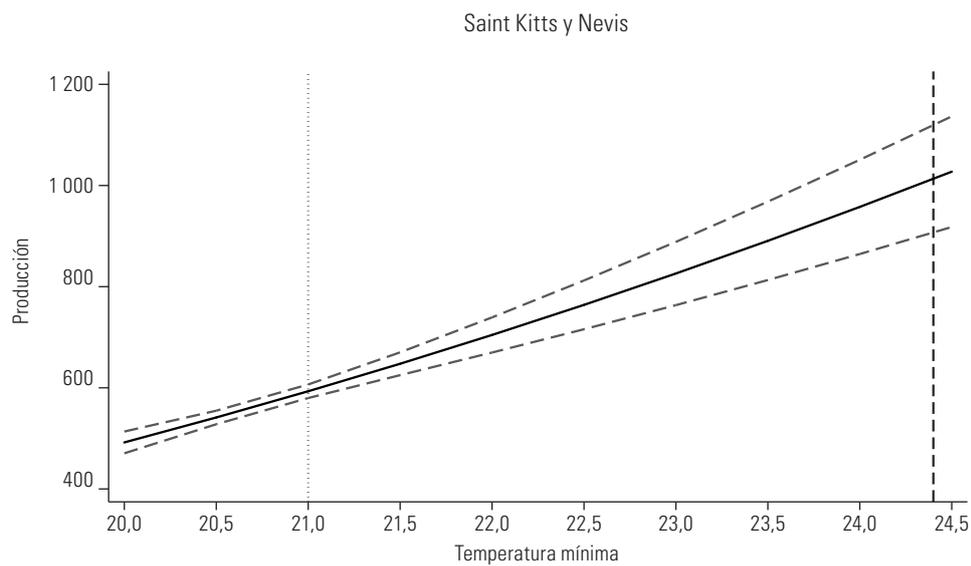
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.35
Producción de vegetales ante variaciones en temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

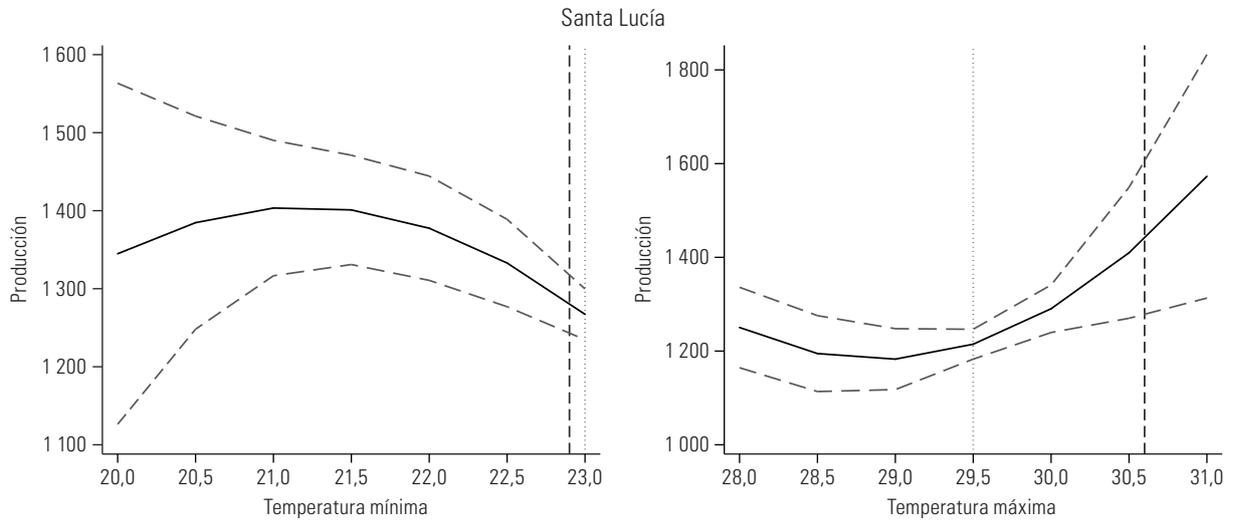
Gráfico A.36
Producción de vegetales ante variaciones en temperatura mínima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.37

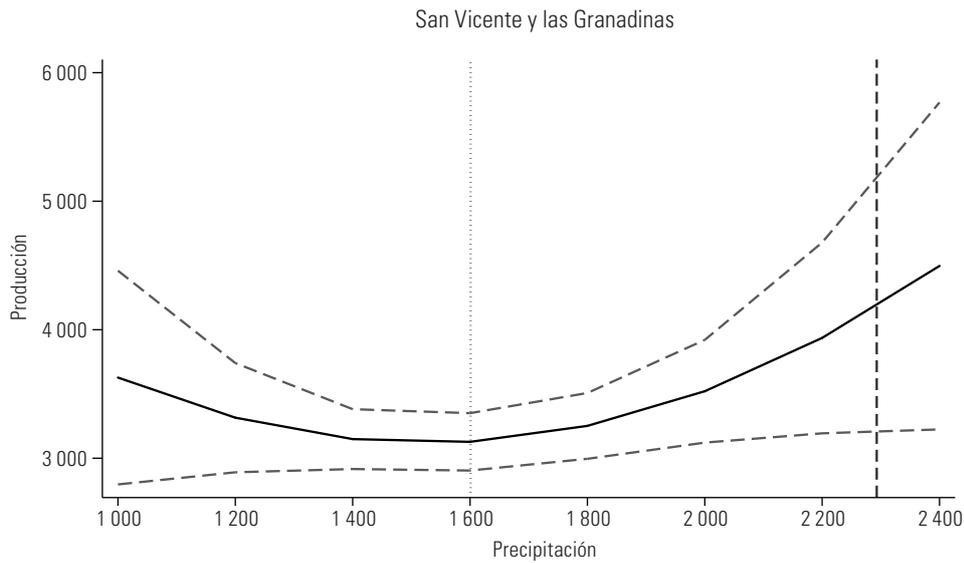
Producción de vegetales ante variaciones en temperatura mínima y temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

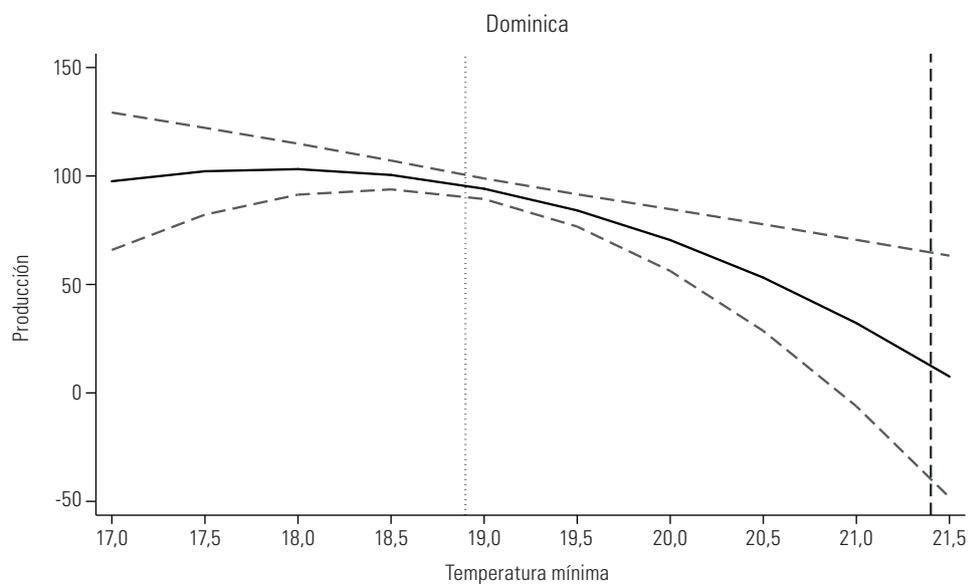
Gráfico A.38

Producción de vegetales ante variaciones en precipitación



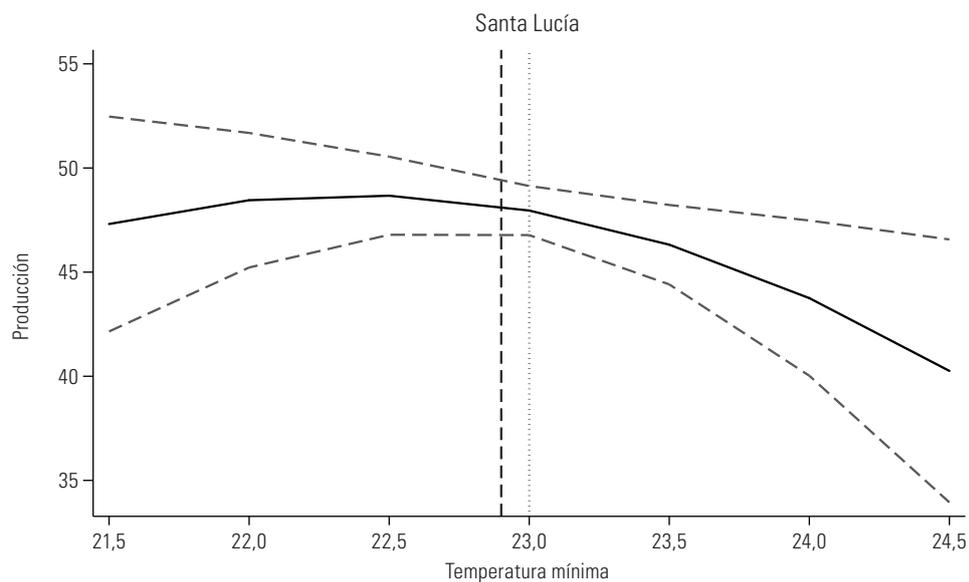
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.39
Producción de legumbres ante variaciones en temperatura mínima



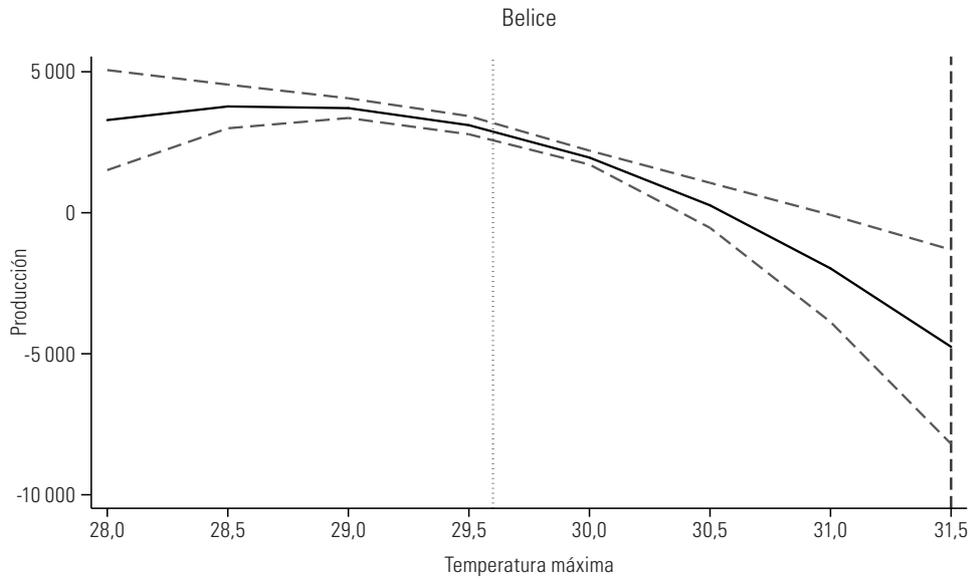
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.40
Producción de legumbres ante variaciones en temperatura mínima



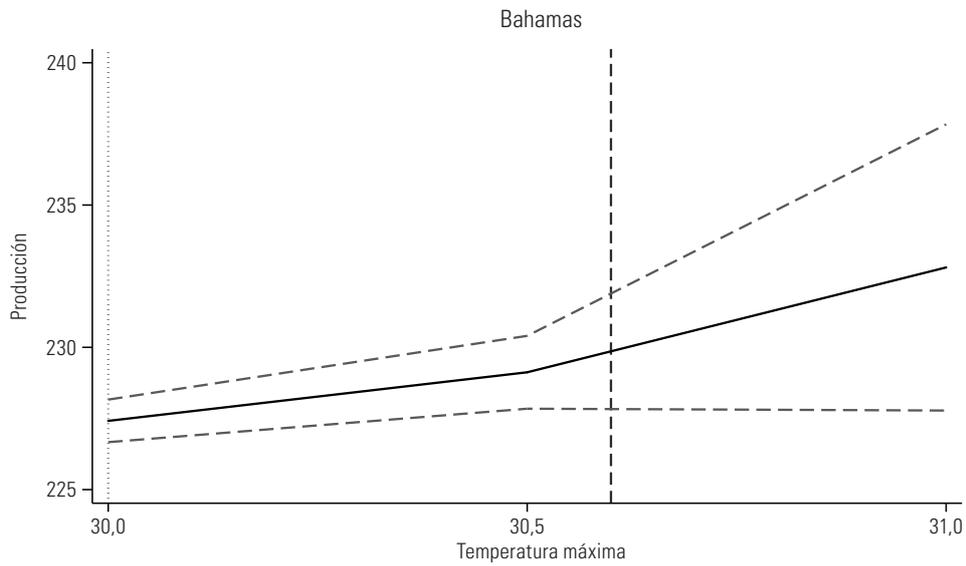
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.41
Producción de oleaginosas ante variaciones en temperatura máxima



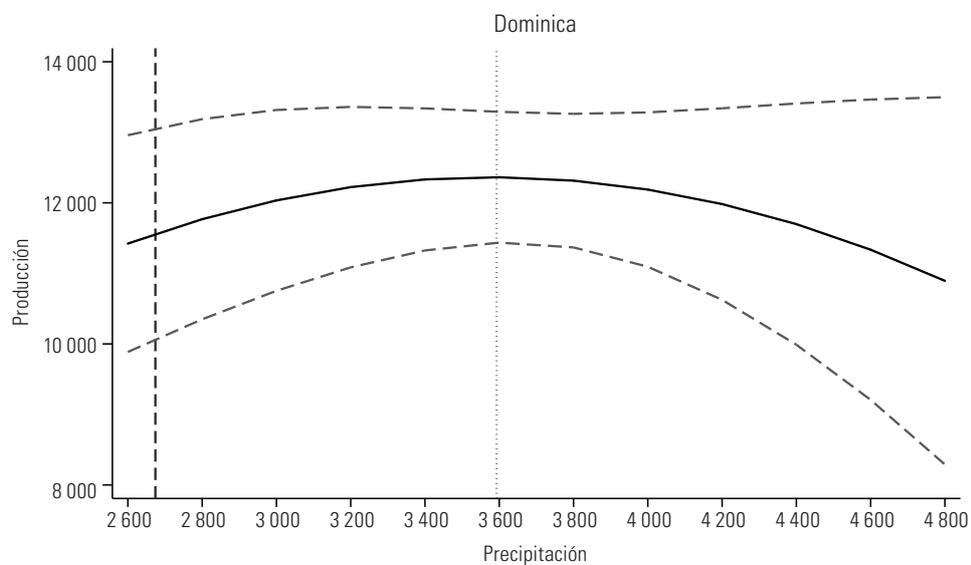
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.42
Producción de oleaginosas ante variaciones en temperatura máxima



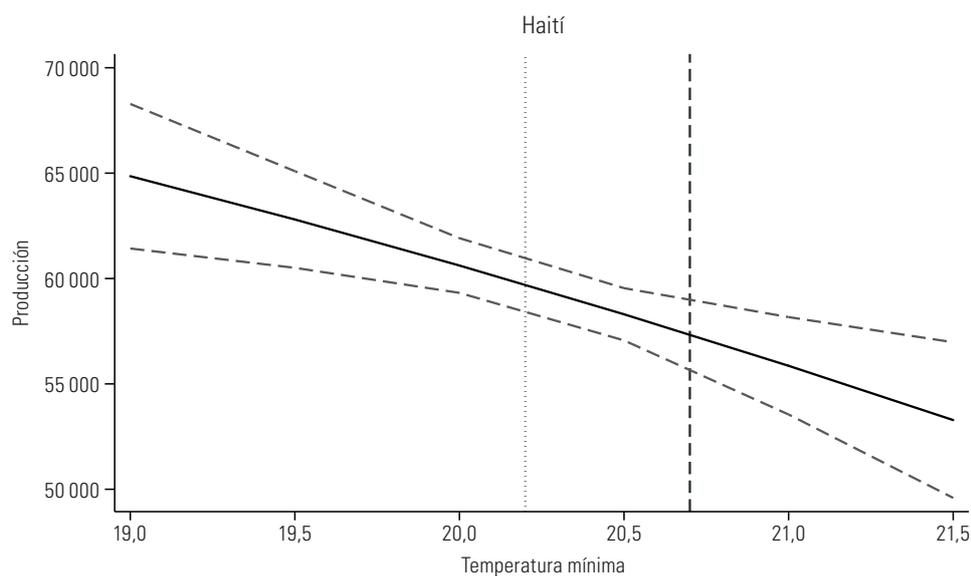
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.43
Producción de oleaginosas ante variaciones en precipitación



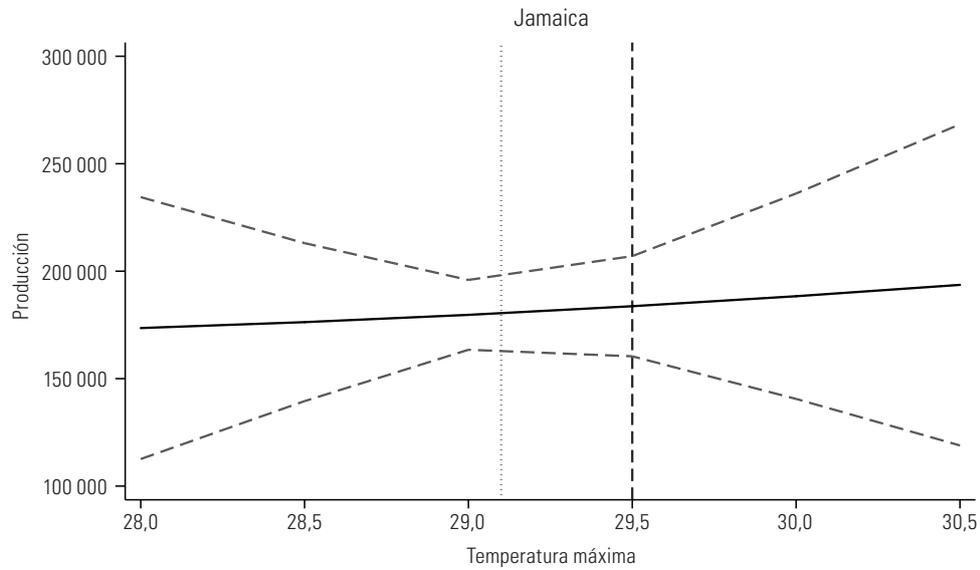
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.44
Producción de oleaginosas ante variaciones en temperatura mínima



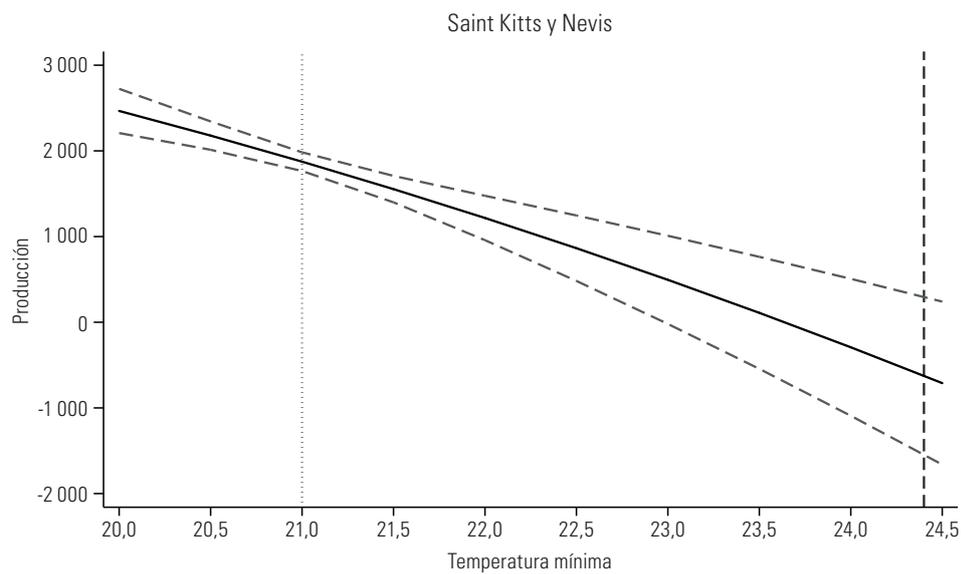
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.45
Producción de oleaginosas ante variaciones en temperatura máxima



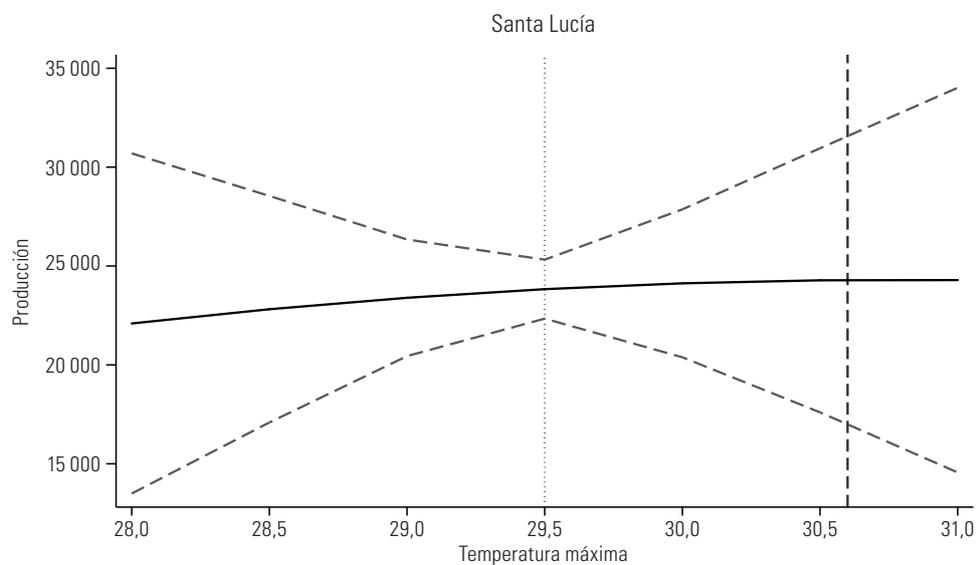
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.46
Producción de oleaginosas ante variaciones en temperatura mínima



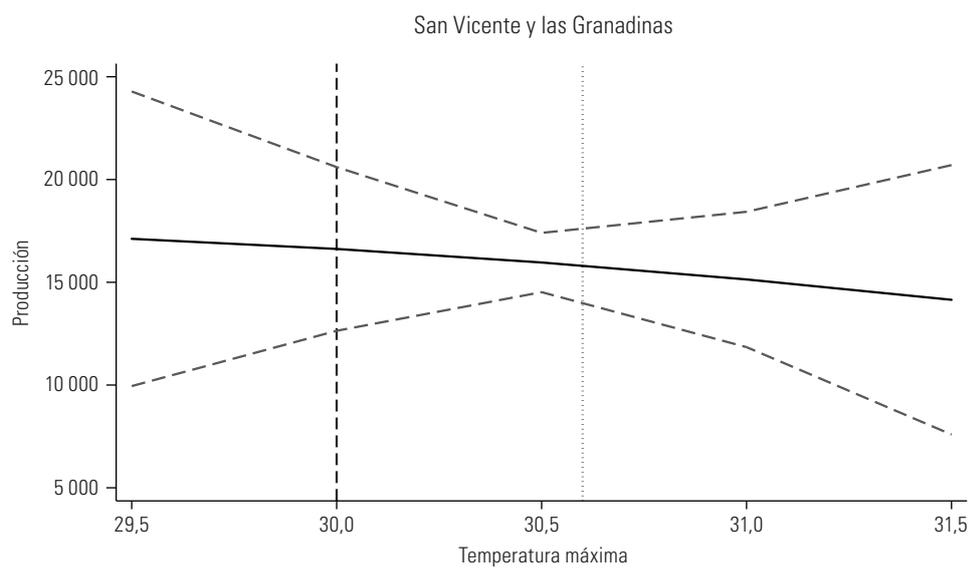
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.47
Producción de oleaginosas ante variaciones en temperatura máxima



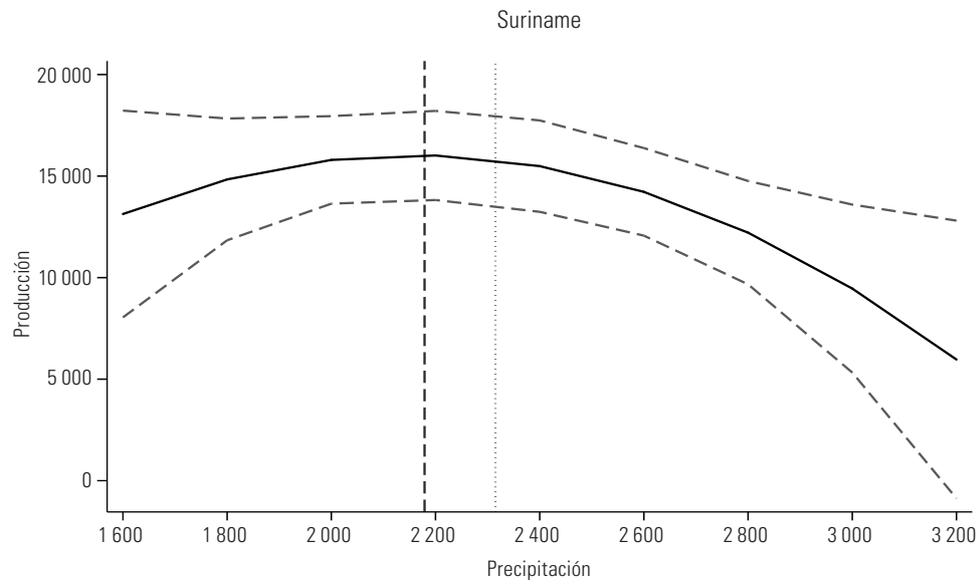
Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.48
Producción de oleaginosas ante variaciones en temperatura máxima



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Gráfico A.49
Producción de oleaginosas ante variaciones en precipitación



Nota: La línea discontinua es la proyección al 2050, la línea punteada es el promedio en el período.

Anexo 2

Principales productos agrícolas por grupo de productos en la región de análisis

(participación promedio)

Etiquetas de fila	Grupo	1961-2014	2010-2014
Maíz	Granos y cereales	42,5	49,6
Arroz	Granos y cereales	33,8	33,7
Sorgo	Granos y cereales	23,7	16,7
Frijol	Primarios	18,0	25,8
Chicory roots	Primarios	0,0	0,0
Chiles	Primarios	0,2	0,1
Canela	Primarios	0,0	0,0
Cacao	Primarios	6,9	6,1
Café (verde)	Primarios	15,7	14,5
Gengibre	Primarios	0,0	0,1
Cardamón	Primarios	0,5	0,3
Pimienta	Primarios	0,1	0,2
Chícharo	Primarios	5,2	16,4
Papa	Primarios	0,3	0,5
Especias	Primarios	0,1	0,1
Caña de Azúcar	Primarios	39,7	21,3
Papa dulce	Primarios	12,9	14,3
Tabaco	Primarios	0,3	0,2
Manzana	Frutales	0,1	0,1
Aguacate	Frutales	2,5	4,4
Banana	Frutales	35,6	26,4
Cashewapple	Frutales	0,0	0,0
Cherries	Frutales	0,0	0,0
Cítrico varios	Frutales	0,3	0,4
Fruta fresca varios	Frutales	4,8	6,5
Fruta tropical varios	Frutales	2,2	2,4
Toronja	Frutales	3,4	3,2
Limas y Limones	Frutales	2,7	3,7
Mangos	Frutales	12,6	24,5
Naranjas	Frutales	12,1	11,9
Papayas	Frutales	0,2	0,3
Peras	Frutales	0,0	0,0
Piña	Frutales	0,6	0,8
Plátano	Frutales	21,7	14,0
Ciruelos	Frutales	0,0	0,1
Tangerina&Mandarina	Frutales	1,0	1,3
Coco y palma de aceite	Oleaginosas	61,4	55,7
Ricino	Oleaginosas	1,8	1,7
Cacahuete	Oleaginosas	23,4	29,6
Semilla de algodón	Oleaginosas	5,2	1,8
Semilla de henequén	Oleaginosas	8,1	10,2

Anexo 2 (conclusión)

Etiquetas de fila	Grupo	1961-2014	2010-2014
Soya	Oleaginosas	0,2	0,9
Frijoles varios	Legumbres	0,4	1,2
Chícharos	Legumbres	90,1	86,7
Chícharo seco	Legumbres	6,8	8,6
Haba	Legumbres	2,6	3,5
Yuca	Raíces y tubérculos	49,3	54,9
Raíces varias	Raíces y tubérculos	18,7	15,7
Cocoñame	Raíces y tubérculos	1,2	1,0
Ñame	Raíces y tubérculos	30,2	27,8
Yautia	Raíces y tubérculos	0,6	0,6
Frijol en verde	Verduras	0,7	2,1
Coles	Verduras	5,2	7,7
Zanahoria	Verduras	2,6	3,1
Coliflor&Brocoli	Verduras	0,2	0,2
Chiles	Verduras	1,5	3,5
Calabazas	Verduras	2,4	3,0
Berenjena	Verduras	0,8	1,6
Ajo	Verduras	0,0	0,0
Lechuga	Verduras	1,1	1,8
Elote	Verduras	0,3	1,1
Melón	Verduras	0,5	0,9
Quimbombo (okra)	Verduras	0,8	2,4
Cebolla	Verduras	2,1	3,6
Cebollín	Verduras	1,2	1,6
Chícharo verde	Verduras	0,1	1,1
Calabazón	Verduras	4,8	6,7
Espinaca	Verduras	1,3	1,4
Ejote	Verduras	0,7	1,1
Tomatoes	Verduras	4,7	5,9
Otros vegetales frescos	Verduras	67,9	48,9
Sandía	Verduras	1,2	2,0



El sector agrícola está altamente relacionado con el clima y, por lo tanto, se espera que sea uno de los más afectados por el cambio climático. América Latina y el Caribe es una región muy diversa en términos tanto agroecológicos como socioeconómicos y demográficos, por lo que las estimaciones sobre los efectos que se podrían presentar en la región son muy variadas. Para el caso específico de los países del Caribe, aun cuando existen algunos estudios, persiste una escasez de análisis sobre los impactos potenciales del cambio climático en la agricultura. El objetivo de este estudio es contribuir a cerrar esa brecha de información. Los resultados muestran la elevada vulnerabilidad de las actividades agrícolas frente al cambio climático en la región del Caribe.

C E P A L

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)
www.cepal.org

ISBN 978-92-5-130782-3



9 789251 307823

CA0306ES/1/06.18