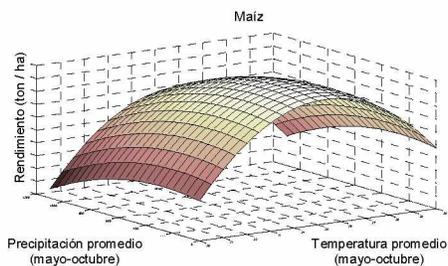
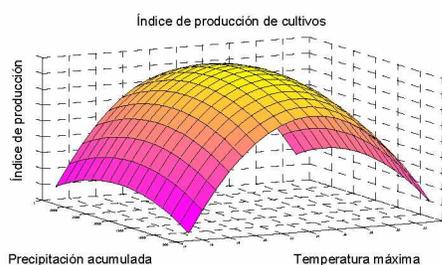
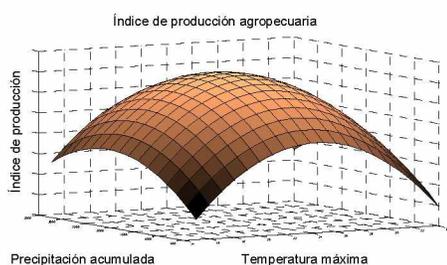


# HONDURAS

## EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA

Juan Luis Ordaz  
Diana Ramírez  
Jorge Mora  
Alicia Acosta  
Braulio Serna



Este documento de la CEPAL, proyecto “La economía del cambio climático en Centroamérica”, fue elaborado por Diana Ramírez, Juan Luis Ordaz, Jorge Mora y Alicia Acosta bajo la supervisión de Braulio Sema Hidalgo, Jefe de la Unidad de Desarrollo Agrícola de la Sede Subregional de la CEPAL en México.

El presente estudio considera los comentarios que el Comité Técnico Regional del Proyecto hizo a una versión anterior y no ha sido sometido al proceso de revisión editorial. Las opiniones expresadas en él son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente coinciden con las de la Organización.

---

LC/MEX/L.965

Copyright © Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Sede Subregional en México  
Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas • México, D.F. • Junio de 2010 • 2010-023

---

## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO .....	1
INTRODUCCIÓN .....	5
I. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	8
1. Estudios previos para Centroamérica y Honduras .....	10
II. EL SECTOR AGROPECUARIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	12
1. La importancia del sector agropecuario .....	12
2. Honduras ante el cambio climático .....	18
III. METODOLOGÍAS .....	21
1. Enfoque de la función de producción .....	21
2. Enfoque Ricardiano .....	23
IV. EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO .....	26
1. Impacto sobre la producción de frijol, maíz y café .....	27
2. Impacto en las funciones de producción agropecuaria .....	35
3. Impacto sobre el valor de la tierra (ganancias agrícolas). Datos y resultados del enfoque Ricardiano .....	43
V. LOS ESCENARIOS FUTUROS: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO .....	48
1. Impactos económicos sobre los rendimientos de frijol, maíz y café .....	49
2. Impactos económicos sobre la producción agropecuaria .....	53
3. Proyecciones e impactos sobre la renta de la tierra (ganancias agrícolas) .....	58
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
BIBLIOGRAFÍA .....	65
Anexo I IMPACTO EN LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIAS .....	69
Anexo II IMPACTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ, FRIJOLY CAFÉ .....	70

## RESUMEN EJECUTIVO

Como respuesta al mandato de la Cumbre Presidencial Centroamericana sobre Cambio Climático de mayo de 2008, la Sede Subregional en México de la CEPAL está implementando el proyecto *La Economía del Cambio Climático en Centroamérica* con las Autoridades de Ambiente, los Ministerios de Finanzas/Hacienda, la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) con el financiamiento del Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID) del gobierno británico.

En el marco del componente de agricultura de este proyecto, el presente estudio muestra cómo el cambio climático ocasiona reducciones en la producción, los rendimientos y las ganancias de los agricultores de Honduras. Además, se cuantifica el efecto directo de las variaciones en temperatura y precipitación sobre la producción, rendimientos y ganancias agrícolas.

En las últimas décadas la temperatura promedio anual en Honduras se ha incrementado mientras la precipitación ha tendido a reducirse. Los pronósticos climáticos indican que tales tendencias se mantendrán e incluso se acentuarán en los próximos años. Partiendo de los niveles actuales, diversos escenarios climáticos proyectan para este país aumentos en la temperatura entre 2 °C y cerca de 5 °C hacia el año 2100, mientras la precipitación podría reducirse entre 15% y 50%. La producción agropecuaria hondureña, al ser altamente dependiente del clima, se vería fuertemente afectada. En términos de vulnerabilidad, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) coloca a Honduras entre los 10 países más dañados por fenómenos naturales extremos durante el período 1990-2008.

En el presente estudio se analizan algunos de los efectos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario hondureño. En particular se evalúan las variaciones en la producción y sus efectos económicos en los próximos años y hasta 2100. Además de presentar resultados para el sector en su conjunto, se examinan ciertos subsectores incluyendo algunos de los cultivos más importantes del país. También se evalúan los efectos sobre los ingresos de los agricultores hondureños. Aunque los mayores impactos se esperan en el largo plazo, los resultados de este estudio revelan que ya se están presentando consecuencias adversas. Por tanto, en caso de no tomarse medidas que busquen compensar tales tendencias, las pérdidas económicas podrían ser considerables.

El análisis efectuado sobre los cultivos seleccionados (frijol, café y maíz) revela que en el caso del frijol estaría por alcanzarse el nivel de temperatura que permite el máximo rendimiento, por lo que una vez que esto suceda se incurrirá en pérdidas. En el caso del café, las estimaciones sugieren que el nivel de temperatura actual es muy cercano al que permite obtener el mayor nivel de producción; por lo tanto, el calentamiento global podría incentivar ligeramente la producción en el corto plazo, pero una vez que dicho nivel se supere, la producción tenderá a reducirse. Para el maíz es probable que ya se haya rebasado la temperatura que permite lograr la mayor productividad, razón por la que actualmente el cambio climático podría estar teniendo efectos adversos sobre la producción de este cultivo.

Con respecto a la precipitación, los resultados muestran para los tres cultivos que el nivel actual es muy cercano al que permite obtener los mayores rendimientos. Incluso niveles inferiores al actual podrían ser benéficos. Sin embargo, como a futuro se espera que los niveles de precipitación se reduzcan de forma importante, ello afectará adversamente la producción de estos cultivos en el mediano y largo plazo.

Estos tres productos no serán los únicos afectados. Al examinar los efectos del cambio climático sobre la producción de cereales, sobre la producción pecuaria, y sobre todo, el sector agropecuario en su

conjunto, los resultados indican que la temperatura actual está muy cerca de alcanzar el valor que posibilita obtener los mayores niveles de producción agrícola. Para la producción pecuaria y la producción de todo el sector agropecuario de manera global la temperatura actual es muy cercana a la que permite los mayores rendimientos, por lo que para algunos productos el cambio climático podría generar ganancias en el corto plazo; no obstante, éstas se revertirían a mediano y largo plazo. En el caso de la precipitación, los resultados sugieren que con los incrementos se logrará obtener una mayor producción; pero, lo más probable es que se presenten reducciones en la precipitación, con lo que la producción tendería a disminuir.

Los resultados de este informe también revelan que las ganancias agrícolas en Honduras son sensibles al clima; un incremento en 1 °C de la temperatura media implicaría una reducción aproximada de alrededor de 2,14 dólares mensuales en las ganancias agrícolas. Así, cuando la temperatura se eleve en 2 °C las ganancias agrícolas mensuales promedio se reducirían en alrededor del 9%, lo que representa para los hogares rurales hondureños cerca del 3% de su ingreso mensual total. Este impacto es mucho mayor para los primeros dos deciles de los hogares rurales (57% de su ingreso); en cambio es considerablemente menor para el 20% de los hogares rurales con mayores ingresos (cerca de 1% de su ingreso total).

El presente estudio considera también los impactos de cambios futuros en el clima sobre las ganancias agrícolas, los cuales no muestran un escenario alentador sobre los ingresos provenientes del sector agrícola hondureño. Los impactos de las proyecciones futuras predicen efectos negativos que van desde el 2% hasta cerca del 40%. De manera adicional, es posible observar que estos efectos muestran una dispersión considerable a través de las distintas regiones del territorio hondureño.

Una evaluación de los impactos económicos acumulados que conllevará el cambio climático sobre el sector agropecuario hacia el año 2100 muestra que las pérdidas podrían ser de entre 4% y 19% del PIB dependiendo de la severidad de las variaciones climatológicas. Así, aunque en el corto plazo para algunos cultivos se podría incentivar la producción, a largo plazo estos beneficios se revertirían llegando incluso a pérdidas de magnitudes importantes.

Más allá de las estimaciones que se presentan, la relevancia de este estudio radica en mostrar de forma consistente que el sector agropecuario se verá fuertemente afectado en caso de que las condiciones actuales de producción prevalezcan, impactando de forma adversa también a otros sectores, al ser uno de los principales motores de la economía hondureña. Por ello, es importante aplicar con rapidez diferentes instrumentos que permitan compensar las pérdidas económicas y logren elevar la productividad del sector, que aún continúa siendo relativamente baja.

El insuficiente nivel de desarrollo del capital humano, el riesgo agropecuario y la escasa inversión que se ha realizado sobre la infraestructura física son elementos que explican en gran medida la baja productividad del sector y son éstos algunos de los temas donde sería conveniente centrar las políticas agropecuarias y ambientales a fin de enfrentar de mejor forma los efectos del cambio climático. Las estrategias de política que se realicen en ese sentido deberán provenir convenientemente de estudios especializados en esos temas y podrían centrarse en dos vertientes: 1) elevar la productividad agrícola, y 2) enfrentar directamente el problema climático. Aquí se presentan algunas orientaciones iniciales que apuntan en esas dos direcciones:

- Convendría desarrollar programas que busquen facilitar una adecuada adaptación a los efectos adversos del cambio climático para disminuir la vulnerabilidad de sus consecuencias o secuelas.

- Es importante fomentar la investigación a fin de utilizar la tecnología aplicada en otros países o en algunas regiones de Honduras, para que los cultivos puedan adaptarse a climas más cálidos, se aprovechen de forma más eficiente los recursos hídricos y se controlen de mejor manera las enfermedades por plagas.
- Será conveniente el uso de tecnologías adecuadas para la conservación de los suelos, la retención de humedad y la reducción de riesgos por desastres.
- Para elevar la productividad agropecuaria será importante incrementar el capital físico y el humano. En el primer caso convendría mejorar la infraestructura rural y generar herramientas que permitan que el crédito crezca de forma sostenida y que se atraigan mayores inversiones. Para un mejor desarrollo del capital humano, convendría generar una estrategia en la que participen todas las escuelas agrícolas existentes en el país y se desarrollen sistemas de capacitación enfocados a las cadenas productivas.
- Mecanismos como el seguro agropecuario o la utilización de *futuros* podrían coadyuvar en elevar la productividad agrícola y en reducir los riesgos climáticos.



## INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa una seria amenaza para las sociedades centroamericanas por sus múltiples impactos previstos en la población y en los sectores productivos. En términos fiscales constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas de los gobiernos por varias generaciones. Se estima que para 2030 Centroamérica aún producirá menos de 0,5% de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) del planeta<sup>1</sup>, pero al mismo tiempo ya es una de las regiones más vulnerables ante los embates del cambio climático.

El incremento de la temperatura atmosférica y del mar, la reducción y la inestabilidad del régimen de lluvias y el aumento del nivel del mar, aunado a la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos —como las sequías, los huracanes y las inundaciones— impactarán en la producción, la infraestructura, los medios de vida, la salud y la seguridad de la población, además de que debilitarán la capacidad del ambiente para proveer recursos y servicios vitales.

Como respuesta al mandato de la Cumbre Presidencial Centroamericana sobre Cambio Climático de mayo de 2008, la Sede Subregional en México de la CEPAL está implementando el proyecto *La Economía del Cambio Climático en Centroamérica* con las Autoridades de Ambiente, los Ministerios de Finanzas/Hacienda, la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). El proyecto fue aprobado por las Autoridades de Ambiente, iniciando en enero de 2009 con financiamiento del Ministerio para el Desarrollo Internacional (DFID) del gobierno británico.

Su finalidad es alertar a los tomadores de decisiones y actores clave de Centroamérica, particularmente los de los ámbitos económicos y sociales, sobre la urgencia de enfrentar el reto de cambio climático y propiciar un diálogo sobre opciones de políticas y acciones nacionales y regionales. Su objetivo específico es realizar una evaluación económica del impacto del cambio climático en Centroamérica con diferentes escenarios de desarrollo y trayectorias de emisiones, frente a los costos y beneficios de potenciales respuestas de inacción (conocida como “business as usual” en inglés) y de opciones de reducción de vulnerabilidad y adaptación, y la transición hacia una economía sostenible y baja en carbono.

El Comité Directivo del proyecto está constituido por los Ministros de Ambiente y Hacienda/Finanzas de los siete países de Centroamérica. Cuenta con un Comité Técnico Regional con delegados de dichos Ministerios, CCAD/SICA y SIECA; la Sede Subregional de la CEPAL en México funge como Unidad Coordinadora del Proyecto. La iniciativa se coordina con otros proyectos en América Latina y la red global de proyectos de la economía del cambio climático con el equipo Stern del gobierno británico.

Durante 2009, el proyecto ha implementado los siguientes componentes: Escenarios climáticos, Escenarios macroeconómicos y demográficos, Cambio de uso de tierra, Recursos hídricos, Agricultura, Biodiversidad, Energía, Valorización económica de impactos (etapa inicial), Pobreza y adaptación (etapa inicial), Mitigación, Opciones de políticas de adaptación y mitigación (etapa inicial). El componente de desastres está siendo ejecutado por la Unidad de Desastres de la CEPAL con financiamiento del Reino de Dinamarca. Los componentes pendientes de iniciar en los próximos meses son salud, ecosistemas y bosques/cambio de uso de tierra. Continuarán los estudios de pobreza, valorización económica de

---

<sup>1</sup> Suponiendo que las emisiones de cambio de uso de tierra se mantienen a los niveles de 2000.

impactos, opciones de adaptación y mitigación y sus costos. Adicionalmente, los socios del proyecto están considerando opciones para responder a otras necesidades que se han hecho más evidentes en el último año, como lo es un mayor análisis sobre aspectos de financiamiento y fiscales, y la importancia de fortalecer las capacidades nacionales y regionales.

Diferentes estudios científicos han confirmado un aumento en el nivel promedio mundial de la temperatura, el cuál está relacionado con incrementos en las concentraciones atmosféricas de los GEI, entre los que destaca el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) (IPCC, 2007). A diferencia de episodios anteriores de cambio climático durante la historia del planeta, en esta ocasión el acelerado ritmo al que crecen las concentraciones de CO<sub>2</sub> se debe en gran medida a la actividad humana industrial y agrícola. Actualmente, la generación de electricidad mediante la combustión de combustibles fósiles, el transporte, el cambio en el uso de la tierra y los procesos industriales, son las principales generadoras de emisiones de GEI. En particular, la deforestación está considerada dentro de las fuentes emisoras de CO<sub>2</sub> más grandes. Según el IPCC (2007), la participación de CO<sub>2</sub> proveniente de la deforestación fluctúa entre 11% y 28% del total de las emisiones. Su relevancia radica en que esta actividad libera el carbono captado por la atmósfera como resultado de la quema y la pérdida de biomasa.

Las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> están muy concentradas en los países desarrollados. En conjunto, este grupo de países han emitido siete de cada 10 toneladas de CO<sub>2</sub> desde el comienzo de la era industrial; aunque algunos países en vías de desarrollo (China y la India, principalmente) han ido adquiriendo mayor relevancia en este apartado en los últimos años. No obstante lo anterior, la relevancia de los países desarrollados en la emisión de GEI sigue siendo preponderante si tomamos en consideración que actualmente este grupo de países liberan el 45% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y concentran apenas al 15% de la población mundial, mientras que los países de ingresos bajos concentran a una tercera parte de la población mundial y liberan sólo 7% del total de las emisiones.

A diferencia de la emisión de GEI, que está muy concentrada, no es posible restringir los impactos del calentamiento global a las fronteras de los países. Sin embargo, es posible diferenciar algunos impactos por sistemas o por regiones del mundo. Por ejemplo, en los sistemas hidrológicos el calentamiento global se asocia con una mayor disposición de agua en los trópicos húmedos y en latitudes altas, en tanto que en las latitudes medias y bajas semiáridas habrá una menor disposición del vital líquido y un aumento de las sequías. En el sector de producción de alimentos, la mayor temperatura promedio global se asocia con una tendencia descendente en la producción de cereales en latitudes bajas y una levemente ascendente en latitudes medias a altas. Para la región de América Latina, se contempla que los cambios en las pautas de precipitación y la desaparición de los glaciares afectarían notablemente a la disponibilidad de agua para consumo humano, agrícola e hidroeléctrico.

Adicional a ello, con la mayor temperatura promedio global se asociaría una disminución en la productividad de algunos cultivos importantes, aun cuando en las zonas templadas mejoraría el rendimiento de algunos cultivos como la soya por ejemplo. En particular, los impactos negativos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua, la producción agrícola o de alimentos, la seguridad alimentaria y la mayor exposición a desastres meteorológicos actúan como mecanismos para paralizar y hasta revertir el desarrollo humano de las poblaciones de los países afectados (PNUD, 2007).

El cambio climático afectará al mundo entero, pero los países en vías de desarrollo serán los más vulnerables, soportarán aproximadamente entre el 75% y el 80% del costo de los daños provocados por la variación del clima (Banco Mundial, 2009). Ello sucede en gran medida por su alta dependencia del sector agropecuario, tal como sucede en el Istmo Centroamericano. De acuerdo con Magrin y Gay (en Alfaro y Rivera, 2008), para los países de Mesoamérica, si no se consideran los efectos del CO<sub>2</sub>, la

reducción en el rendimiento de los granos podría alcanzar un 30% para el 2080 en el escenario más cálido. Además, se espera que para esta región, el cambio climático ocasione efectos de salinización y desertificación en las tierras agrícolas; así, para el 2050 estos fenómenos afectarán el 50% de las mismas. Por otra parte, se proyecta que la demanda de agua para irrigación se incremente en un clima más caliente y ocasione mayor competencia entre el uso doméstico y el agrícola. La disminución en el nivel freático y el aumento en el uso de energía usada para bombear ocasionarán que la agricultura sea más cara.

En el caso particular de Honduras, se espera que se presente una situación de estrés hídrico en las regiones intermontañas al norte, centro y oeste del país. Ello afectaría el suministro de agua y la generación de energía hidroeléctrica. Aunque, por otro lado, la disponibilidad del agua también se ha visto alterada por el fenómeno de “El Niño”, que ha provocado una presencia frecuente de lluvias torrenciales con fuertes inundaciones. En cuanto a las sequías, las más importantes se han concentrado en los departamentos de Choluteca, Valle, La Paz, El Paraíso, Francisco Morazán, Intibucá y Lempira. Esta zona geográfica ha sido sometida a una fuerte deforestación y a las malas prácticas agrícolas que, combinadas con el uso de las tierras marginales, han aumentado considerablemente la vulnerabilidad ambiental y alimentaria. De acuerdo con un informe del Banco Mundial (2008) la agricultura en Honduras es altamente vulnerable a los cambios climáticos, especialmente a las tormentas. Lo mismo ocurre con la silvicultura, en este caso, debido principalmente a las intensas actividades de deforestación que ha sufrido el territorio hondureño.

Ante la vulnerabilidad del sector agropecuario a los cambios climáticos y dado el papel relevante que tiene en la economía y en la seguridad alimentaria de la población de Honduras, resulta muy importante conocer los posibles efectos que el calentamiento global traerá sobre dicho sector. No obstante, son muy pocos los trabajos que han analizado este tema.

El presente estudio tiene como objetivo aportar elementos que permitan conocer los efectos potenciales que el cambio climático está teniendo y tendrá en un futuro sobre la agricultura hondureña. En particular se analizan algunos de los posibles efectos económicos sobre los cultivos principales, sobre diferentes sectores productivos y sobre el sector en su conjunto.

El trabajo se estructura de la forma siguiente. En el capítulo I se presenta una revisión de los trabajos previos que han abordado el tema de los efectos del cambio climático a nivel mundial, incluyendo Centroamérica y Honduras. En el capítulo II se describe la situación actual del sector agropecuario hondureño. Las metodologías empleadas en el análisis se exponen en el capítulo III. En el capítulo IV se analizan los posibles efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria. En el V capítulo se presenta una evaluación de los efectos económicos sobre la producción agropecuaria, incluyendo algunos de los cultivos más importantes en el país, y sobre los ingresos de los agricultores hondureños. Finalmente, en el capítulo VI se ofrecen las conclusiones y recomendaciones derivadas del presente estudio.

## I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Los fenómenos meteorológicos cada vez más frecuentes y, en específico, el cambio en la temperatura que diferentes estudios han confirmado desde hace varias décadas han despertado un gran interés por conocer los impactos que sufrirá la población en diferentes sectores y regiones del mundo. La agricultura al estar fuertemente influida por el clima ha sido uno de los sectores donde se han centrado las investigaciones.

En esta sección se describen algunos de los principales trabajos que han evaluado los efectos del cambio climático en el sector agropecuario de diferentes países, así como los enfoques metodológicos que han utilizado. Se revisan también algunas de las investigaciones realizadas para Centroamérica y Honduras.

En general, la mayoría de los estudios dan cuenta de posibles pérdidas en la producción de ciertos cultivos básicos en la alimentación de los seres humanos. Por ejemplo, Darwin y otros (1995) evalúan los efectos del cambio climático global sobre la agricultura global. Sus resultados muestran que la producción mundial declinaría si el cambio climático es suficientemente severo y si se obstaculiza la expansión de la tierra de cultivo, y que las pérdidas no serían homogéneas entre regiones, mientras que en las regiones montañosas y del ártico incrementaría la cantidad de tierra cultivable, en las regiones tropicales decrecería la productividad agrícola ante una reducción en la humedad del suelo. En el mismo sentido, Maddison y otros (2007) a partir de una muestra basada en 11 países del Continente Africano, encuentran que hacia 2050 habría pérdidas importantes de producción agrícola en algunos países.

Otros estudios revelan que los mayores efectos negativos se presentarían en los países en vías de desarrollo. A esta conclusión llegan Rosenzweig y Parry (1994), quienes al estudiar los efectos del cambio climático en la producción mundial de cereales y la distribución de dichos impactos entre los países desarrollados y en desarrollo para el año 2060, encuentran una disminución en la producción mundial de los mismos que oscila entre 1% y 8%, e incrementos en los precios de entre 24% y 145%.

El estudio de Mendelsohn, Dinar y Sanghi (2001) también muestra que el nivel de desarrollo de los países tiene un efecto importante en la sensibilidad al cambio climático. Los productores agrícolas en países subdesarrollados son más sensibles que los de países desarrollados. De acuerdo con los resultados de estos autores, los países de climas cálidos y en vías de desarrollo podrían ser de los más afectados.

Cline (2007) también encuentra efectos diferenciados dependiendo del grado de desarrollo de los países. Sus resultados muestran que la producción agrícola global disminuirá 16% para 2080 como resultado del cambio climático. Las pérdidas para los países en vías de desarrollo serán de alrededor de 25%, en tanto que para países industrializados sólo del 6%.

Para algunos países latinoamericanos ya se han estudiado ciertos efectos del cambio climático en la agricultura. En general se ha encontrado que la magnitud de los impactos es diferente entre los países, e incluso entre regiones de un mismo país. Al respecto, Seo y Mendelsohn (2008a) con base en una muestra mayor a 2.000 observaciones de granjas sudamericanas, pronostican que los productores agrícolas de la zona perderán, en promedio, hasta el 62% de su flujo futuro de ingresos. De acuerdo con sus resultados, la sensibilidad de los trabajadores de temporal y riego es diferente. Los primeros son más sensibles a cambios en temperatura, en tanto que los otros lo son a cambios en la precipitación. En un análisis similar, Seo y Mendelsohn (2008b) estiman que, en promedio, productores grandes y pequeños perderán hasta el 25% del valor de su flujo de ingresos para 2060. El porcentaje se incrementa hasta 50% en el escenario climático más severo correspondiente a 2100.

A partir de una muestra de granjas en siete países sudamericanos Mendelsohn y Seo (2007) encuentran que el valor de la tierra es sensible a cambios climáticos. Aumentos en la temperatura tienen efectos negativos en el valor de la tierra, a la vez que mayores niveles de precipitación tienden a incrementar el flujo de ingresos futuros de los productores. Sus resultados muestran que, en un escenario climático bastante severo, el valor de la tierra se reducirá 30% para el 2100. Dichos resultados también indican que el cambio climático tendrá efectos, no sólo en el flujo esperado de ingresos, sino también en el tipo de actividad productiva (producción agrícola vs producción pecuaria) y tipo de irrigación (riego vs temporal) que los trabajadores agrícolas adoptarán.

Al estudiar el caso de Brasil, Mendelsohn y otros (2007) encuentran que un incremento de 10% en la temperatura llevaría a una pérdida de 5,5% en el ingreso por habitante rural mientras que el valor de la tierra se reduciría en alrededor de 33%. Al comparar estos resultados con los que se obtendrían para Estados Unidos las pérdidas resultan mucho mayores.

Mendelsohn, Christensen y Arellano (2009) analizan el caso de México. Muestran que las pérdidas para 2100 estarían en el rango de 42% a 54%, dependiendo de la severidad del cambio climático. Encuentran que es posible que los productores de riego sean más afectados que los de temporal, pero no encuentran efectos diferenciados entre pequeños y grandes productores.

Para algunas regiones al interior de los países algunos estudios han revelado que el cambio climático podría traer efectos positivos, como el caso de México. Además, se ha argumentado que los efectos negativos tienden a ser más adversos conforme el análisis se centra en el ecuador, con potenciales beneficios en el sur del continente (de la Torre, Fajnzylber y Nash, 2009).

Dos de los enfoques más utilizados para analizar los efectos del cambio climático son el de la función de producción y el modelo Ricardiano. Mediante el primero se puede estimar la respuesta de los cultivos ante diferentes escenarios climáticos. Una vez obtenidos los efectos estimados, se pueden calcular las pérdidas o ganancias económicas. Una de sus ventajas es que permite obtener información detallada de las respuestas de cultivos específicos.

Por su parte, el enfoque Ricardiano se basa en la teoría de que en mercados competitivos, el valor de la tierra representa el valor presente de los ingresos netos esperados derivado del uso eficiente de la tierra. A través de técnicas de regresión, el modelo Ricardiano permite estimar los efectos de variaciones en el clima y factores económicos y no económicos en el valor de la tierra agrícola con información desagregada a cierto detalle. Entre las ventajas de este enfoque está el poder estimar el impacto directo del cambio climático en unidades con un elevado grado de desagregación (a nivel de granja, por ejemplo) y tomar en consideración otras variables muy relevantes como la calidad de la tierra. No obstante, los resultados que se derivan de estos modelos dependen de que los datos disponibles sean representativos de las unidades geográficas consideradas y de la capacidad del análisis estadístico para aislar efectos proclives a confundirse.

El enfoque Ricardiano, además de ser aplicado en el análisis de los efectos directos del cambio climático en la productividad agrícola, se ha utilizado para analizar las decisiones adaptativas de los productores ante nuevos escenarios climáticos, como los cultivos agrícolas que se adoptarán (Seo y Mendelsohn, 2008c), las especies ganaderas (Seo y Mendelsohn, 2008), o en los efectos en las decisiones de emigración de los hogares rurales (Mora y Yúnez, 2008).

En este estudio emplearemos ambos enfoques a fin de aprovechar sus ventajas y ofrecer resultados que sean robustos metodológicamente. En el capítulo tercero se describe con mayor detalle en qué consisten estas dos metodologías.

### 1. Estudios previos para Centroamérica y Honduras

Los países de Centroamérica se encuentran entre los principales con alto riesgo climático a nivel mundial. Son países sobre los que los fenómenos climáticos han mostrado mayores efectos negativos. No obstante, han sido pocos los estudios que analizan cómo han sido y serán los impactos del cambio climático sobre esta región y en particular sobre su sector agropecuario.

Vega y Gámez (2003) buscan determinar las implicaciones económicas de los desastres por eventos hidrometeorológicos en la economía centroamericana, en específico la de Costa Rica. Analizan el período 1996-2001 y estiman una pérdida en cultivos promedio anual para dicho país de 1,07% del PIB agrícola.

Magrin y Gay (en Alfaro y Rivera; 2008), en su estudio encuentran que para los países de Mesoamérica, si no se consideran los efectos del CO<sub>2</sub>, las reducciones en el rendimiento de los granos podrían alcanzar 30% para el 2080 en el escenario más cálido. Se espera que para esta región, el cambio climático ocasione la salinización y desertificación de 50% de las tierras agrícolas. Por otra parte, se proyecta que la demanda de agua para irrigación se incremente ante un clima más caliente y ocasione mayor competencia entre el uso doméstico y el agrícola.

En ese mismo sentido apuntan los resultados de Monterrosa de Tobar (1998) que, para el caso de El Salvador, observa que el cambio climático podría ocasionar pérdidas que sólo para el cultivo de maíz significan entre 3,1 y 7,5 millones de dólares en el año 2025 y 2100, respectivamente. Al considerarse las pérdidas para la producción de granos básicos, encuentra que éstas llegan a 10,9 millones de dólares en el año 2025, y a 24,9 millones de dólares en el 2100.

En el caso de Honduras se han hecho algunos esfuerzos por conocer cuáles serán los efectos del cambio climático. La Primera Comunicación Nacional de Honduras a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, señala que dentro de los impactos del cambio climático esperados están: i) incrementos en la temperatura, presentando los mayores niveles durante los meses de mayo y junio, y ii) reducciones en las precipitaciones, especialmente entre noviembre y abril. De acuerdo con este informe, en los valles hondureños existe la tendencia a la reducción de las precipitaciones e incremento de las temperaturas mínima y máxima; lo que tiene un impacto sobre el ciclo vegetativo de los cultivos. Por su parte, el sur y sureste del país serán las zonas más vulnerables a los eventos relacionados con el cambio climático puesto que, en dichas zonas, coincidirán los aumentos de temperatura y la disminución de precipitaciones (Banco Mundial, 2008).

Se ha previsto que las alteraciones en los niveles de la temperatura promedio y precipitación que experimentará Honduras serán de tal magnitud que el efecto sobre los sectores productivo y social podría alcanzar un carácter de desastre. Harmeling (2007) señala a Honduras como el país en la primera posición según el *Índice Global de Riesgo Climático* construido para el período 1997-2006, índice que considera tanto los impactos económicos como los sociales. La principal razón de esta ubicación es el daño causado por el huracán Mitch en 1998, que generó graves pérdidas en los cultivos, al afectar más del 29% de las tierras aptas para sembrar del país, además de provocar un deterioro de las cuencas hidrográficas y procesos de erosión y salinización de aguas subterráneas por la elevación del nivel del mar.

Más recientemente, la depresión tropical 16 que azotó a los países de la región centroamericana con intensas lluvias el día 16 de octubre de 2008, dañó 15.000 hectáreas de cultivos, especialmente en los departamentos de Comayagua, Copán y Ocotepeque (UNOCHA, 2008). En términos de qué agentes económicos son los más vulnerables ante estos escenarios, el análisis *Vulnerabilidad Actual de la Cuenca del Río Aguan en Honduras*<sup>2</sup> señala que en el sistema agrícola los grupos vulnerables son los productores en laderas, los sin tierra, los cafetaleros, los ganaderos, los madereros y los extractores de rubros no maderables.

Por todo lo anterior, resulta de relevancia contar con mayores elementos que permitan conocer mejor los efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario hondureño para orientar de mejor forma las políticas públicas agropecuarias y ambientales.

---

<sup>2</sup> Estudio realizado en el marco del trabajo Fomento de las capacidades para la etapa II, adaptación al cambio climático en Centroamérica, Cuba y México.

## II. EL SECTOR AGROPECUARIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

En este capítulo se describe la situación actual del sector agropecuario, que permitirá orientar el examen de los efectos del cambio climático que se presenta en las secciones siguientes.

### 1. La importancia del sector agropecuario

Uno de los elementos donde se refleja la importancia del sector agrícola de Honduras<sup>3</sup> es en el uso del suelo. En 2005, del total de la extensión de suelo terrestre de 11.189 millones de hectáreas, unas 2.938 millones de representaban la superficie agrícola, es decir el 26% con respecto al total.

El sector agropecuario desempeña un papel relevante dentro de la actividad económica de Honduras. Sus vinculaciones con el resto de los sectores lo convierten en uno de los principales motores de la economía. Lo que suceda en el sector se refleja en las demás actividades productivas, industria, comercio, transporte, almacenamiento y, en parte, en los servicios financieros (Serna, 2007).

El sector agropecuario contribuye, en buena medida, al crecimiento económico y la generación de empleos. La participación de este sector en el PIB total es del orden de 13%. Considerando el PIB agroalimentario ampliado<sup>4</sup> la proporción aumenta a 21% (véase el cuadro 1). Entre 2000 y 2008 el PIB agropecuario se expandió en promedio en 4% cada año, no obstante, por habitante sólo lo hizo en 2%.

El sector agropecuario hondureño, a través de ciertos productos, se ha podido insertar de manera positiva en los mercados internacionales. Las exportaciones agropecuarias han presentado gran dinamismo en los últimos cuatro años, al haber crecido de manera constante hasta lograr ubicarse en el año 2008 con casi 23% de las exportaciones totales del país. Por su parte, las importaciones agropecuarias han mantenido un comportamiento opuesto al de las exportaciones, pasando de representar 6% en 2000 a 4% en 2008.

Un hecho notable es que en Honduras más del 50% de la población se encuentra ubicada en las zonas rurales y, de ese porcentaje, poco más de 45% forma parte de la población económicamente activa (PEA) rural. Adicionalmente, el medio rural, absorbe por sí solo a poco más de la mitad de la población ocupada total (véase de nuevo el cuadro 1). La población migrante del sector rural también contribuye de forma importante en los montos de remesas que Honduras recibe, que en 2008 sumaron 2.800,7 millones de dólares, cifra que representó 20% del PIB.

#### a) Estructura y dinámica productiva

El valor agregado bruto de la producción agropecuaria está concentrado en pocos productos. Cinco cadenas productivas representan alrededor del 55%: café, banano, maíz, palma africana y carne vacuna. De ellos el café es el que posee el mayor peso con 20%, seguido de la carne vacuna con 13% y con 11% el banano (véase el cuadro 2).

<sup>3</sup> La República de Honduras se encuentra ubicada entre los 12° y 16° N de latitud y los 83° y 89° W de longitud. Limita al Norte con el mar Caribe, al Sur con El Salvador y el Océano Pacífico, al Este con Nicaragua, y al Oeste con Guatemala y El Salvador. Administrativamente está dividida en 18 departamentos.

<sup>4</sup> Incluye al PIB agropecuario primario y la rama de alimentos, bebidas y tabaco del PIB de la industria manufacturera.

**CUADRO 1**  
**HONDURAS: PRINCIPALES INDICADORES, 2000-2008**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 <sup>a</sup>
<b>Indicadores sectoriales</b>	<b>Tasas de crecimiento</b>								
PIB agropecuario (precios de 1978 y 2000)	11,7	2,1	4,5	2,3	7,2	-2,3	7,6	5,7	3,4
PIB agropecuario por habitante (precios de 1978 y 2000)	4,5	0,6	2,9	0,8	5,6	-3,8	6,3	4,4	2,1
	<b>Porcentajes</b>								
PIB agropecuario/PIB total	14,4	14,3	14,4	14,1	14,2	13,1	13,2	13,1	13,1
PIB ampliado agroalimentario/PIB total <sup>b</sup>	23,2	23,1	23,6	23,2	23,1	21,6	21,5	21,2	21,1
Exportaciones agroindustriales/exportaciones totales de bienes	5,2	6,2	5,2	6,9	5,8	6,0	5,5	6,7	7,4
Exportaciones agropecuarias/exportaciones totales de bienes	22,4	19,7	12,1	14,7	14,9	19,6	20,3	21,0	22,8
Importaciones agroindustriales/importaciones totales	8,2	8,1	7,9	7,7	7,1	7,5	8,1	7,9	7,9
Importaciones agropecuarias/importaciones totales	5,5	5,1	3,9	3,8	3,1	3,9	4,3	3,5	3,6
Gasto agropecuario/gasto gobierno central total	4,1	4,9	4,7	4,1	3,6	3,5	1,7	1,4	1,5
Crédito agropecuario/crédito total	11,7	9,2	7,8	7,7	5,8	4,4	4,4	4,7	3,7
Precios implícitos en el sector agropecuario <sup>c</sup>	100,0	99,6	96,2	99,1	109,5	130,6	129,6	138,7	159,1
<b>Indicadores sociales</b>	<b>Porcentajes</b>								
Población rural/población total	54,7	54,1	53,6	53,1	52,6	52,1	51,5	51,0	50,5
PEA rural/PEA total	49,7	49,2	48,7	48,3	47,8	47,3	46,9	46,4	45,9
PEA rural mujeres/PEA rural total	9,2	9,4	9,6	9,8	9,9	10,1	10,2	10,4	10,5
Población ocupada sector rural/población ocupada total	...	51,7	51,7	51,4	51,4	52,4	51,9	52,7	...
Tasa de desempleo abierto	...	3,9	3,8	5,1	5,9	4,1	3,5	2,9	...
Tasa de desempleo abierto rural	...	2,4	1,8	2,8	3,8	2,1	1,8	2,1	...
Hogares rurales en situación de pobreza	...	73,8	70,8	70,2	70,3	69,7	68,9	...	...
Hogares rurales en situación de pobreza extrema	...	60,5	62,7	58,4	61,4	60,3	60,3	...	...
Población rural en pobreza	...	73,8	77,2	77,1	74,9	...	...	...	...
Analfabetismo nacional	19,0	19,1	19,7	1,8	18,5	17,3	16,6	16,4	...
Analfabetismo rural	...	...	...	28,0	...	25,0	26,4	24,1	...
Escolaridad promedio	...	...	6,2	5,8	5,5	...	5,6	...	...
Escolaridad promedio zonas rurales (años)	...	...	...	4,0	...	...	4,3	...	...
<b>Indicadores macroeconómicos</b>	<b>Tasas de crecimiento</b>								
Producto interno bruto	5,7	2,7	3,8	4,5	6,2	6,1	6,6	6,3	4,0
Índice de precios al consumidor (promedio anual)	11,0	9,7	7,7	7,7	8,1	8,8	5,6	6,9	11,4
Rango de competitividad <sup>d</sup>	...	76	78	94	97	93	90	83	82

Fuente: Sobre la base de cifras del Banco Central de Honduras, Secretaría de Finanzas, Secretaría de la Presidencia, Instituto Nacional de Estadística de Honduras, CEPAL, SIECA, PNUD, CORECA y World Economic Forum.

<sup>a</sup> Cifras preliminares.

<sup>b</sup> Incluye el PIB agropecuario primario y la rama de alimentos, bebidas y tabaco del PIB de la industria manufacturera. Faltó incluir información sobre curtidurías y talleres de acabado, aserraderos, talleres de acepilladura y otros, fabricación de productos de madera y de corcho, fabricación de envases y cajas de papel y cartón, fabricación de artículos de pulpa, papel y cartón.

<sup>c</sup> Se calculó dividiendo los valores a precios corrientes por los respectivos valores a precios constantes de 1978.

<sup>d</sup> Lugar que ocupa a nivel mundial. En el 2002 eran 80 países, en 2003, 102; en 2004, 104; en 2005, 117, en 2006; 125, en 2007, 121 y en 2008, 134.

**CUADRO 2**  
**HONDURAS: VALOR AGREGADO BRUTO DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**  
**A PRECIOS DE MERCADO, 2000-2008**  
*(Millones de lempiras constantes de 2000)*

	Millones de lempiras constantes de				Tasas de crecimiento			Estructura	
	2000				2006	2007	2000-2007	2000	2007
	2000	2005	2006	2007 <sup>a</sup>					
Total agropecuario <sup>b</sup>	15 329	17 540	19 186	20 142	9,4	5,0	4,0	100,0	100,0
Agrícola	10 038	10 990	12 377	13 341	12,6	7,8	4,1	65,5	66,2
Granos básicos	1 670	1 971	2 011	2 181	2,0	8,5	3,9	10,9	10,8
Arroz granza	19	33	40	43	18,4	7,8	12,5	0,1	0,2
Frijol	544	647	651	705	0,6	8,4	3,8	3,5	3,5
Maíz	961	1 084	1 116	1 292	3,0	15,8	4,3	6,3	6,4
Sorgo	90	133	132	141	-0,4	6,8	6,6	0,6	0,7
Otros cereales	56	73	72	73	-1,5	0,2	3,6	0,4	0,4
Cultivos de exportación tradicionales	5 293	5 490	6 556	7 064	19,4	7,7	4,2	34,5	35,1
Banano	1 014	1 622	2 006	2 170	23,7	8,2	11,5	6,6	10,8
Café	3 484	3 068	3 677	4 018	19,8	9,3	2,1	22,7	20,0
Caña de azúcar	795	801	874	876	9,1	0,3	1,4	5,2	4,3
No tradicionales	3 075	3 529	3 809	...	7,9	...	...	20,1	...
Palma africana	801	804	873	932	8,5	6,9	2,2	5,2	4,6
Tabaco en rama	111	130	146	...	12,1	...	...	0,7	...
Tubérculos y raíces	1 065	1 323	1 444	...	9,1	...	...	7,0	...
Frutas y nueces	1 098	1 272	1 347	...	5,9	...	...	7,2	...
Pecuario	3 134	3 637	3 606	3 742	-0,8	3,7	2,6	20,4	18,6
Ganadería vacuna	2 359	2 646	2 549	2 608	-3,7	2,3	1,4	15,4	12,9
Ganadería pecuaria	207	181	180	182	-1,0	1,3	-1,8	1,3	0,9
Avicultura	550	791	857	925	8,4	7,8	7,7	3,6	4,6
Producción de pieles y cueros	10,4	10,7	11,9	13,0	10,5	9,9	3,2	0,1	0,1
Silvicultura	766	810	847	858	4,6	1,3	1,6	5,0	4,3
Pesca	817	1 483	1 693	1 510	14,2	-10,8	9,2	5,3	7,5
Servicios agropecuarios	573	621	663	692	6,7	4,3	2,7	3,7	3,4

Fuente: Banco Central de Honduras.

<sup>a</sup> Cifras preliminares.

<sup>b</sup> Incluye los sectores agrícola, pecuario, apícola, silvícola, caza y pesca.

<sup>c</sup> Incluye tabaco, caña de azúcar, servicios agropecuarios, obtención de productos de animales vivos y otros.

<sup>d</sup> Actividades de cría de cerdos y otros animales.

<sup>e</sup> Activiades de cría de peces y camarones, así como la captura de peces, camarones, langostas y otros procutos acuáticos en alta mar.

Por subsectores, el agrícola es el que aporta la mayor proporción del valor agregado agropecuario con 66%, después se encuentra el pecuario cuyo aporte es de 19%.

El crecimiento del valor de la producción agropecuaria ha sido bastante heterogéneo. Mientras productos como el café y la caña de azúcar crecieron en el período 2000-2007 a tasas relativamente bajas de 2% y 1,4% promedio, respectivamente; el banano y el arroz lo hicieron a tasas cercanas a 12% promedio. Otros productos importantes como el frijol y el maíz se expandieron a tasas de 4% en los mismos años (véase de nuevo el cuadro 2).

Como puede apreciarse en el cuadro 3, el rendimiento de los principales cultivos, medido en toneladas por hectáreas, en el período de 2005-2007 permaneció estancado y, en algunos casos, se redujo. De los cultivos de granos, tales como el arroz, el frijol y el maíz, sólo el primero ha presentado un crecimiento sostenido en sus rendimientos, aunque muy moderado. En cambio, los rendimientos del frijol y el maíz permanecieron estancados. Destaca el aumento significativo de la productividad de la caña de azúcar de 23% entre 2005 y 2007.

La productividad de los principales cultivos padece de un estancamiento crónico debido quizá, a la falta de infraestructura de riego, la carencia en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que contribuyan de manera importante en el desarrollo del sector agrícola.

**CUADRO 3**  
**HONDURAS: RENDIMIENTOS DE LOS PRINCIPALES**  
**CULTIVOS, 2005-2007**  
*(En toneladas por hectárea)*

	2005	2006	2007
Granos			
Arroz	3,3	4,3	5
Frijol	1,3	0,9	1
Maíz	1,7	1,7	1,7
Cultivos tradicionales de exportación			
Banano	29,6	25	25,3
Café	0,7	0,8	0,9
Caña de azúcar	67,5	77,4	82,8
Cultivos no tradicionales			
Plátano	3,3	3,4	3,5
Melón	18,3	17,7	17,7
Semillas oleaginosas			
Palma africana	13,1	22,6	2,4
Cultivos industriales			
Algodón	0,3	1,7	1,7
Tabaco	1,5	1,5	1,5

Fuente: CEPAL, Sistema de Información Agropecuaria (SIAGRO).

#### b) Inserción comercial y competitividad internacional

Honduras enfrenta importantes desafíos relacionados a la inserción comercial y la competitividad internacional, ejemplo de ello es el Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica, la República Dominicana y Estados Unidos (RD-CAFTA), el cual puede representar una buena oportunidad

para consolidarse en el mercado de su principal socio comercial, Estados Unidos, además del acceso a nuevas oportunidades de inversión.

En los últimos años las exportaciones hacia Estados Unidos han mostrado un gran dinamismo, creciendo entre 2005 y 2008 a tasas superiores a 15% en cada uno de los años. Con ello las exportaciones a dicho país llegaron a representar 18% en 2008. Centroamérica es otro de los mercados importantes. Aunque en menor ritmo, las exportaciones a esta región también han mostrado tasas de crecimiento elevadas, 11% en 2007 y 2008. A esta región se dirige el 10% de las exportaciones. (Véase el cuadro 4.)

El café y el banano son los principales cultivos tradicionales de exportación, seguidos por el tabaco. El melón es otro de los cultivos que se encuentra entre los principales productos vendidos.

Pese a que algunos productos han mostrado gran dinamismo en años recientes, en general la competitividad internacional ha tendido a caer desde 2004. En 2008, de 134 países Honduras ocupó el lugar 82 en ese rubro (véase de nuevo el cuadro 1).

Con el propósito de tener un mayor panorama de la competitividad de los productos hondureños, se realizó una clasificación de algunos de ellos, a partir de su comportamiento relativo en el mercado estadounidense en el período 2000-2007, con base en las cifras del Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional (MAGIC). Los resultados se presentan en el cuadro 5. Como ahí se observa, productos que han ganado participación en los mercados mundiales son los lácteos y la miel, las legumbres y las hortalizas, y los cereales. Por el contrario, entre los productos que han permanecido estancados o que han perdido participación se encuentran la carne bovina, las plantas y flores y el café.

**c) Algunos desafíos: capitalizar al medio rural y al sector agropecuario y en particular elevar el capital humano**

A pesar de la importancia del sector agropecuario en el crecimiento económico, se ha descuidado la inversión en el sector agropecuario y en el medio rural. La proporción del gasto del gobierno destinado al sector agropecuario muestra una clara tendencia decreciente, ya que en 1995 esta cifra representó 6% del total, para 2000 se redujo a 4% y en 2008 descendió a 1,5%. Ello ha generado un rezago importante en la infraestructura, investigación y transferencia de tecnología.

En Honduras, casi todas las comunidades rurales pequeñas y lejanas están privadas de servicios de infraestructura. Tan sólo 49% de los hogares rurales cuenta con conexión eléctrica en comparación con 92% de los hogares urbanos (Sanders y Ordaz, 2008).

De igual forma la proporción del crédito total destinado al sector agropecuario ha sufrido un descenso importante en los últimos años al pasar de 12% en 1995 a 4,4% en 2005 y a 3,7% en 2008. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras (SAG) (2003) los principales problemas vinculados a la escasez de crédito se deben a que la banca comercial nacional utiliza como principal destino de su oferta crediticia actividades más seguras. La banca privada ha diversificado sus colocaciones hacia otras inversiones en detrimento de la oferta crediticia rural y, sumada a ella, se ha reducido el número de instituciones financieras (SAG, 2003).

Otro de los retos importantes es el desarrollo del capital humano. Para los años de 2005 y 2006, más del 60% de los hogares rurales se encontraba en situación de pobreza extrema (véase de nuevo el cuadro 1). La desnutrición infantil, entendida como la insuficiencia de nutrientes esenciales en el cuerpo para su desarrollo físico e intelectual, es uno de los graves problemas que aquejan a Honduras. De

acuerdo con las cifras más recientes de FAO, en 2009 uno de cada cuatro niños del país sufre de desnutrición crónica.

**CUADRO 4**  
**HONDURAS: PRINCIPALES EXPORTACIONES SEGÚN SU DESTINO, 2005-2008**  
*(En millones de dólares y porcentajes)*

	Millones de dólares			Composición porcentual			Tasas de crecimiento		
	2005	2007	2008 <sup>a</sup>	2005	2007	2008 <sup>a</sup>	2005	2007	2008 <sup>a</sup>
	Total <sup>b</sup>	5 048,0	5 642,2	6 046,2	100,0	100,0	100,0	11,3	6,9
Centroamérica	401,4	590,1	618,9	7,9	10,5	10,2	8,0	10,5	10,2
Panamá	10,9	19,1	21,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
Estados Unidos	784,5	956,7	1 077,4	15,5	17,0	17,8	15,5	17,0	17,8
República Federal de Alemania	118,7	183,1	154,4	2,4	3,3	2,6	2,4	3,3	2,6
Italia	28,2	25,1	21,2	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4
Japón	18,5	20,9	26,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Resto del mundo	3 685,9	3 847,2	4 126,0	73,0	68,2	68,2	73,0	68,2	68,2
Exportaciones tradicionales	738,0	979,7	1 157,0	14,6	17,4	19,1	28,3	17,8	18,1
Banano	260,3	289,3	383,8	5,2	5,1	6,3	24,7	19,9	32,6
Café	366,3	518,3	623,2	7,3	9,2	10,3	32,2	21,7	20,2
Azúcar	24,8	19,4	20,8	0,5	0,3	0,3	67,0	-34,6	7,6
Zinc	19,6	58,0	26,1	0,4	1,0	0,4	-3,6	-4,5	-55,1
Plata	5,2	17,6	21,4	0,1	0,3	0,4	-9,8	59,9	22,0
Plomo	5,5	24,1	21,1	0,1	0,4	0,4	0,9	179,3	-12,6
Tabaco	12,9	16,9	21,8	0,3	0,3	0,4	62,8	8,7	28,9
Exportaciones no tradicionales	1 160,1	1 439,3	1 544,3	23,0	25,5	25,6	8,4	12,7	7,3
Camarones	132,4	125,5	107,3	2,6	2,2	1,8	-2,9	-22,5	-14,4
Langostas	48,2	32,0	35,8	1,0	0,6	0,6	2,2	-36,1	11,9
Melones	35,9	35,8	35,4	0,7	0,6	0,6	2,4	0,5	-1,0
Piñas	20,2	21,2	21,4	0,4	0,4	0,4	-6,3	17,9	0,8
Jabones y detergentes	42,5	44,0	52,4	0,8	0,8	0,9	-20,3	-4,2	19,1
Resto	880,9	1 180,8	1 292,0	17,5	20,9	21,4	13,4	22,3	9,4
Bienes para la transformación (maquila)	3 149,8	3 223,2	3 344,9	62,4	57,1	55,3	9,1	1,8	3,8

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras del Banco Central de Honduras.

<sup>a</sup> Cifras preliminares.

<sup>b</sup> Incluye valor bruto de bienes para la transformación (maquila).

Otro de los temas urgentes en la agenda del gobierno hondureño es el analfabetismo, ya que de cada cien personas que habitan en el medio rural veinticuatro son analfabetas. Esta problemática viene aparejada con el promedio de años cursados en alguna escuela del país, que fue de cuatro años en el medio rural en 2006.

Por lo tanto, los desafíos que enfrenta el medio rural, tales como el escaso financiamiento, la reducción de la inversión, la baja rentabilidad del sector, el constante deterioro del gasto público y la escasa formación de capital humano, son elementos que se deben incorporar, con mayor énfasis, en el corto plazo a los planes nacionales de desarrollo.

**CUADRO 5**  
**HONDURAS: COMPETITIVIDAD DE LAS EXPORTACIONES AGROALIMENTARIAS**  
**A LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, 2000-2007**  
*(En tipología de los productos)*

Código	Producto	Tipología <sup>a</sup>
<b>Agropecuarios</b>		
1	Animales vivos	Retirada
2	Carne bovina fresca y refrigerada	Retirada
3	Peces vivos	Retirada
4	Lácteos y miel	Estrella naciente
5	Demás productos de origen animal	Retirada
6	Plantas y flores	Retirada
7	Legumbres y hortalizas	Estrella naciente
8	Frutos comestibles	Oportunidad perdida
9	Café sin tostar, té, yerba mate y especias	Retirada
10	Cereales	Estrella naciente
12	Semillas y frutos oleaginosos	Oportunidad perdida
<b>Agroindustriales</b>		
11	Productos de la molinería	No definido
13	Gomas y resinas	Estrella menguante
14	Materias trenzables y demás productos	No definido
15	Grasas y aceites animales o vegetales	Oportunidad perdida
16	Preparaciones de carne	Oportunidad perdida
17	Azúcares y artículos de confitería	Estrella naciente
18	Cacao y sus preparaciones	Oportunidad perdida
19	Preparaciones a base de cereales	Estrella naciente
20	Preparación legumbres, hortalizas y frutas	Estrella naciente
21	Preparaciones alimenticias diversas	Estrella naciente
22	Bebidas, líquidos alcohólicos	Estrella naciente
23	Alimentos balanceados y residuos	No definido
24	Tabaco y sucedáneos del tabaco	Estrella menguante
44	Madera y manufacturas de madera	Retirada

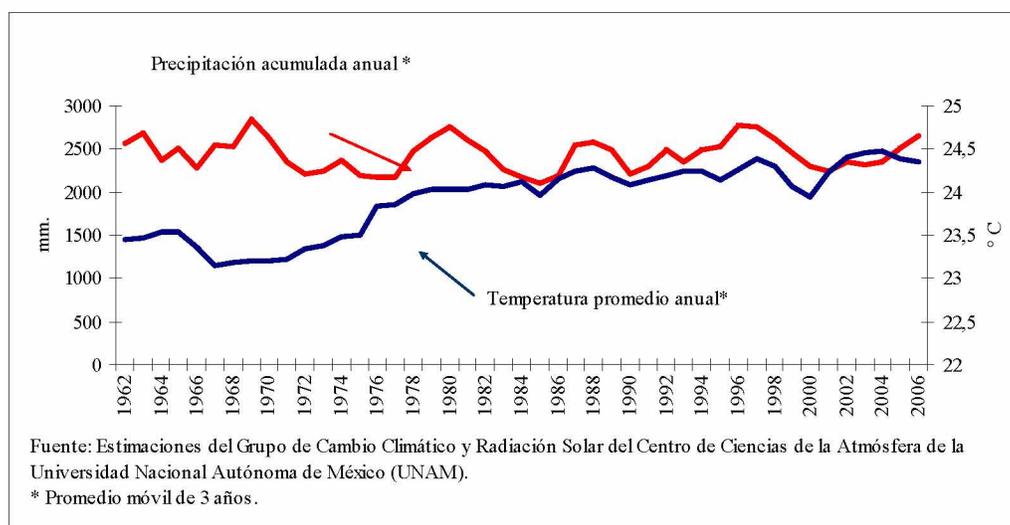
Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras del Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional MAGIC.

<sup>a</sup> Estrellas nacientes: mercados dinámicos y los productos ganan participación. Estrellas menguantes: mercados dinámicos y los productos pierden participación. Oportunidades perdidas: mercados estancados y los productos ganan participación. Estrellas en retirada o retroceso: mercados estancados y los productos pierden participación. Los sectores dinámicos son los que aumentan su importancia relativa en los flujos comerciales entre un año base y un año final. Los sectores competitivos son los que aumentan su participación en el mercado, contribución o especialización entre un año base y un año final. Los sectores no competitivos son los que disminuyen su participación en el mercado, contribución o especialización entre un año base y un año final. Los sectores estacionarios o estancados son los que disminuyen su importancia relativa en los flujos comerciales entre un año base y un año final.

## 2. Honduras ante el cambio climático

Centroamérica y en particular Honduras han visto intensificarse los fenómenos climatológicos extremos sobre su territorio durante los últimos años con grandes costos económicos. En las últimas décadas la temperatura promedio anual en Honduras ha tendido a incrementar mientras la precipitación ha tendido a reducirse (véase el gráfico 1). El huracán Mitch que azotó a Honduras en 1998, sumado a sucesivas sequías, han provocado daños al sector agropecuario de este país superiores a los 2.000 millones de dólares (véase el cuadro 6).

**GRÁFICO 1**  
**HONDURAS: EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA 1961-2006**



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 6**  
**HONDURAS: DAÑOS Y PÉRDIDAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO POR**  
**LOS DESASTRES, 1972-2008**  
*(En millones de dólares)*

Evento	Daños y pérdidas totales	Agropecuario			Porcentajes			
		Total	Daños <sup>a</sup>	Pérdidas <sup>b</sup>	Agropecuario/ total	Daños/ agropecuario	Pérdidas/ agropecuario	
1974	Huracán Fifi	207,9	69,5	69,5	...	33,4	100,0	-
1998	Mitch	3 793,6	2 031,4	1 226,2	805,2	53,5	60,4	39,6
2001	Sequía	51,5	32,3	-	32,3	62,7	-	100,0

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales de la Base de Datos de la Unidad de Desastres.

<sup>a</sup> Se refiere a la destrucción total o parcial del acervo o capita.

<sup>b</sup> Se refiere a las pérdidas o alteraciones en los flujos.

Las medidas para mitigar los efectos del cambio climático, especialmente relacionadas con los subsectores agrícola y ganadero, están encaminadas a mejorar la productividad, tanto de los cultivos como de la producción. Básicamente, con las estrategias señaladas en el “Plan Nacional de Acción sobre Cambio Climático”, lo que se busca es incidir en la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> y Metano (CH<sub>4</sub>) para hacer frente a la prevención y control de la degradación de la tierra.

Adicionalmente, la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), a parte de la búsqueda por incrementar la competitividad en el sector agrícola, se ha empeñado en generar mayores beneficios del proceso de globalización, ello a efecto de mejorar la seguridad alimentaria y el bienestar de la población bajo el Marco de Desarrollo Agrícola y Rural Sustentable (SERNA, 1997).

Las fuentes de contaminación más comunes en Honduras son los residuos orgánicos provenientes de la producción del café, el uso intensivo de plaguicidas que van a dar a la Costa Atlántica y algunas zonas del Golfo de Fonseca, además, los metales pesados provenientes de la actividad minera y los desechos de las zonas urbanas son descargados sin tratamiento en los espacios hidricos (FAO, 2009a).

A partir de 2003 se comenzó a generar una discusión más amplia en Honduras sobre la importancia de los mercados de bienes y servicios ambientales, tales como el posible nexo entre la escasez y el valor económico de los recursos explotados, además, del impacto sobre el medio rural. De ahí que el gobierno local se ha comprometido a implementar mecanismos novedosos para atender la conservación de los recursos naturales con que cuenta el país (CONABISAH, 2004).

### III. METODOLOGÍAS

Como anteriormente se mostró, existen diferentes enfoques para analizar los efectos del cambio climático sobre la producción del sector agropecuario, algunos de ellos tienen ciertas ventajas sobre otros, pero no existe una metodología que pueda considerarse la “mejor” y que pueda aplicarse para diferentes niveles de desagregación del análisis.

En este estudio, el interés es ofrecer aproximaciones de los posibles efectos sobre algunos cultivos relevantes, sobre algunos subsectores y sobre el sector agropecuario en su conjunto, incluyendo los efectos sobre el valor de la tierra; por ello a diferencia de la mayoría de los trabajos previos, se utilizan dos metodologías diferentes: la de la función de producción y la del enfoque Ricardiano. El cuadro 7 describe sus ventajas y limitaciones.

Una de las ventajas de la función de producción es que además de permitir analizar los efectos sobre cultivos específicos permite conocer los umbrales de temperatura y precipitación a partir de los cuales los efectos pueden ser benéficos o perjudiciales para los cultivos. Según Mendelsohn, Nordhaus y Shaw (1994) este enfoque puede sobrestimar los efectos negativos del clima, ya que no considera una variedad de ajustes que los productores realizan en respuesta a cambios en las condiciones económicas y ambientales; por ejemplo, la adaptación a los cambios tecnológicos y ambientales, modificaciones en la producción de alimentos, en los precios de los insumos o en la disponibilidad de recursos. Así, los resultados de la función de producción, con frecuencia, predicen severas reducciones en los rendimientos de los cultivos como resultado del cambio climático.

El enfoque Ricardiano permite corregir el posible sesgo en las estimaciones basadas en la función de producción. Además es útil para analizar cómo el clima afecta el valor neto de las tierras cultivadas. Como mide directamente los precios agrícolas considera los impactos directos del clima en los diferentes cultivos, así como la sustitución de diferentes insumos, la introducción de diferentes actividades y otras adaptaciones potenciales a climas distintos (Mendelsohn, Nordhaus y Shaw, 1994). También permite analizar cómo los agricultores tienen la posibilidad de responder a futuros cambios en el clima mediante la búsqueda de una mayor renta de la tierra (diferentes usos de la tierra). Entre sus desventajas se tiene que no permite conocer los efectos sobre cultivos específicos ni permite identificar umbrales a partir de los cuales el clima puede afectar positiva o negativamente.

Por tanto ambos enfoques son complementarios. En este estudio, el enfoque de la función de producción se empleará para conocer los posibles efectos económicos del cambio climático sobre algunos cultivos y sobre la producción de algunos subsectores, mientras el modelo Ricardiano permitirá conocer cómo se afectará el valor de la tierra en Honduras ante el cambio climático. A continuación se describen ambos enfoques.

#### 1. Enfoque de la función de producción

Una función de producción agrícola relaciona la producción ( $Q$ ) con variables endógenas ( $W$ ) como trabajo, capital y otros insumos; con variables exógenas ( $Z$ ) que comprenden variables climáticas e irrigación y con las características de los agricultores ( $X$ ) entre las que se incluyen variables de capital humano (Fleischer, Lichtman y Mendelsohn, 2007).

**CUADRO 7**  
**VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN Y EL ENFOQUE RICARDIANO**  
**EN LOS ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA**

	<b>Ventajas</b>	<b>Limitaciones</b>
Función de producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Permite analizar efectos sobre cultivos específicos.</li> <li>➤ Permite identificar los umbrales de temperatura y precipitación a partir de los cuales los efectos pueden ser benéficos o perjudiciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Puede sobrestimar los efectos negativos del clima</li> <li>➤ No considera posibles adaptaciones como la sustitución de insumos, la introducción de diferentes actividades, cambios en precios y otras adaptaciones potenciales a climas distintos, entre otras.</li> <li>➤ Puede generar problemas de colinealidad en las estimaciones</li> </ul>
Enfoque Ricardiano	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Considera los impactos directos del clima en los diferentes cultivos, así como la sustitución de distintos insumos, la introducción de diferentes actividades y otras adaptaciones potenciales a climas distintos.</li> <li>➤ Los sesgos de estimación pueden ser menores que en las funciones de producción.</li> <li>➤ Permite analizar cómo los agricultores pueden responder a futuros cambios en el clima mediante la búsqueda de una mayor renta de la tierra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No permite analizar efectos sobre cultivos específicos.</li> <li>➤ No permite identificar los umbrales de temperatura y precipitación a partir de los cuales los efectos pueden ser benéficos o perjudiciales.</li> <li>➤ No incluye medidas por parte de los productores con respecto al costo de adaptación al cambio climático.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

En términos formales la función de producción agrícola se representa como sigue:

$$Q_i = f(W, Z, X) \quad (1)$$

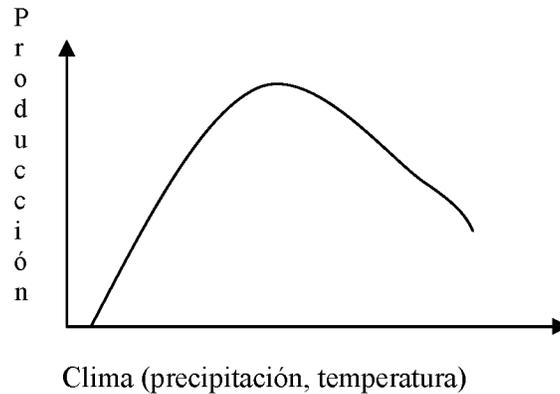
Donde  $Q_i$  puede representar la producción total en el sector agropecuario, la producción en un subsector como por ejemplo el pecuario, o el rendimiento por hectárea de un cultivo determinado.

La forma funcional más común de una función de producción es cuadrática. Ello permite capturar un efecto no lineal en el rendimiento o el valor de la producción, y poder identificar su valor óptimo ante diferentes niveles de clima (temperatura o precipitación), tal como se muestra en la figura 1.

En este estudio se analizan los efectos sobre algunos de los cultivos más relevantes del país y sobre sectores agregados. En el primer caso la variable de interés son los rendimientos por hectárea; en el segundo se emplean índices de producción. En ambos casos la función de producción se estima con base en el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

Una vez que se encuentra una función de producción metodológicamente robusta, se puede proyectar la producción en los siguientes años (para algunos cultivos, para subsectores o para el sector agropecuario en su conjunto) considerando diferentes escenarios climáticos. La producción que muestra estos escenarios se compara con la producción que se obtendrían en caso de que no existiera cambio climático, es decir, que la temperatura y la precipitación se mantuvieran en sus niveles actuales. Con ello se pueden obtener estimaciones de los posibles costos económicos que traería el cambio climático.

**FIGURA 1**  
**PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y CLIMA**



Si bien la función de producción no captura por completo la adaptación y estrategias de mitigación de los agricultores para enfrentar el cambio climático, tiene la ventaja de arrojar resultados auténticos en términos de la relación entre rendimientos y condiciones climáticas, relación que es de interés para los propósitos de esta investigación. Además, tiene el beneficio de que, al basarse en variables observadas, la relación de variables climáticas y rendimientos agrícolas se estima directamente.

## 2. Enfoque Ricardiano

El modelo Ricardiano debe su nombre a David Ricardo, quien notó que el valor de la tierra muestra su productividad neta por el ingreso neto de la tierra ( $\pi$ ). Así, al analizar los efectos del clima sobre el valor de la tierra se pueden conocer los efectos sobre la productividad agrícola. Ello permite conocer las ganancias (o pérdidas agregadas) sin necesidad de hacer un análisis de cada cultivo o de cada sector.

En este modelo se asume que los productores agrícolas maximizan sus ingresos menos sus costos, esto es su ingreso neto ( $\pi$ ). Los ingresos son función de la producción ( $Q_i$ ) y de su precio ( $P_i$ ). Los costos son función de los insumos ( $W$ ) y de sus precios ( $P_w$ ). En tanto que, la producción es función de  $W$ ,  $Z$  y  $X$  (véase ecuación 1). Formalmente se tiene:

$$\pi = \sum P_i Q_i(W, Z, X) - \sum P_w W \quad 2)$$

Los productores eligen las cantidades de  $W$  que permiten maximizar los ingresos en cada cultivo, dadas las variables climáticas ( $Z$ ), las características de los agricultores ( $X$ ), y el precio de mercado de los productos. La función óptima resultante es:

$$\pi^* = f(P_i, W, Z, P_w) \quad (3)$$

A partir de la especificación anterior se determina cómo cambios en variables exógenas contenidas en  $X$  y  $Z$  afectan la productividad neta de la tierra. El valor de la tierra (VT) es por tanto el valor presente del flujo de ingresos netos:

$$VT = \int_0^{\infty} \pi_t^* \cdot e^{-rt} dt \quad (4)$$

Donde  $r$  representa la tasa de interés del mercado.

En la estimación del modelo Ricardiano se puede emplear como variable dependiente el valor de la tierra o el ingreso neto anual. El valor de la tierra refleja la expectativa de ingresos en un horizonte de varios años, mientras el ingreso neto anual sólo ofrece un resultado que puede ser válido para un año, pero puede tener el problema de que si ese año es atípico los resultados serían sesgados, por ello el valor de la tierra se considera una mejor medida. No obstante, la utilización de una u otra variable depende en gran parte de la disponibilidad de datos.

La ecuación (4) se puede representar econométricamente de la siguiente forma (Seo y Mendelsohn, 2008a)

$$VT = \beta_0 + \beta_1 \cdot T + \beta_2 \cdot T^2 + \beta_3 \cdot P + \beta_4 \cdot P^2 + \beta_2 T \cdot P + (\beta_6 + \beta_7 \cdot T + \beta_8 \cdot T^2 + \beta_9 \cdot P + \beta_{10} \cdot P^2 + \beta_{11} T \cdot P) + \sum_j \lambda_j \cdot Z_j + e \quad (5)$$

Donde la variable dependiente es el valor de la tierra por hectárea,  $T$  y  $P$  representan temperatura y precipitación, respectivamente<sup>5</sup>. En este caso,  $B$  es una variable *dicotómica* que puede representar hogares, productores grandes o cualquier otra desagregación deseada (por ejemplo, productores de riego vs productores de temporal).  $Z$  representa un conjunto de variables relevantes (socioeconómicas y características de suelos),  $\beta_k$  y  $\lambda_j$  son parámetros a ser estimados y  $e$  es el término de error.

Los términos cuadráticos reflejan que la respuesta del valor de la tierra, dada a través de la función Ricardiana  $VT$ , a cambios en variables climáticas puede ser no lineal. Por ejemplo, a bajos niveles de temperatura, la decisión óptima del productor puede ser cultivar un producto determinado; no obstante, conforme la temperatura aumenta la rentabilidad marginal de dicho producto es decreciente hasta alcanzar un punto en el que se vuelve negativa. Es entonces cuando el productor puede tomar, como decisión óptima, la adopción de un nuevo cultivo adaptable a temperaturas mayores. Un razonamiento similar es aplicable a cultivos sensibles a la precipitación pluvial. Al seguir esta lógica, el modelo Ricardiano asume un comportamiento adaptativo de los productores a lo largo del ciclo productivo intertemporal (Mendelsohn, Nordhaus y Shaw, 1994).

De esta forma, el cambio en el valor de la tierra debido a un cambio marginal en alguna de las variables climáticas, temperatura ( $T$ ) por ejemplo, está dado por:

$$\begin{aligned} \frac{\partial VT_t}{\partial T} &= \beta_1 + 2 \cdot \beta_2 \cdot T + \beta_5 \cdot P && \text{para pequeños productores (B = 0)} \\ \frac{\partial VT_t}{\partial T} &= (\beta_1 + \beta_7) + 2 \cdot (\beta_2 + \beta_8) \cdot T + (\beta_5 + \beta_{11}) \cdot P && \text{para grandes productores (B = 1)} \end{aligned} \quad (6)$$

<sup>5</sup> En la práctica, es común hacer una distinción entre temperaturas y precipitaciones en diferentes estaciones del año.

El resultado es análogo para las variables de precipitación. La modelación anterior permite la diferenciación de los impactos del cambio climático a través de distintos perfiles de productores, lo que hace posible determinar diferentes niveles de sensibilidad. El efecto anual de un cambio marginal de la variable climática en cuestión es la suma de los efectos marginales de dicha variable en cada estación del año.

El cambio en el valor de la tierra como resultado del cambio de escenario climático  $C_0$  a  $C_1$  está dado por:

$$\Delta VT = VT(C_1) - VT(C_0) \quad (7)$$

Así, una vez estimada la relación funcional del valor de la tierra y las variables climáticas, basta evaluar la función Ricardiana en uno y otro escenario climático para obtener el monto monetario por el cual el valor de la tierra, o flujo neto de ingresos, será afectado. Si  $\Delta VT < 0$ , hay evidencias de efectos negativos del cambio climático en la rentabilidad agrícola.

Es importante señalar que el resultado de la ecuación (7) se basa en el supuesto de que el resto de las variables explicativas (por ejemplo, sociodemográficas) no cambian entre los escenarios  $C_0$  y  $C_1$ . Se asume, por ejemplo, que cualquier cambio en los niveles de educación entre  $t = 0$  y  $t = 1$  no tendrá efectos en la productividad de la tierra. Otra de las limitaciones es que no se incluyen, en el análisis, los cambios en los precios agrícolas. Tampoco se incluyen medidas por parte de los productores con respecto al costo de adaptación al cambio climático.

#### IV. EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO

En este capítulo se presentan los resultados de las estimaciones de los efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria. Se realizan proyecciones para conocer cuáles son los niveles de temperatura y precipitación aproximados a los cuales se tienen efectos negativos sobre la producción. El análisis inicia abordando los impactos sobre tres de los cultivos más importantes: el frijol, el maíz y el café. Después se considera un mayor nivel de agregación y se evalúan los impactos sobre índices de la producción agropecuaria en su conjunto, cereales y producción pecuaria. En estos dos casos la metodología empleada es la de las funciones de producción y se utilizan cifras anuales en el período 1961-2006<sup>6</sup>.

También se presentan resultados de los efectos sobre los ingresos de los agricultores. En este caso se emplea el enfoque Ricardiano.

Las variables climáticas que se utilizan en el análisis fueron proporcionadas por el Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Estos datos corresponden a información de temperatura y precipitación anuales.

Las funciones de producción<sup>7</sup> que se consideran en el análisis son de forma cuadrática en las variables de interés (temperatura y precipitación). Ello con el objetivo de poder conocer cómo se comparan los niveles de temperatura y precipitación actual<sup>8</sup> con los valores que permiten lograr los mayores niveles de producción. Un punto a considerar es que cuando se emplean términos cuadráticos de las variables de clima tiende a presentarse un problema de multicolinealidad<sup>9</sup> en las estimaciones por ser variables altamente relacionadas y por ello, en ocasiones la significancia estadística tiende a ser baja (Segerson y Dixon, 1998). No obstante, ello no implica que no exista relación entre el clima y la producción agropecuaria.

En el caso de las estimaciones de las funciones de producción se partió de dos formas de especificar a las variables de control (PEA rural y población total): logarítmica y lineal; a partir de las cuales se realizaron diferentes estimaciones y se escogieron las expresiones de temperatura y precipitación con las que las variables de interés tuvieran las mayores correlaciones<sup>10</sup>. Después se escogió aquellas formas funcionales que fueran robustas metodológicamente para estudiar los efectos del cambio

<sup>6</sup> En el caso de los índices de producción las cifras abarcan hasta 2005, por ser el último año para el que se tiene información disponible para todas las variables empleadas.

<sup>7</sup> Un supuesto implícito en el análisis es que la economía hondureña es tomadora de precios.

<sup>8</sup> En el análisis de los rendimientos de los cultivos se toman como referencia de comparación las cifras de temperatura y precipitación de 2006 y en los índices de producción las de 2005, por ser los últimos años en el período de análisis.

<sup>9</sup> La multicolinealidad en los modelos econométricos es una situación en la que existe una fuerte correlación entre variables explicativas, lo cual incrementa las varianzas de los estimadores de los coeficientes estimados y con ello las pruebas de significancia estadística de los coeficientes pudieran no ser adecuadas. Algunos de los métodos más usuales para solución de este problema son: la eliminación de variables, aumentar el tamaño muestral, o utilizar series en logaritmos. El primer método en nuestro caso no es adecuado, ya que implica perder información muy valiosa. Ante la falta de información no es posible aplicar el segundo método; mientras que el tercero implica una transformación de las variables y posibles cambios en las proyecciones de largo plazo, por lo cual puede ser poco conveniente. Las estimaciones que se reportan en este documento, aunque pueden presentar en algunos casos este problema, todas son robustas metodológicamente, ya que ofrecen resultados similares a diferentes especificaciones y pasaron diferentes pruebas estadísticas que permitieron comprobar que nos son regresiones espurias.

<sup>10</sup> Para la precipitación se probaron: precipitación promedio anual; precipitación acumulada anual; precipitación en la estación del año lluviosa (comprende de mayo a octubre); precipitación en la estación de año seca (abarca de noviembre a abril). En el caso de la temperatura se emplearon: temperatura promedio anual, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura en la estación del año seca, temperatura en la estación de año lluviosa.

climático<sup>11</sup>. En todos los casos se realizaron pruebas de cointegración que permitieran descartar la posibilidad de regresiones espurias<sup>12</sup>.

### 1. Impacto sobre la producción de frijol, maíz y café

Como se expuso en el capítulo II, el frijol, el maíz y el café son tres de los productos agrícolas más importantes de Honduras. En conjunto aportan cerca de 50% del valor agregado de la producción agrícola. El café pertenece al grupo de los cultivos tradicionales de exportación, y el frijol y el maíz a los granos básicos.

El análisis de estos productos nos puede ofrecer una idea general de los efectos que el cambio climático podría tener sobre el sector agropecuario en su conjunto. No obstante, en la siguiente sección profundizamos más sobre los efectos agregados.

Las estimaciones de esta sección se realizaron empleando la metodología de funciones de producción, explicada previamente, a través del Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Para cada uno de los cultivos la variable de interés es el rendimiento, medido en toneladas producidas por hectárea.

Las variables independientes utilizadas para explicar los rendimientos de estos cultivos son: la población nacional y la PEA rural. Como variables climáticas en las especificaciones finales se incluyeron la temperatura promedio y su cuadrado; la temperatura promedio en los meses de mayo a octubre y su cuadrado; la temperatura mínima en el año y su cuadrado; la precipitación promedio en los meses de mayo a octubre y su cuadrado, y la precipitación promedio en los meses de mayo a octubre y su cuadrado; además, se incluyó una constante. En el cuadro 8 se presentan las estadísticas descriptivas.

Es importante mencionar que las estimaciones y los escenarios que se presentan no controlan por la posible adaptabilidad de los agricultores ante el cambio climático, ya que no se contó con información de variables relevantes para ello, tal es el caso de algunas variables de capital humano. Por ello, como se argumentó en el capítulo III es probable que algunos de los resultados puedan estar sobrestimados. Ante esto, un criterio importante para tomar una especificación como final es que además de ser robusta metodológicamente ofreciera efectos que tendieran a ser de los más bajos entre todas las especificaciones.

#### a) El caso del frijol

Las especificaciones para los rendimientos del frijol incluyeron a la temperatura mínima en el año y su cuadrado, así como a la precipitación promedio anual además de su cuadrado. También se incluye por separado a la PEA rural y a la población total, ambas expresadas de forma lineal y logarítmica. En el cuadro 9 se presentan los resultados para estas estimaciones. De acuerdo con ellos, con excepción de la estimación con la PEA rural de forma logarítmica, todas parecen mostrar relaciones de largo plazo; es decir, no son regresiones espurias, tal como lo indican las pruebas de cointegración. Además, las regresiones son robustas en el sentido de que los coeficientes mantienen siempre sus signos. No obstante, la temperatura no aparece como estadísticamente significativa en ninguna de las regresiones como sí lo es la precipitación en todas, pero al hacer la prueba de significancia conjunta de todas las variables la temperatura sí parece ser relevante.

<sup>11</sup> En muchos casos se encontraron diferentes especificaciones que fueron robustas metodológicamente. Ahí el criterio fue tomar aquella o aquellas que presentaran los menores efectos, esto debido a que como se ha mencionado anteriormente, el método de las funciones de producción tiende a sobrestimar los efectos negativos.

<sup>12</sup> La existencia de una relación de cointegración entre un conjunto de variables puede interpretarse como la existencia de una relación lineal de equilibrio entre ellas, dada por un vector de cointegración.

**CUADRO 8**  
**HONDURAS: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS VARIABLES PARA LOS MODELOS**  
**DE RENDIMIENTOS EN FRIJOL, MAÍZ Y CAFÉ, 1961-2005 <sup>a</sup>**

	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Rendimientos del frijol <sup>b</sup>	45	0,7	0,2	0,3	1,3
Rendimientos del maíz <sup>b</sup>	45	1,3	0,2	0,9	1,7
Rendimientos del café <sup>b</sup>	45	0,6	0,2	0,3	0,9
Temperatura mínima (°C)	45	16,9	0,7	15,3	18,3
Temperatura promedio anual (°C)	45	23,9	0,5	23,0	24,7
Temperatura promedio de mayo a octubre (°C)	45	24,7	0,5	23,8	25,6
Precipitación media anual (mm)	45	167,0	20,6	125,2	214,4
Precipitación media de mayo a octubre (mm)	45	242,3	38,6	158,3	341,1
Población total (miles)	45	4 245,0	1 535,0	2 069,0	7 033,0
PEA rural (miles)	45	768,0	221,9	463,0	1 218,0

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> Se refiere a observaciones anuales correspondientes del período 1961-2006.

<sup>b</sup> Toneladas por hectárea.

De las cuatro especificaciones se escogió la que controla por la PEA rural de forma lineal debido a su mayor robustez. Con base en ella se estimaron los posibles valores que tomarían los rendimientos del frijol ante cambios en la temperatura y la precipitación. En el gráfico 2 se puede observar que es probable que ya esté por alcanzarse la temperatura que permite lograr los mayores rendimientos, por lo que en el corto plazo el cambio climático podrían tener efectos positivos sobre este producto pero en el largo plazo se tendrían pérdidas, como se verá en el capítulo siguiente.

Por su parte, las proyecciones con la precipitación, mostradas en el gráfico 3, indican que la producción de frijol alcanza su rendimiento máximo en niveles inferiores al actual, y que cuando se rebasa el nivel actual la producción tiende a decrecer. Niveles de precipitación ligeramente inferiores al actual podrían generar ciertas ganancias en producción.

**CUADRO 9**  
**HONDURAS: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS**  
**POR HECTÁREA DEL FRIJOL**

Variables	PEA rural		Población total	
	Lineal	Logarítmico	Lineal	Logarítmico
Precipitación promedio anual	0,0383 (1,96) *	0,0403 (2,04) **	0,0396 (2) *	0,0421 (2,11) **
Precipitación promedio anual <sup>2</sup>	-0,0001 (1,92) *	-0,0001 (2) *	-0,0001 (1,96) *	-0,0001 (2,07) **
Temperatura mínima anual	1,1646 (0,92)	1,3434 (0,82)	1,3044 (0,8)	1,492 (0,91)
Temperatura mínima anual <sup>2</sup>	-0,0340 (0,71)	-0,0393 (0,81)	-0,038 (0,78)	-0,044 (0,89)
<b>R<sup>2</sup></b>	0,44	0,43	0,43	0,41
Pruebas de significancia conjunta de variables				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	2,44 *	2,42 *	2,33	2,38
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	0,35	0,42	0,43	0,53
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	2,05	1,16	2,00	1,27
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	3,49 **	3,49 **	3,45 **	3,27 **
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>				
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	1 **	0 **	2 **	1 ***
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1 **	0 **	1 ***	1 **

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

Valores absolutos de t-estadístico entre paréntesis.

\* Significativo al 10%;

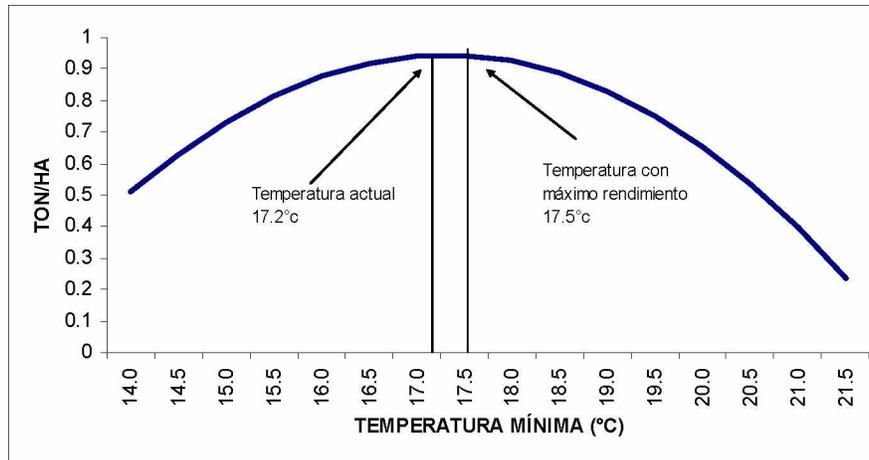
\*\* Significativo al 5%;

\*\*\* Significativo al 1%.

Todos los modelos se estimaron con constante y con variables *dummy* que capturan efectos de desastres naturales.

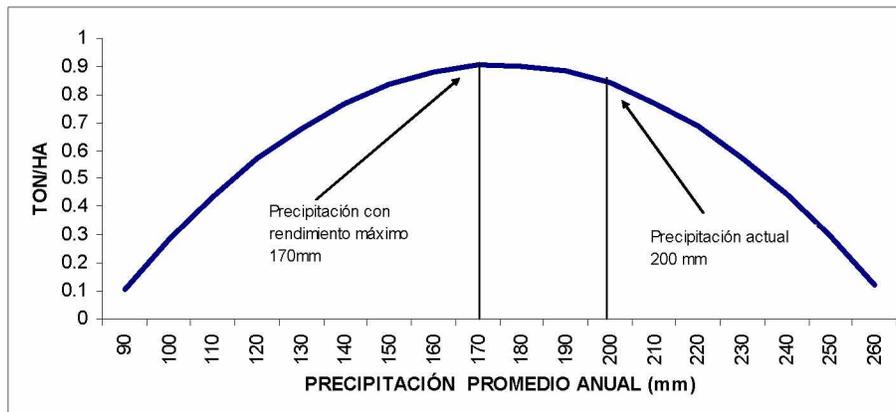
La prueba de cointegración se realizó con término constante en la ecuación de cointegración y en el modelo dinámico.

**GRÁFICO 2**  
**HONDURAS: RENDIMIENTOS DEL FRIJOL**  
**ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA MÍNIMA**



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 3**  
**HONDURAS: RENDIMIENTOS DEL FRIJOL**  
**ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

## b) El caso del maíz

En el cuadro 10 se exponen los resultados de las estimaciones para los rendimientos del maíz. Aquí también se emplearon las cuatro especificaciones que se están utilizando en esta sección. Las variables climáticas que se utilizaron son la precipitación promedio anual y la temperatura promedio anual en época de lluvia.

Aunque no en todos los casos la precipitación y la temperatura son estadísticamente significativas de forma individual, de forma conjunta siempre lo son. Por esto, se puede considerar que ambas variables son relevantes para explicar el comportamiento de los rendimientos del maíz. Todas las estimaciones muestran una relación de largo plazo; es decir, no son espurias, tal como lo muestran las pruebas de cointegración.

**CUADRO 10**  
**HONDURAS: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS POR HECTÁREA DEL MAÍZ**

Variables	PEA rural		Población total	
	Lineal	Logarítmico	Lineal	Logarítmico
Precipitación promedio de mayo a octubre	-0,0031 (0,40)	-0,0032 (0,41)	0,0009 (0,02)	0,0004 (0,05)
Precipitación promedio <sup>2</sup> de mayo a octubre	0,00003 (0,41)	0,00003 (0,41)	0,00001 (0,03)	0,00001 0,04
Temperatura promedio de mayo a octubre	2,5034 (0,38)	2,5034 (0,38)	5,8877 (2,06) **	6,2640 (2,11) **
Temperatura promedio <sup>2</sup> de mayo a octubre	-0,0462 (0,35)	-0,0462 (0,35)	-0,1162 (2,04) **	-0,1239 (2,09) **
<b>R<sup>2</sup></b>	0,45	0,45	0,57	0,57
Pruebas de significancia conjunta de variables				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	0,09	0,09	0	0,01
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	5,24 **	5,22 **	4,78 **	4,76 **
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	2,65 **	2,65 **	2,53 *	2,48 *
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	2,5 *	2,52 *	4,83 ***	4,88 ***
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>				
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2 **	1 ***	1 ***	1 ***
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1 ***	1 ***	1 ***	1 ***

Fuente: Elaboración propia.

Notas: Valores absolutos de t-estadístico entre paréntesis.

\* Significativo al 10%;

\*\* Significativo al 5%;

\*\*\* Significativo al 1%.

Todos los modelos se estimaron con constante y con variables *dummy* que capturan efectos de desastres naturales en los años. Se emplearon las tasas de crecimiento de la población y la PEA rural.

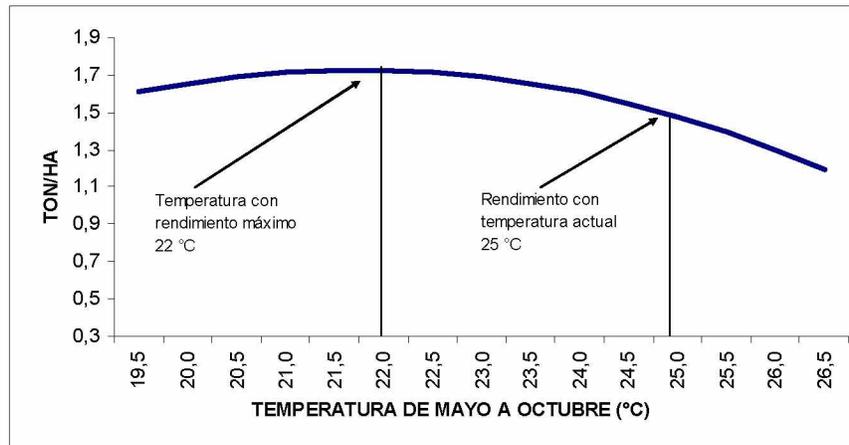
La prueba de cointegración se realizó con término constante en la ecuación de cointegración y en el modelo dinámico.

Las estimaciones que emplean a la población son las que parecen ser más robustas al mostrar los signos adecuados, por ello se eligió dentro de estas dos a la lineal por ser la que tendía a mostrar menores efectos adversos y probablemente la que menos sobrestima los impactos negativos.

Para tener una mejor idea de cuáles pueden ser los niveles de temperatura y precipitación a los que la producción tiende a decrecer se realizaron las proyecciones que se presentan en los gráficos 4 y 5. En el primero se observa que es probable que ya se haya rebasado la temperatura que permite obtener los mayores rendimientos para el maíz, por lo que incrementos en la temperatura conllevarían pérdidas en la producción. Así, el cambio climático ya podría estar teniendo efectos adversos sobre este cultivo.

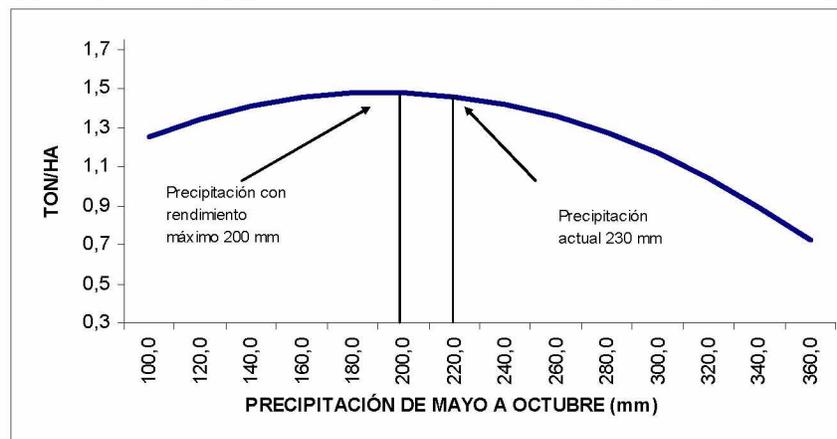
Las proyecciones del gráfico 5 indican que los niveles actuales de precipitación son muy cercanos a los que permiten estimular la producción de maíz de forma óptima, por lo que a futuro, si la precipitación se reduce (que es lo que se esperaría) la producción se desincentivaría.

**GRÁFICO 4**  
**HONDURAS: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 5**  
**HONDURAS: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

### c) El caso del café

En las estimaciones de los rendimientos del café también se controló por la PEA rural y la población total, cada una de forma lineal y logarítmica. En el cuadro 11 se presentan estos resultados. Todos los modelos presentan signos positivos en los términos lineales de las variables climáticas y

negativos en los cuadráticos. En todas las regresiones se encontró un vector de cointegración, lo que permite descartar la presencia de regresiones espurias y por tanto es posible afirmar que existe una relación de largo plazo entre las variables consideradas. Aun cuando no siempre las variables climáticas son estadísticamente significativas de forma individual, de forma conjunta llegan a mostrar significancia en algunos casos. Ello permite inferir que tanto la temperatura como la precipitación son relevantes en los rendimientos del café. Ambas variables parecen estimular la producción en niveles relativamente bajos hasta llegar a un punto a partir del cual la desincentivan.

**CUADRO 11**  
**HONDURAS: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS POR HECTÁREA DEL CAFÉ**

Variables	PEA rural		Población total	
	Lineal	Logarítmico	Lineal	Logarítmico
	0,0085	0,0113	0,0089	0,0133
Precipitación promedio anual	(1,24)	(1,78) *	(1,34)	(2,06) **
Precipitación promedio anual <sup>2</sup>	-0,00002	-0,00003	-0,00005	-0,00005
	(1,23)	(1,74) *	(1,32)	82,01) **
Temperatura promedio de mayo a octubre	4,0613	1,9932	3,1797	0,6516
	(1,51)	(0,8)	(1,21)	(0,26)
Temperatura promedio <sup>2</sup> de mayo a octubre	-0,081	-0,04	-0,064	-0,013
	(1,48)	(0,79)	(1,19)	(0,25)
<b>R<sup>2</sup></b>	0,889	0,889	0,8782	0,8782
Pruebas de significancia conjunta de variables				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	0,78	2,67 *	0,93	2,53 *
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	2,46 *	0,53	1,67	0,17
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	1,67	2,23	1,45	1,37
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	31,85 ***	37,05 ***	33,45 ***	36,05 ***
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>				
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	1 **	1 **	1 **	1 **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	0 **	0 **	0 **	0 **

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

Valores absolutos de t-estadístico entre paréntesis.

\* Significativo al 10%.

\*\* Significativo al 5%.

\*\*\* Significativo al 1%.

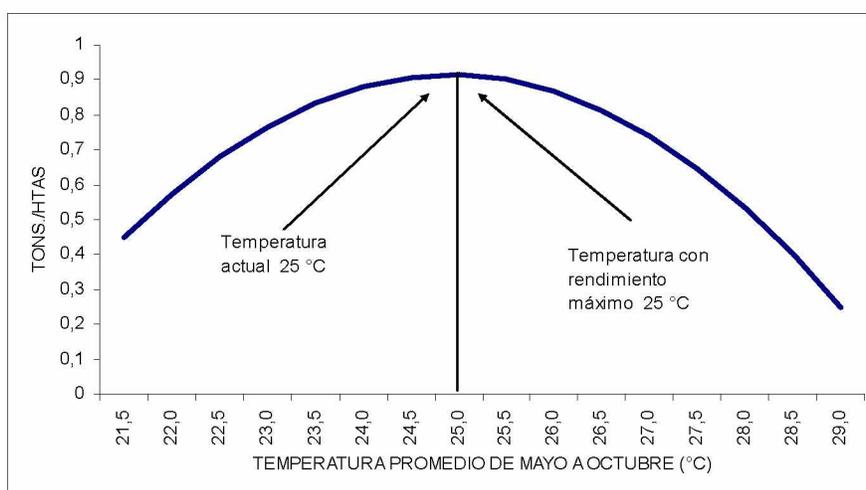
Todos los modelos se estimaron con constante y con variables *dummy* que capturan efectos de desastres naturales.

La prueba de cointegración se realizó con término constante en la ecuación de cointegración y en el modelo dinámico.

Las proyecciones que permiten tener una aproximación de cómo podría ser la temperatura actual con respecto a la óptima para este cultivo se presentan en el gráfico 6. Como se puede apreciar, es probable que el nivel de temperatura actual sea muy cercano al que permite obtener el mayor nivel de producción, y por lo tanto el calentamiento global podría traer ciertas ganancias en el corto plazo, pero una vez que dicho nivel se supere, la producción tendería a reducirse.

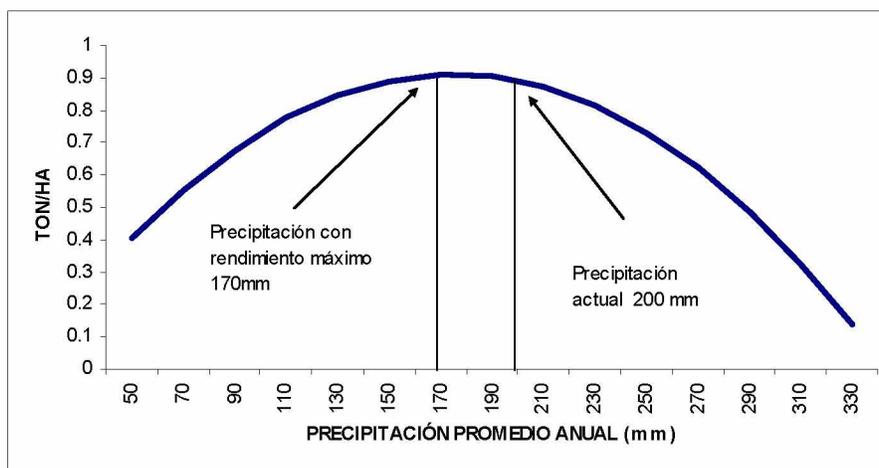
Con respecto a la precipitación, los dos modelos indican que la producción de café alcanza su rendimiento máximo en niveles por debajo del actual; además, cuando se supera ese nivel, tiende a disminuir (véase el gráfico 7).

**GRÁFICO 6**  
**HONDURAS: RENDIMIENTOS DEL CAFÉ**  
**ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 7**  
**HONDURAS: RENDIMIENTOS DEL CAFÉ**  
**ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

## 2. Impacto en las funciones de producción agropecuaria

En la sección anterior se examinaron los efectos del cambio climático sobre cultivos particulares. En esta sección se analizan los efectos sobre la producción agropecuaria en su conjunto. Al igual que en el primer caso, se empleó el modelo de las funciones de producción utilizando el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Aquí, la muestra abarcó 45 datos anuales. Las estadísticas descriptivas se muestran en el cuadro 12. Los datos utilizados son índices de producción agropecuaria tipo Laspeyres, construidos por la FAO<sup>13</sup>, datos de temperatura y precipitación. También, se incluyeron algunas variables de control como la PEA rural y la PEA total, que provienen de la base FAOSTAT<sup>14</sup>, y la población total que proviene de CELADE. Así, las estimaciones controlan por factores importantes en la producción.

Se construyeron tres funciones de producción basadas en los índices de producción agropecuaria, producción de cereales y pecuaria. Para su estimación se probaron distintas variables explicativas. Las variables climáticas utilizadas en las especificaciones son temperatura máxima anual, temperatura promedio anual, precipitación acumulada y precipitación promedio anual. Los términos cuadráticos de estas variables se incluyeron para capturar su efecto no lineal sobre la producción. Los índices se restringieron por la superficie cultivada, para la construcción de las funciones se incluyeron variables relacionadas con el trabajo: PEA rural, PEA total y población y una variable relacionada con el capital: el número de tractores utilizados. También se incluyó, en todas las regresiones, una variable *dummy* en los años que ocurrieron desastres naturales en la región.

### a) Resultados

Las funciones de producción fueron estimadas para tres índices de producción: producción agropecuaria en su conjunto, de cereales y pecuaria. Estos índices se restringieron por el área cultivada (a fin de controlar por el factor tierra) y para su construcción se utilizaron además de las variables explicativas relacionadas con la mano de obra y la tecnología, las variables climáticas siguientes: temperatura máxima anual, temperatura promedio anual, precipitación acumulada y precipitación promedio anual. Por construcción se estima una función cuadrática que capture los rendimientos decrecientes de las variables climáticas. En todas las ecuaciones se incluyó una variable dicotómica, con valor de 1 en los años que ocurrieron desastres naturales en la región.

### b) Índices de producción agropecuaria

El objetivo de este ejercicio empírico es probar si la producción agropecuaria es afectada por variaciones en precipitación y temperatura consecuencia del cambio climático. Los resultados muestran la sensibilidad de la producción agropecuaria a cambios en esas dos variables. Como se mencionó anteriormente, las ecuaciones de índices de producción agropecuaria fueron estimadas con distintas medidas de precipitación y temperatura. En cada función de producción la variable de interés es el índice de producción restringido por la superficie de cultivo.

<sup>13</sup> Los índices FAO de producción agropecuaria muestran el nivel relativo del volumen global de producción agrícola cada año en comparación con el período de base 1999-2001. Están basados en la suma de las cantidades de los precios ponderados por la producción de los diferentes productos agrícolas producidos después de deducir las cantidades utilizadas para semillas y alimentación de los animales, ponderadas del mismo modo. El agregado resultante representa, la producción disponible para cualquier utilización exceptuados semillas y alimentación de los animales. Todos los índices, son calculados por la fórmula Laspeyres. Las cantidades de producción de cada producto son ponderadas por la media de los precios internacionales de los productos para el período de base 1999-2001 y sumadas cada año.

<sup>14</sup> FAO, División de estadísticas.

i) Producción agropecuaria. Se estimaron varias ecuaciones para la función de producción agropecuaria, con el fin de mostrar que los efectos de las variables climáticas son estables. Las estimaciones más consistentes se muestran en el cuadro 13. Los signos de las variables son los esperados y se mantienen casi en todas las ecuaciones, con excepción de la especificación que incluye a la población en logaritmos como variable independiente donde el signo de la temperatura promedio no es el esperado.

**CUADRO 12**  
**HONDURAS: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS VARIABLES PARA LOS MODELOS**  
**SOBRE ÍNDICES DE PRODUCCIÓN, 1961-2005<sup>a</sup>**

	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Índice de producción agropecuaria <sup>b</sup>	45	72,6	25,4	33,0	132,0
Índice de producción de cereales	45	80,6	24,1	39,0	138,0
Índice de producción Pecuaria <sup>c</sup>	45	61,2	29,5	26,0	131,0
PEA rural (miles de habitantes)	45	758,0	213,7	462,9	1 187,5
PEA total (miles de habitantes)	45	1 332,2	560,1	641,1	2 508,6
Población (miles de habitantes)	45	4 186,5	1 491,7	2 072,8	6 892,8
Precipitación promedio anual (mm)	45	166,3	20,2	125,6	214,4
Precipitación acumulada anual (mm)	45	1 995,1	242,4	1 501,9	2 573,3
Temperatura promedio anual (°C)	45	23,9	0,5	23,0	24,7
Temperatura máxima anual (°C)	45	30,6	0,8	29,3	32,3

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> Se refiere a observaciones anuales correspondientes del período 1961-2005.

<sup>b</sup> Los productos incluidos en el cálculo de los índices de producción agropecuaria son todos los cultivos y productos de la ganadería producidos en el país. Prácticamente todos los productos son cubiertos, a excepción de los cultivos forrajeros.

<sup>c</sup> Los índices de producción pecuario son calculados a partir de los datos de producción de animales domésticos, que tienen en cuenta el equivalente en carne de animales vivos exportado, pero excluye el equivalente en carne de animales vivos importado. Con vistas a los cálculos de índices, los cambios anuales de números de animales y de aves o de su peso medio en vivo no son tomados en consideración.

Los coeficientes de temperatura no parecen ser significativos. Esto se puede deber a la colinealidad que existe en las regresiones, a causa de la inclusión de los términos cuadráticos, tal como se argumentó antes. No obstante, cuando se realizaron pruebas de significancia conjunta incluyendo todas las variables sí parece ser relevante, tal como lo indica el estadístico F. Para las diferentes especificaciones se realizaron pruebas de cointegración con el fin de descartar la presencia de regresiones espurias.

**CUADRO 13**  
**ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

	PEA rural		Población total		PEA total
	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Precipitación promedio	0,001890 (1,733) *				
Precipitación promedio <sup>2</sup>	-0,000005 (1 732) *				
Precipitación acumulada		0,00016 (1,273) *	1,3226 (1,365)	-0,00003 (0,431)	0,00015 (1,691) *
Precipitación acumulada <sup>2</sup>		-0,00000004 (1,273) *	-0,000312 (1 343)	0,00000001 (0,383)	-0,00000004 (1,708) *
Temperatura promedio	0,0083 (0,059)	0,0083 (0,059)	-592,6742 (0,371)	-0,1722 (1,296)	0,0236 (0,175)
Temperatura promedio <sup>2</sup>	-0,0001 (0,046)	-0,0001 (0,046)	12,7783 (0,383)	0,0037 (1,326)	-0,0004 (0,155)
Observaciones	44	44	44	44	44
<b>R<sup>2</sup></b>	0,54	0,54	0,60	0,76	0,56
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadísticos F)	5,91 ***	5,91 ***	7,58 ***	16,37 ***	6,32 ***
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>					
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2 **	2 **	2 **	4 **	2 **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	0 **	0 **	0 **	1 **	1 **

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

\* Significativo al 10%;

\*\* Significativo al 5%;

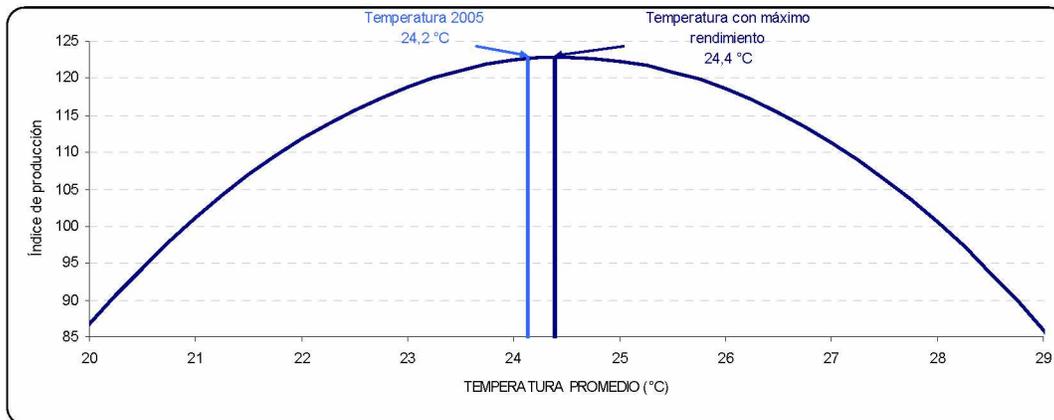
\*\*\* Significativo al 1%.

Todos los modelos se estimaron con el logarítmico del número de tractores, constante y con variables *dummy* que toma el valor de 1 en el año que hubo desastres naturales y en el siguiente.

Nota: Los coeficientes se multiplicaron por 1 000.

De las funciones de producción agropecuarias estimadas se eligió la especificación (2) para analizar cómo cambiaría la producción agropecuaria ante variaciones en la temperatura y la precipitación. Se mantuvieron los demás términos constantes con los valores de 2005. En el gráfico 8 se observa el impacto de la temperatura sobre la producción agropecuaria y se muestra que la temperatura máxima anual que se presentó en Honduras en 2005 se encuentra muy cercana a la temperatura que permite alcanzar la producción máxima.

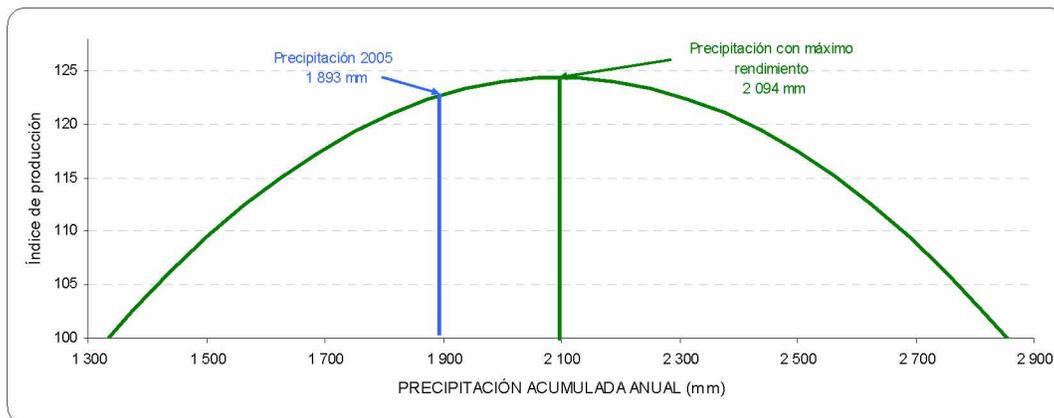
**GRÁFICO 8**  
**HONDURAS: PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 9 se presenta el impacto de variaciones en precipitación sobre la producción agropecuaria. Al igual que en el caso de la temperatura, la precipitación del año 2005 se encuentra cercana a la que maximiza la producción. En el gráfico se observa que niveles de precipitación ligeramente superiores a los actuales podrían traer ganancias y que niveles inferiores sólo podrían conllevar pérdidas.

**GRÁFICO 9**  
**HONDURAS: PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia

ii) Producción de cereales. Al igual que en el caso agropecuario se estimaron diferentes especificaciones con el fin de mostrar la estabilidad del efecto de las variables climáticas sobre la producción. Las diferencias dependen de las variables climáticas y de control incluidas en el modelo. Los resultados de las estimaciones se presentan en cuadro 14. También se descarta la presencia de regresiones espurias, como lo muestran las pruebas de cointegración. Se comprobó que las estimaciones son robustas a los cambios en las variables climáticas y de control. Los signos de las variables son los esperados. Los términos cuadráticos son negativos y dan una forma cóncava a la función de producción (véanse los gráficos 10 y 11).

**CUADRO 14**  
**ÍNDICE DE PRODUCCIÓN DE CEREALES**

	PEA rural			Población total	PEA total
	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Precipitación promedio	0,0019 (1,832) *				
Precipitación promedio <sup>2</sup>	-0,00001 (1,822) *				
Precipitación acumulada		0,000155 (1,832) *	1,2903 (1,730) *	0,0001 (1,698) *	0,8143 (0,718)
Precipitación acumulada <sup>2</sup>		-0,00000004 (1,822) *	-0,00031 (1,715) *	-0,00000003 (1,671) *	-0,00021 (0,745)
Temperatura promedio	0,855 (1,523)	8,549 (1,523)	7 462,772 (1,556)	0,190 (0,355)	777,5409 (1,729) *
Temperatura promedio <sup>2</sup>	-0,0179 (1,503)	-0,018 (1,503)	-156,334 (1,536)	-0,004 (0,348)	-162,765 (1,723) *
Observaciones	44	44	44	44	44
<b>R<sup>2</sup></b>	0,30	0,30	0,29	0,26	0,25
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadísticos F)	2,16 *	2,16 *	0,08	1,87	0,13
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>					
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	1 **	1 **	1 **	3 **	1 **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1 **	1 **	1 **	1 **	1 **

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

\* Significativo al 10%;

\*\* Significativo al 5%;

\*\*\* Significativo al 1%.

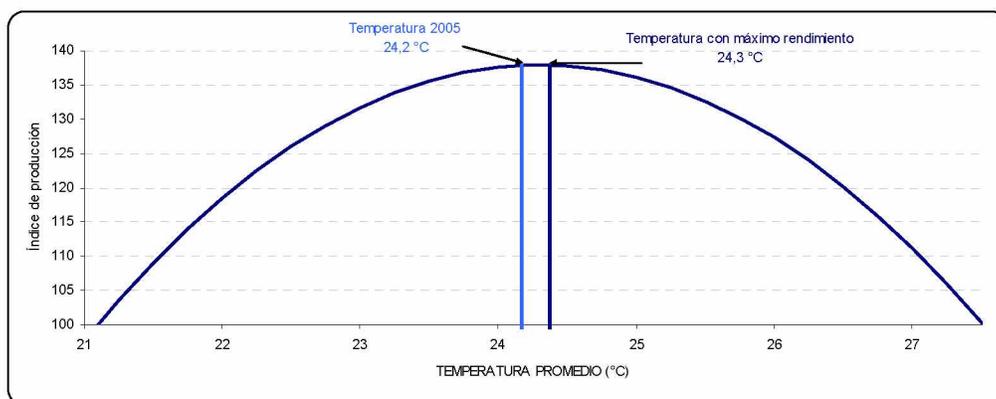
Todos los modelos se estimaron con el logarítmico del número de tractores, constante y con variables *dummy* que toma el valor de 1 en el año que hubo desastres naturales y en el siguiente.

Nota: Los coeficientes se multiplicaron por 1 000.

Los coeficientes referentes a precipitación son significativos casi en todos los casos. Los coeficientes relacionados con la temperatura no son significativos de forma individual, esto como se mencionó antes puede deberse a problemas de colinealidad en la regresión. Sin embargo, al evaluar la significancia conjunta de todas las variables del modelo se observa que todas las variables parecen ser relevantes. En el cuadro 14 se incluyen las diferentes pruebas que se realizaron a fin de evaluar si el modelo está correctamente especificado.

El gráfico 10 muestra el comportamiento del índice de producción agrícola ante variaciones en la temperatura. Como ahí se observa, la temperatura se encuentra muy cerca de superar el umbral que permite los mayores niveles de producción, por lo que el cambio climático en general podría generar pérdidas en la producción agrícola.

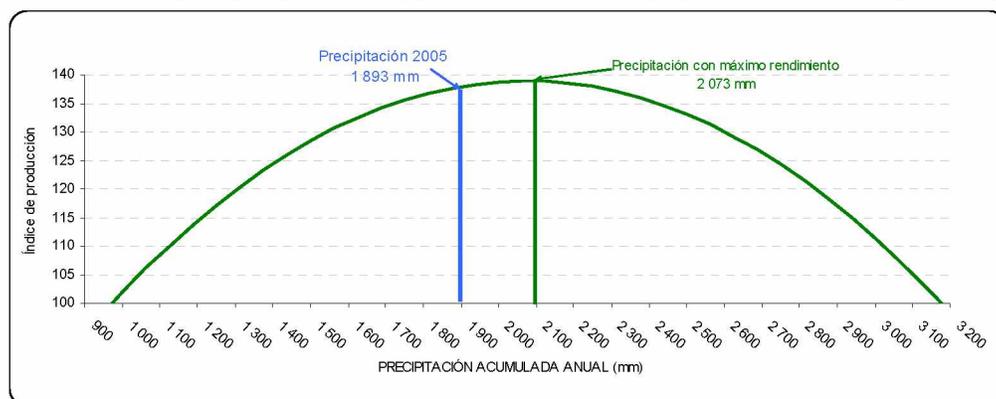
**GRÁFICO 10**  
**HONDURAS: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 11 muestra el efecto de la precipitación en la producción agrícola, se observa que la precipitación de 2005 se encuentra muy cerca de la óptima. Un ligero incremento podría ocasionar una mayor producción, sin embargo, niveles de precipitación inferiores al de dicho año podrían generar pérdidas en la producción.

**GRÁFICO 11**  
**HONDURAS: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

iii) Producción pecuaria. La producción pecuaria se ve influida por las variables climáticas, directamente la temperatura incide sobre la mortandad de los animales, y la precipitación influye sobre la disponibilidad de alimento. En el cuadro 15 se muestran las diferentes estimaciones relacionadas con la función de producción pecuaria. Al igual que en los casos anteriores se estimaron varias ecuaciones modificando las variables independientes con el fin de mostrar robustez. Los signos de temperatura se mantienen en todos los casos y la prueba F indica que en su conjunto todas las variables son relevantes para el modelo.

**CUADRO 15**  
**ÍNDICE DE PRODUCCIÓN PECUARIA**

	PEA rural			Población total	PEA total
	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico	Lineal/ logarítmico
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Precipitación promedio	0,00499 (2,630) **				
Precipitación promedio <sup>2</sup>	-0,00001 (2,653) **				
Precipitación acumulada		0,00042 (3,067) ***	4,9696 (2,750) ***	0,00014 (1,508)	0,00042 (2,806) ***
Precipitación acumulada <sup>2</sup>		-0,0000001 (3,126) ***	-0,00121 (2,769) ***	-0,00000004 (1,612)	-0,0000001 (2,831) ***
Temperatura promedio	4,558 (1,588)	4,658 (2,767) ***	5,042,523 (1,531)	0,198 (1,170)	4,636 (1,674)
Temperatura promedio <sup>2</sup>	-0,010 (1,583)	-0,010 (2,749) ***	-0,105767 (0,775)	-0,004 (1,147)	-0,010 (1,664)
Observaciones	44	44	44	44	44
<b>R<sup>2</sup></b>	0,48	0,48	0,68	0,82	0,51
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadísticos F)	6,78 ***	6,78 ***	9,78 ***	29,63 ***	7,49 ***
Prueba de cointegración de Johansen					
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2 **	2 **	2 **	6 **	2 **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1 **	1 **	1 **	6 **	1 **

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

\* Significativo al 10%.

\*\* Significativo al 5%.

\*\*\* Significativo al 1%.

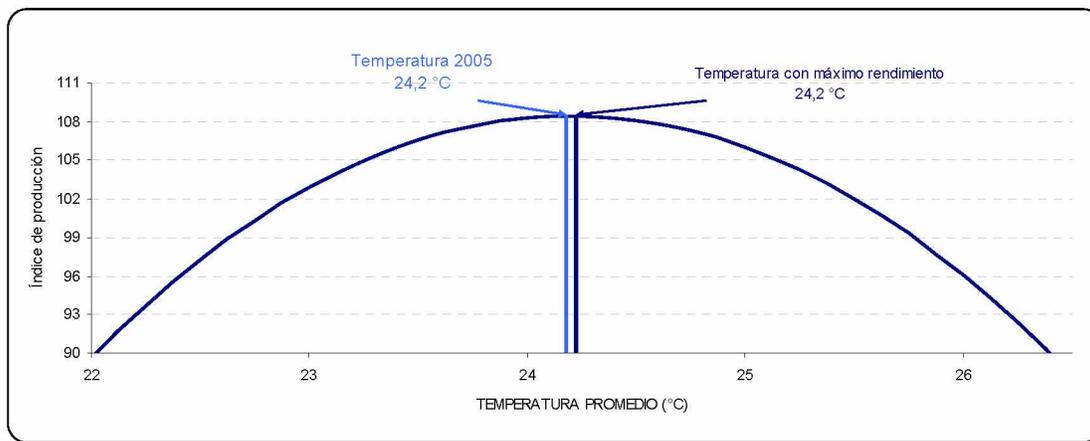
Todos los modelos se estimaron con el logarítmico del número de tractores, constante y con variables *dummy* que toma el valor de 1 en el año que hubo desastres naturales y en el siguiente.

Nota: Los coeficientes se multiplicaron por 1 000.

La forma cóncava de la función de producción indica que la temperatura de 2005 es muy cercana a la que maximiza la producción; niveles superiores o inferiores de temperatura podrían generar una menor producción. El gráfico 12 muestra este comportamiento.

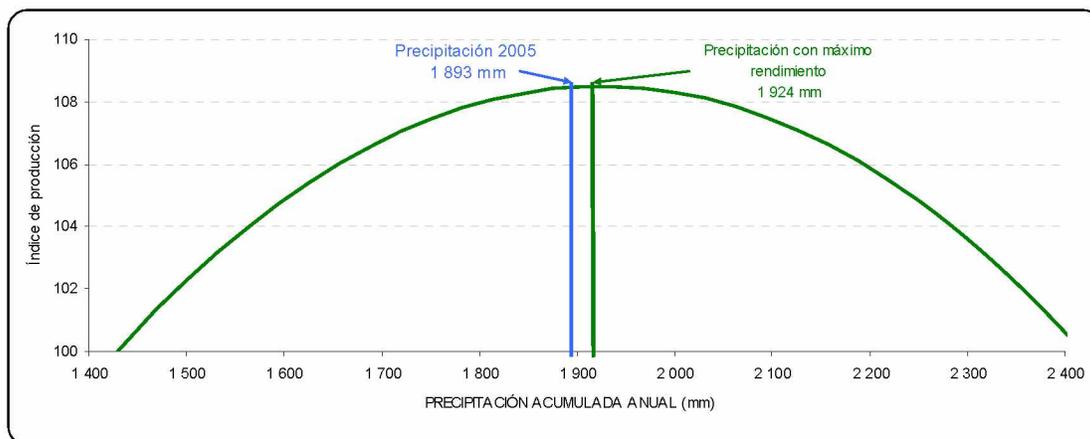
El gráfico 13 muestra que la precipitación de 2005 es cercana a la óptima para la función de producción pecuaria, por lo que niveles inferiores podrían generar pérdidas en la producción.

**GRÁFICO 12**  
**HONDURAS: PRODUCCIÓN PECUARIA ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

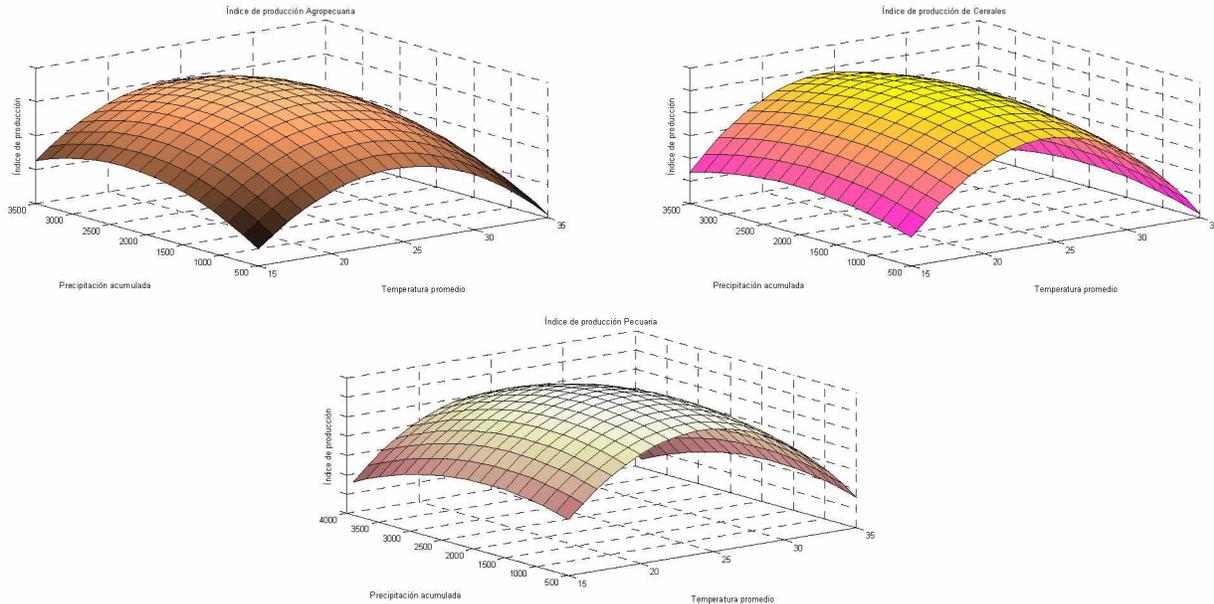
**GRÁFICO 13**  
**HONDURAS: PRODUCCIÓN PECUARIA ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 14 muestra los efectos de las variables climáticas conjuntamente sobre la producción. La temperatura promedio que maximiza la producción agropecuaria se encuentra alrededor de 24 °C y el nivel óptimo de precipitación acumulada es de alrededor 2.000 mm. Esto implica que la temperatura y precipitación de 2005 se ubicaban muy cercanas al óptimo. Incrementos o disminuciones en estas variables podrían causar pérdidas en producción. Todos los gráficos se realizan manteniendo las variables de control constantes con valores de 2005.

**GRÁFICO 14**  
**IMPACTOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA**  
**SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**



Fuente: Elaboración propia.

**3. Impacto sobre el valor de la tierra (ganancias agrícolas).**  
**Datos y resultados del enfoque Ricardiano**

**a) Datos**

Los datos económicos y sociodemográficos fueron obtenidos de la Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples llevada a cabo por el Instituto Nacional de Estadística (INE) de Honduras en el mes de septiembre de 2006. La información de esta encuesta tiene cobertura nacional y tiene como unidad de análisis los hogares de este país. La documentación de la encuesta y la base de datos han sido preparadas por la División de Estadística y Proyecciones Económicas de la CEPAL, quien además tuvo a su cargo evaluar la consistencia de la información y generar un conjunto de nuevas variables en un contexto de comparabilidad con los demás países de América Latina. Los datos meteorológicos fueron proporcionados por el Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Estos datos comprenden información de temperatura y precipitación a nivel municipal. Por último, los datos de las características de suelos fueron obtenidos a partir de información de FAO (2003).

**b) Resultados**

En el cuadro 16 se muestran las estadísticas descriptivas empleadas en el modelo Ricardiano. El conjunto de variables se presenta en tres grupos: socio-demográficas, agrícolas y climáticas. Asimismo, el cuadro presenta la media y desviación estándar de las variables clave empleadas en la modelación para la muestra completa y para los hogares que se encuentran en los primeros ocho y los últimos dos deciles de las ganancias agrícolas. Resulta importante señalar que la variable que se emplea como *proxy* de la renta de la tierra son las ganancias agrícolas reportadas por los hogares que participan en esta actividad.

**Cuadro 16**  
**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS VARIABLES PARA EL MODELO RICARDIANO**

	Total de hogares en la muestra		Hogares en los primeros ocho deciles de las ganancias agrícola		Hogares en los últimos dos deciles de las ganancias agrícolas	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
<b>Socio-demográficas</b>						
Tamaño del hogar	5,5	2,4	5,5	2,4	5,9	2,5
Educación promedio del hogar sin jefe (años)	2,0	1,5	1,9	1,5	2,4	1,7
Educación del jefe del hogar (años)	2,4	2,4	2,3	2,4	2,8	2,5
Número de cuartos	3,2	3,4	3,0	3,3	3,7	3,7
Edad del jefe del hogar	48,4	15,3	48,1	15,6	49,4	14,0
Sabe leer y escribir el jefe de hogar	0,6	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5
Número de personas mayores de 15 años en el hogar	3,1	1,4	3,0	1,4	3,4	1,5
Género del jefe del hogar ( <i>Dummy</i> : 1=masculino)	0,9	0,3	0,9	0,3	0,9	0,3
<b>Variables agrícolas</b>						
Ingreso agropecuario mensual por hogar (dólares)	72,9	796,1	45,9	879,0	185,3	196,8
Ingreso agrícola mensual por hogar (dólares)	44,7	98,3	15,0	11,4	168,9	174,2
Ingreso ganadero mensual por hogar (dólares)	28,1	790,7	30,9	879,2	16,4	94,8
Ganancias agrícolas mensuales por hogar (dólares)	46,5	97,9	17,2	12,7	168,9	174,2
<b>Variables climáticas</b>						
Temperatura mínima promedio anual (Celsius)	21,3	2,9	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio anual (Celsius)	25,4	2,6	.	.	.	.
Temperatura promedio anual (Celsius)	23,5	2,6	.	.	.	.
Temperatura promedio en estación lluviosa (Celsius)	23,9	2,5	.	.	.	.
Temperatura promedio en estación seca (Celsius)	22,9	2,8	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio en estación lluviosa (Celsius)	25,3	2,4	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio en estación seca (Celsius)	25,1	2,5	.	.	.	.
Temperatura mínima promedio en estación lluviosa (Celsius)	22,2	2,6	.	.	.	.
Temperatura mínima promedio en estación seca (Celsius)	21,4	3,0	.	.	.	.
Precipitación promedio anual (mm/mo)	1 25,8	25,7	.	.	.	.
Precipitación acumulada anual (mm/mo)	1 509,5	308,1	.	.	.	.
Precipitación promedio en estación lluviosa (mm/mo)	187,0	40,1	.	.	.	.
Precipitación promedio en estación seca (mm/mo)	40,0	28,7	.	.	.	.
Tamaño de la muestra		3 947	.	3 177		770

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta permanente de hogares de propósitos múltiples. Honduras, septiembre de 2006.

Las variables climáticas sólo se presentan para el total de la muestra empleada. Las variables sociodemográficas se presentan para la muestra completa y para los dos grupos de hogares señalados anteriormente. El tamaño promedio de los hogares en el total de la muestra es de 5,5 miembros, siendo mayor para los hogares de los últimos dos deciles con 5,9 miembros. La escolaridad promedio del jefe del hogar es de 2,4 años, y la escolaridad media del hogar sin incluir al jefe es de dos años, ambas variables son superiores en los últimos dos deciles de las ganancias agrícolas, con 2,8 y 2,4 años de instrucción, respectivamente.

La edad promedio de los jefes de hogar es 48,4 años para la muestra total, siendo 48,1 años para los primeros ocho deciles y 49,4 años para los últimos dos. Con respecto al número de jefes del hogar que saben leer y escribir, se observa un número mayor para los jefes en los últimos dos deciles. El número promedio de cuartos en el hogar registrado en la muestra es de 3,2, siendo mayor para los hogares de los últimos dos deciles con 3,7, lo que representa 23,3% más cuartos para esas familias, en relación con los primeros ocho deciles que tienen una media de tres cuartos.

El ingreso agrícola mensual promedio es de 44,7 dólares para la muestra total, donde los hogares situados en los primeros ocho deciles tienen una media de 15 dólares, 66,5% por debajo de la media muestral, y los hogares situados en los últimos dos deciles una media de 168,9 dólares, muy por arriba de la media muestral. El ingreso agropecuario promedio mensual es de 72,9 dólares para la muestra total, mientras que para los hogares situados en los primeros ocho deciles es de 45,9 dólares, y los hogares situados en los últimos dos deciles reciben en promedio un ingreso superior a los 185 dólares mensuales<sup>15</sup>.

Asimismo, el cuadro 16 muestra algunas variables climáticas empleadas en las distintas estimaciones econométricas de este estudio, entre las que destacan la precipitación acumulada anual y la temperatura promedio anual, entre otras.

El cuadro 17 presenta los resultados de tres estimaciones realizadas utilizando la muestra completa de los hogares que reportaron actividad agrícola y tomando como variable dependiente las ganancias agrícolas. Además de las variables sociodemográficas, en la primera columna, el modelo I considera dos variables climáticas: temperatura media anual y precipitación acumulada anual. En el modelo II se introducen variables *dummy* de características de suelos a nivel municipal, y en el modelo III se incorporan términos cuadráticos para la temperatura anual y la precipitación acumulada, así como un variable de interacción entre la precipitación y la temperatura.

Los efectos de la temperatura media y la precipitación acumulada son significativos, así como el impacto del número de personas mayores de 15 años y la escolaridad del jefe de hogar. Por ejemplo, para el modelo I las ganancias agrícolas mensuales promedio disminuyen en 1,7 dólares ante un incremento de 1 °C en la temperatura media anual. Dicho efecto representa poco más del 1% del ingreso promedio de los hogares rurales hondureños, sin embargo si se considera el 20% de los hogares rurales con menos ingresos, el efecto representa una disminución del 23% en su ingreso. Asimismo las ganancias agrícolas aumentan 4,2 dólares si la escolaridad del jefe del hogar se incrementa en un año (equivalente al 2,8% del ingreso promedio de los hogares rurales). Para los modelos II y III, las variables *dummy* de suelo que fueron significativas corresponden a los tipos de suelo: luvisols y rendzinas, con un efecto positivo al 95% de nivel de confianza. Resulta importante señalar que el signo y la significancia de los coeficientes para las variables de control antes señaladas se mantiene a través de los tres modelos utilizados, lo que proporciona evidencia de que los resultados presentados son bastante robustos.

---

<sup>15</sup> Las cifras presentadas en dólares corresponden a dólares de diciembre de 2003.

**CUADRO 17**  
**ESPECIFICACIONES LINEALES DEL MODELO RICARDIANO**

Variables	Modelo I	Modelo II	Modelo III
Temperatura media anual	-1,72 (2,80) ***	-2,14 (2,96) ***	13,25 (1,11) ***
Temperatura media anual al cuadrado			-0,37 (1,57)
Precipitación acumulada anual	-0,02 (3,98) ***	-0,013 (2,59) **	-0,065 (0,91)
Precipitación acumulada anual al cuadrado			0,00078 (0,59)
Temperatura media anual *precipitación acumulada anual			0,001226 (0,5)
Miembros de mayores de 15 años en el hogar	5,33 (4,64) ***	5,68 (4,97) ***	5,67 (4,96) ***
Género del jefe de hogar	17,27 (3,65) ***	16,82 (3,57) ***	16,42 (3,48) ***
Edad del jefe de hogar	0,15 (1,31)	0,14 (1,25)	0,15 (1,31)
Escolaridad del jefe de hogar (años)	4,20 (6,37) ***	4,25 (6,46) ***	4,28 (6,5) ***
Techo de loza ( <i>dummy</i> )	57,67 (2,23) **	59,14 (2,29) **	58,43 (2,27) **
Alumbrado público ( <i>dummy</i> )	6,43 (1,80) *	6,95 (1,91) *	6,71 (1,84) *
Acrisols		10,34 (1,15)	5,09 (0,54)
Cambisols		11,12 (1,46)	6,69 (0,84)
Rendzinas		33,43 (3,91) ***	27,17 (2,93) ***
Gleysols		16,4 (0,62)	4,23 (0,15)
Fluvisols		11,89 (0,88)	7,91 (0,57)
Luvisols		34,04 (4,11) ***	27,79 (3,08) ***
Histosols		5,92 (0,45)	6,89 (0,52)
Regosols		-9,43 (0,42)	-10,22 (0,45)
Constante	65,94 (3,94)	48,29 (2,64) **	-83,25 (0,49)
Estadístico F	13,99	10,48	9,02

Fuente: Elaboración propia.

Nota: valores absolutos de t-estadístico entre paréntesis.

\* Significativo al 10%.

\*\* Significativo al 5%;

\*\*\* Significativo al 1%.

El número de la muestra es de 3.947 hogares.

En el cuadro 18 se presentan los efectos marginales de las variables climáticas sobre las ganancias agrícolas de los hogares hondureños. Los efectos anuales de la precipitación acumulada y la temperatura media se calcularon para la muestra total, y puede observarse que la inferencia es robusta para las tres especificaciones empleadas a un nivel de confianza del 95%, puesto que en los tres modelos empleados tanto el signo como la significancia se mantiene.

El incremento en 1 °C de la temperatura media implica una disminución de 1,7, 2,1 y 2,6 dólares bajo el modelo I, II y III, respectivamente. Es decir, existe un impacto negativo de entre 1,7 y 2,5 dólares en las ganancias agrícolas mensuales ante un ligero incremento en la temperatura media anual. Considerando el promedio de los efectos marginales (2,1) ante un incremento de 2 °C en la temperatura media anual, las ganancias agrícolas mensuales promedio aproximadamente se reducirían en 9%, lo que representa para los hogares rurales hondureños cerca del 3% de su ingreso mensual total. Este impacto es mucho mayor para los primeros dos deciles de los hogares rurales (57% de su ingreso); en cambio es considerablemente menor para el 20% de los hogares rurales con mayores ingresos (sólo el 1,3% de su ingreso total).

De forma similar, un incremento en una unidad de la precipitación acumulada anual implica una disminución aproximada de 2 centavos de dólar bajo el modelo I; y 1 centavo de dólar bajo los modelos II y III. Es decir, existe un impacto negativo relativamente pequeño en las ganancias agrícolas mensuales ante un ligero incremento en la precipitación acumulada anual. Los resultados anteriores indican que las ganancias agrícolas promedio mensuales se reducirían menos de 20 centavos de dólar ante un aumento de 10 mm en la precipitación acumulada anual, lo que representa una reducción del 0,1% del ingreso mensual total en los hogares rurales de honduras. No obstante, para el 20% de los hogares rurales con menos ingresos, este efecto representa cerca del 3% de su ingreso total.

**CUADRO 18**  
**EFFECTOS MARGINALES DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS**  
**SOBRE LAS GANANCIAS AGRÍCOLAS**

	Modelo I	Modelo II	Modelo III
Temperatura promedio anual	-1,72 (2,8) ***	-2,14 (2,96) ***	-2,56 (3,23) ***
Precipitación acumulada anual	-0,02 (3,98) ***	-0,013 (2,59) **	-0,012 (2,08) ***

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: Valores absolutos del t-estadístico entre paréntesis.

\* Significativo al 10%;

\*\* Significativo al 5%;

\*\*\* Significativo al 1%.

Nota 2: Los efectos marginales para los términos cuadráticos se calculan tomando en cuenta el valor medio de las variables y los coeficientes reportados en el cuadro 17.

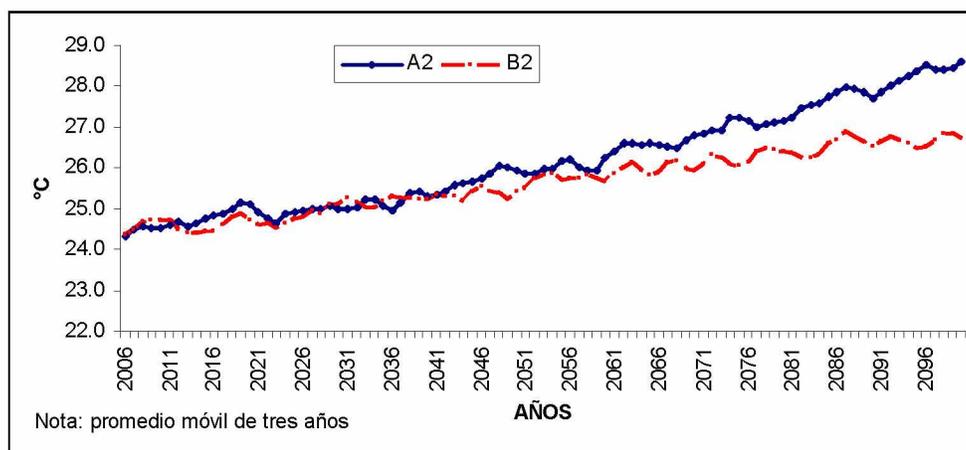
Aunque resulta intuitivo pensar que una temperatura más elevada afecta negativamente a la actividad agrícola, los efectos negativos atribuibles a un aumento en la precipitación acumulada anual no son evidentes, ello nos invita a explorar dicha relación con mayor cuidado. No obstante, es posible intuir que el efecto negativo debe ser dominado por la presencia de fenómenos meteorológicos adversos, tales como inundaciones, huracanes, entre otros.

## V. LOS ESCENARIOS FUTUROS: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO

En el capítulo previo se mostró que el cambio climático está teniendo ya efectos negativos sobre la producción del sector agropecuario de Honduras. Este capítulo tiene como objetivo ofrecer algunas estimaciones de cuánto podrían representar en términos económicos las posibles pérdidas (o ganancias). El análisis comprende hasta el año 2100. Para calcular los impactos se emplearon diferentes tasas de descuento: 0,5%, 2%, 4% y 8%. Los efectos económicos se expresan en términos del PIB de 2007. Para ello, se toman como referencia las estimaciones del capítulo anterior y dos escenarios climáticos: A2 y B2<sup>16</sup> promedio (ECHM, GFDL, HADGEM)<sup>17</sup>, A2 HADGEM y B2 HADCM3<sup>18</sup>. Donde el A2 es un escenario en el cual los incrementos en temperatura serían más elevados.

Partiendo de los niveles actuales, en general, estos escenarios climáticos proyectan para Honduras que la temperatura aumentará entre 2 y cerca de 5 °C hacia el año 2100, mientras la precipitación se reducirá entre 15% y 50% (véanse los gráficos 15 y 16).

**GRÁFICO 15**  
**HONDURAS: TEMPERATURA ANUAL 2006-2100**  
**BAJO LOS ESCENARIOS A2 Y B2**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>16</sup> Las familias de los escenarios A2 y B2 exploran diferentes desarrollos regionales, implicando convergencia o divergencia en crecimiento económico, poblacional, tipo y tasas de cambio tecnológico, fuentes de energía, entre otras. Cada familia presenta diferentes escenarios que simulan el sistema climático mundial, conformados por un conjunto de variables relacionadas entre sí (PIB, demografía, tecnología, energía, emisiones, etc.) que son internamente consistentes. Cada escenario describe un posible futuro.

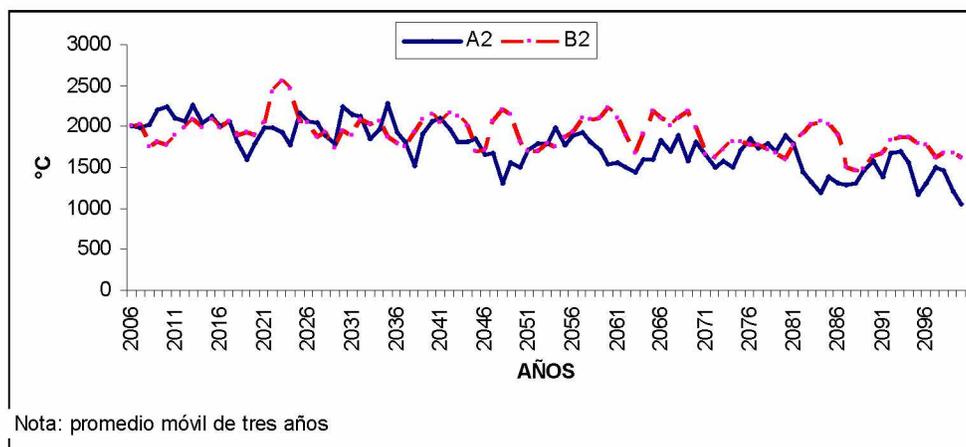
Las características de la familia A2 son: un mundo muy heterogéneo, poca cooperación internacional, alta dependencia en combustibles fósiles, proteccionismo y mayores barreras al comercio, lenta convergencia entre regiones, entre otras.

Por su parte, la familia B2: el patrón de desarrollo futuro es más fragmentado y similar a las tendencias actuales y no permite la inclusión de tendencias de convergencia particularmente fuertes; esta familia es caracterizada como “neutra” y de “*dynamics as usual*”, muy similar al tipo de desarrollo actual.

<sup>17</sup> ECHM German High Performance Computing Centre Climate and Earth System Research; GFDL Geophysical Fluid Dynamics Laboratory; HADGEM Hadley Centre Global Environmental Model.

<sup>18</sup> HadCM3 Third Hadley Centre Coupled Ocean-Atmosphere GCM.

**GRÁFICO 16**  
**HONDURAS: PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL 2006-2100**  
**BAJO LOS ESCENARIOS A2 Y B2**



Fuente: Elaboración propia.

### 1. Impactos económicos sobre los rendimientos de frijol, maíz y café

A partir de los resultados de los coeficientes estimados para las funciones de producción de cada uno de los cultivos, mostradas en el capítulo anterior, se realizaron estimaciones de cómo podría evolucionar el rendimiento de los rubros entre 2006 y 2100. Para ello, se emplearon los escenarios de estimación del clima A2 y B2, descritos anteriormente.

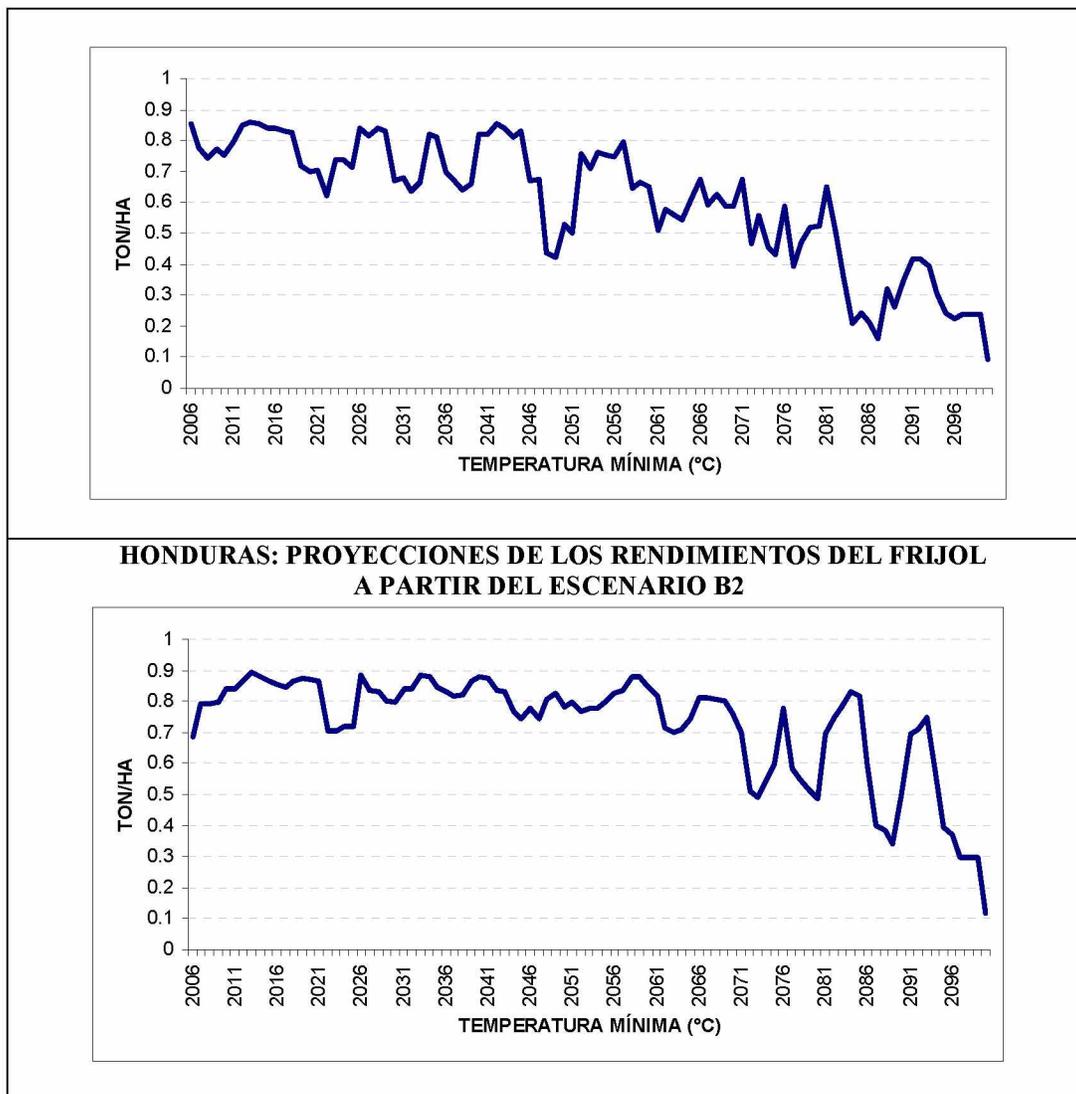
El gráfico 17 presenta los resultados de las estimaciones para los rendimientos de frijol a partir de los dos escenarios para la especificación utilizada, señalada en el cuadro 9. Como se aprecia en ambos, las estimaciones muestran que la producción tenderá a mantenerse en niveles cercanos a los actuales en el corto plazo, pudiendo incluso aumentar muy ligeramente, ya que como se mostró anteriormente está por alcanzarse la temperatura que permite el mayor rendimiento. Sin embargo, a largo plazo la producción tenderá a decrecer como resultado del cambio climático.

Es importante notar, que las estimaciones predicen que los rendimientos podrían ser prácticamente nulos hacia 2100. Ello puede obedecer a que no se está considerando la posible adaptación de los agricultores al cambio climático, situación, que como se apuntó previamente, podría sobrestimar los impactos negativos. No obstante, es claro que en el largo plazo los rendimientos del frijol tenderán a decrecer como resultado del cambio climático.

Con los valores estimados previamente se calcularon los posibles efectos económicos sobre la producción de frijol en términos del PIB del país en 2007<sup>19</sup>. El cuadro 19 presenta estos resultados, donde se emplean las siguientes tasas de descuento: 0,5%, 2%, 4% y 8%. Como se observa, en el caso del frijol a largo plazo las pérdidas acumuladas ocasionadas por el cambio climático podrían ser considerables. Pudiendo ser de entre 1% y 2% del PIB al año 2100, con tasas de descuento de 4% y 2%, respectivamente, en el escenario más moderado; pero podrían llegar a ser de entre 2% y 4% en el escenario climático más cálido (A2) con las mismas tasas de descuento.

<sup>19</sup> Los costos como porcentaje del PIB agropecuario se presentan en los anexos I y II.

**GRÁFICO 17**  
**HONDURAS: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL FRIJOL**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2**



Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, aunque en el corto plazo los efectos del cambio climático sobre la producción de frijol podrían ser nulos, incluso en algunos años podría haber ganancias en la producción, en el largo plazo dichos efectos se revertirían llegando a tenerse pérdidas en la producción.

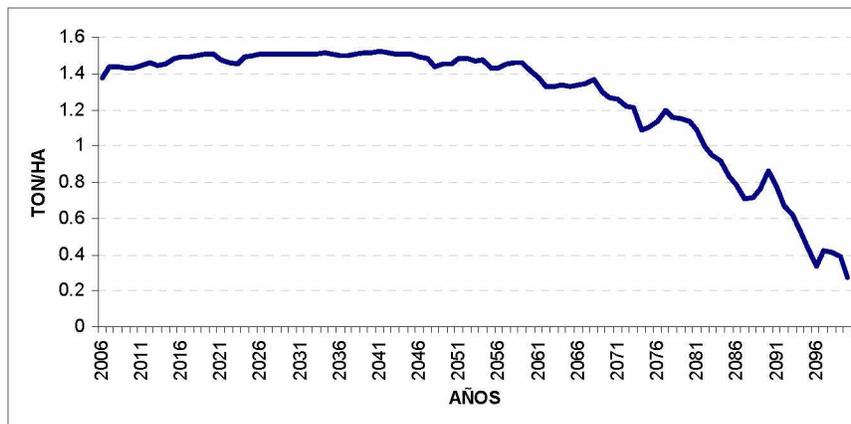
En el gráfico 18 se presentan las proyecciones para los rendimientos del maíz. Como ahí se observa, si bien en el corto plazo la producción de este cultivo se podría mantener en niveles similares a los actuales, el cambio climático generaría que los rendimientos de este producto disminuyan a través de los años, con lo que la producción podría reducirse de forma importante en el largo plazo.

**CUADRO 19**  
**IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DEL**  
**FRIJOL COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007**

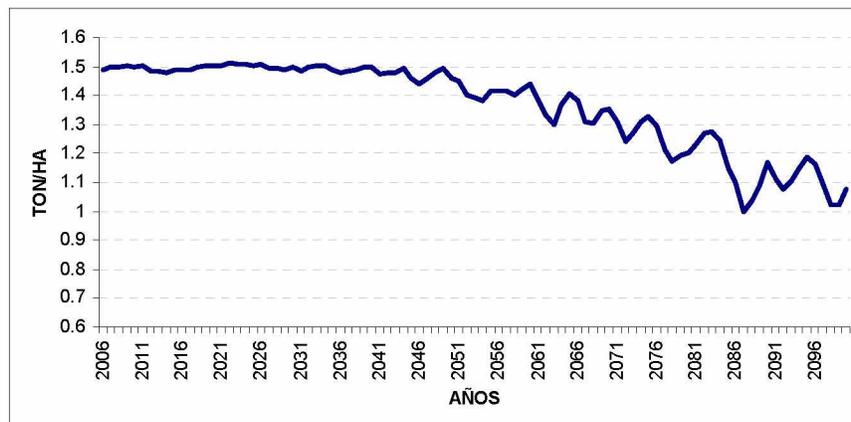
Año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)				Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
	Tasa de descuento r				Tasa de descuento r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,59	0,53	0,46	0,37	0,37	0,35	0,32	0,28
2030	1,14	0,95	0,76	0,52	0,79	0,67	0,54	0,40
2050	2,53	1,78	1,18	0,64	1,30	0,96	0,69	0,44
2070	4,15	2,49	1,43	0,67	1,97	1,26	0,80	0,45
2100	8,58	3,84	1,72	0,69	4,93	2,16	0,99	0,46

Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 18**  
**HONDURAS: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2**



**HONDURAS: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL MAÍZ**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO B2**



Fuente: Elaboración propia.

Los costos que se derivarían como resultado de una menor producción de maíz, ocasionada por el cambio climático, se presentan en el cuadro 20. Como ahí se aprecia, en este producto las pérdidas acumuladas podrían situarse hacia el año 2100 en un rango de entre 1% y 3% del PIB de 2007, bajo tasas de descuento de 4% y 2%, respectivamente, en el escenario climático más adverso; pero podrían ser no mayores 2% en el escenario menos desfavorable (B2), considerando las mismas tasas de descuento.

**CUADRO 20**  
**IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DEL MAÍZ**  
**COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007**

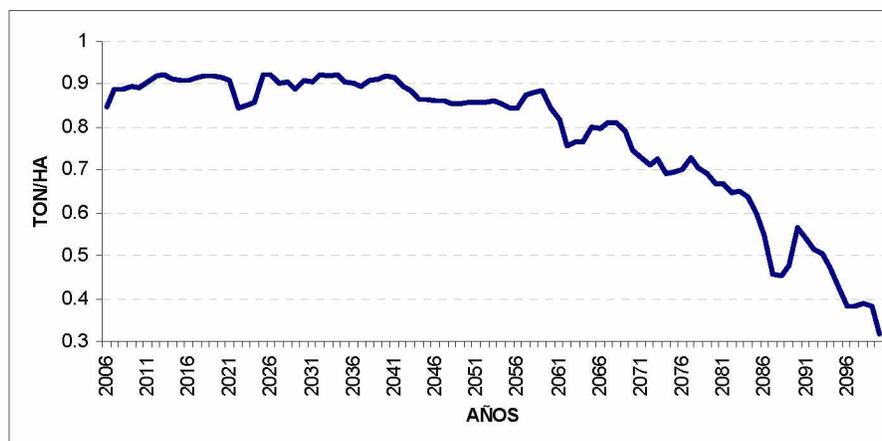
Año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)				Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
	Tasa de descuento r				Tasa de descuento r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,46	0,43	0,40	0,35	0,19	0,17	0,15	0,12
2030	0,60	0,54	0,47	0,39	0,26	0,23	0,19	0,14
2050	0,78	0,64	0,52	0,40	0,59	0,42	0,28	0,16
2070	1,79	1,08	0,67	0,42	1,73	0,92	0,46	0,19
2100	9,21	3,27	1,12	0,44	5,56	2,08	0,71	0,20

Fuente: Elaboración propia.

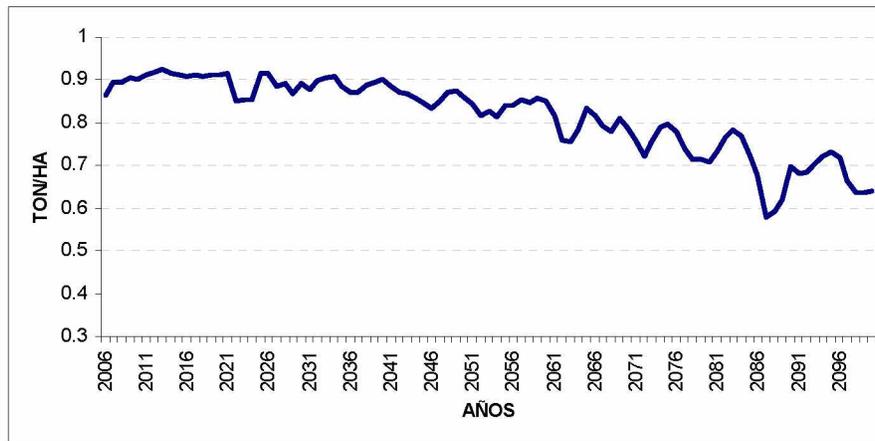
Las proyecciones para los rendimientos del café se presentan en el gráfico 19. Como se observa, el café parece ser un cultivo altamente sensible a las variaciones del clima. Mientras en el escenario de cambio climático más moderado (B2), la producción podría disminuir alrededor de 40% hacia 2100, en el escenario climático más extremo las disminuciones podrían ser cercanas a 70%.

Lo anterior se vería reflejado en los costos, aunque en el corto plazo podría incluso haber ganancias económicas, esto debido a que la temperatura actual es cercana a la que permite los mayores rendimientos de este cultivo. No obstante, a largo plazo los dos escenarios climáticos predicen pérdidas las cuales podrían ubicarse entre 1% y 4% del PIB con tasas de descuento de 4% y 2% (véase el cuadro 21).

**GRÁFICO 19**  
**HONDURAS: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL CAFÉ**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2**



**A PARTIR DEL ESCENARIO B2**



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 21**  
**IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DEL CAFÉ**  
**COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007**

Año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)				Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
	Tasa de descuento r				Tasa de descuento r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	-0,29	-0,24	-0,19	-0,11	-0,36	-0,31	-0,26	-0,18
2030	-0,28	-0,23	-0,17	-0,10	-0,25	-0,22	-0,20	-0,15
2050	-0,28	-0,26	-0,21	-0,12	0,19	0,02	-0,08	-0,12
2070	1,49	0,50	0,05	-0,09	2,13	0,87	0,21	-0,08
2100	12,47	3,77	0,73	-0,05	8,42	2,79	0,62	-0,06

Fuente: Elaboración propia.

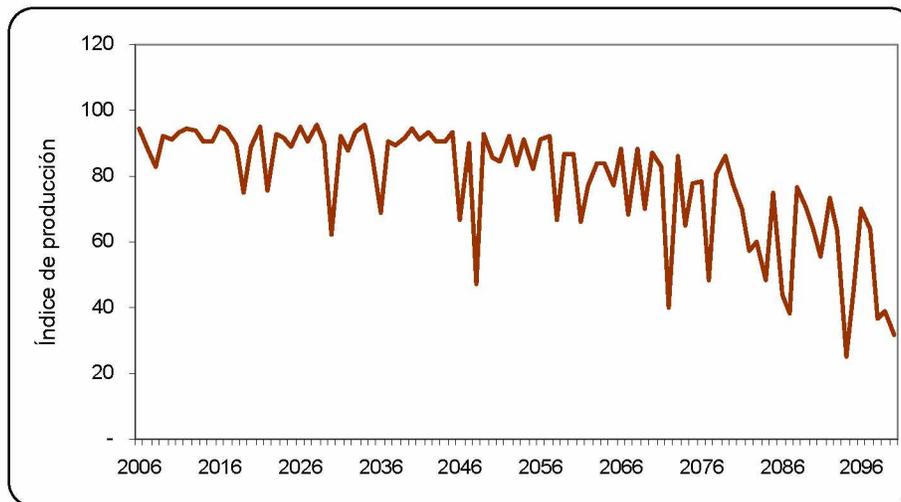
## 2. Impactos económicos sobre la producción agropecuaria

De manera adicional y a partir de las estimaciones del capítulo anterior para las funciones de producción agregadas se cuantificaron los posibles impactos económicos del cambio climático en el sector agropecuario. Aquí también se consideraron diferentes tasas de descuento (0,5%, 2%, 4% y 8%), distintos horizontes temporales (2020, 2030, 2050, 2070 y 2100) y los escenarios A2 y B2. Sólo se permitieron variaciones en temperatura y precipitación, ya que las variables de control se mantuvieron constantes con valores de 2005.

Los gráficos 20 al 25 muestran cómo evolucionarían la producción agropecuaria, la producción de cereales y la pecuaria, bajo los escenarios A2 y B2, respectivamente. Como ahí se observa, en general las tendencias son decrecientes en los tres casos ante ambos escenarios. Los dos indican pérdidas importantes en la producción agropecuaria. Sin embargo, el escenario A2 presenta pérdidas económicas mayores.

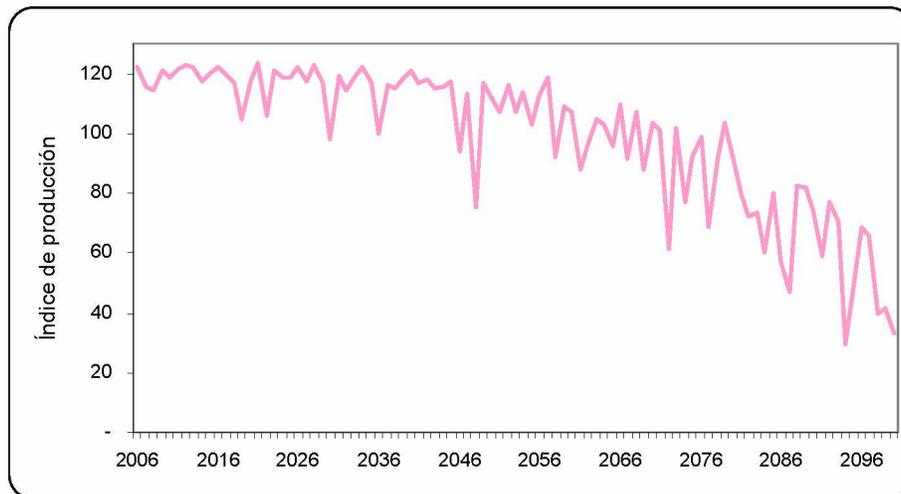
Así, estos resultados muestran que en caso de no buscarse mecanismos que incentiven la producción de los diversos sectores, en general todo el sector agropecuario se verá afectado de forma adversa.

**GRÁFICO 20**  
**HONDURAS: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2**



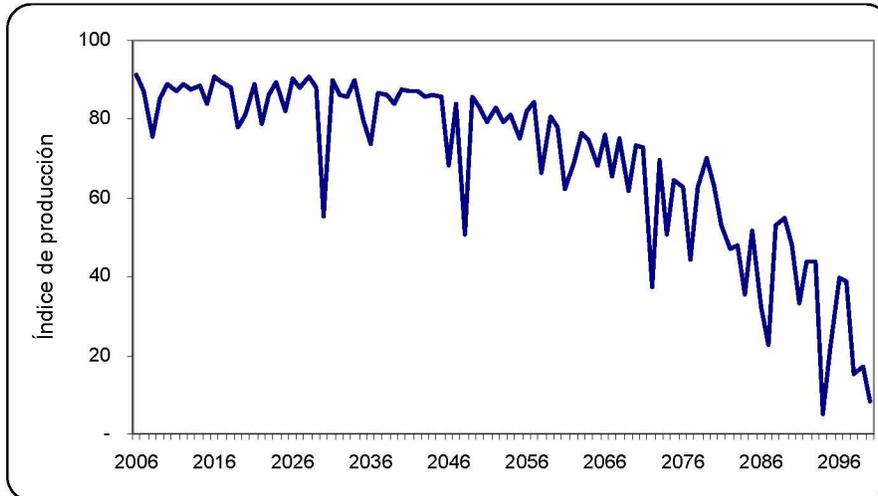
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 21**  
**HONDURAS: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN DE CERALES**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2**



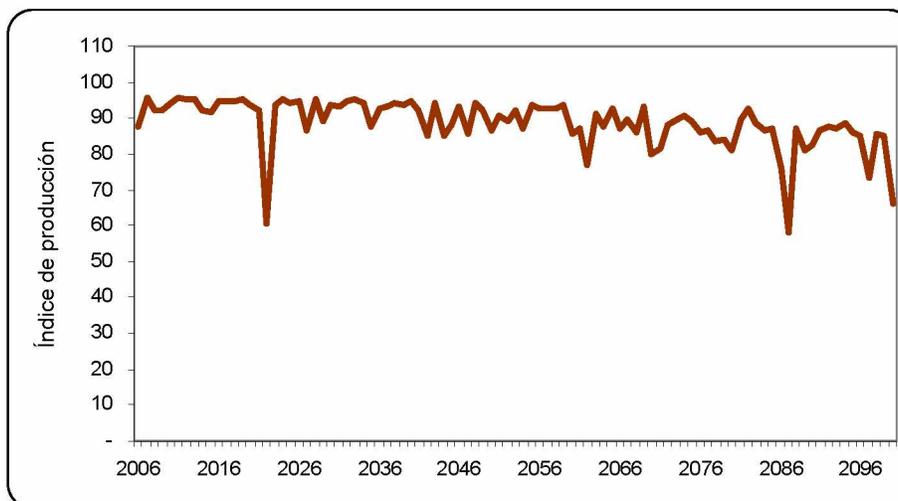
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 22**  
**HONDURAS: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN PECUARIA**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2**



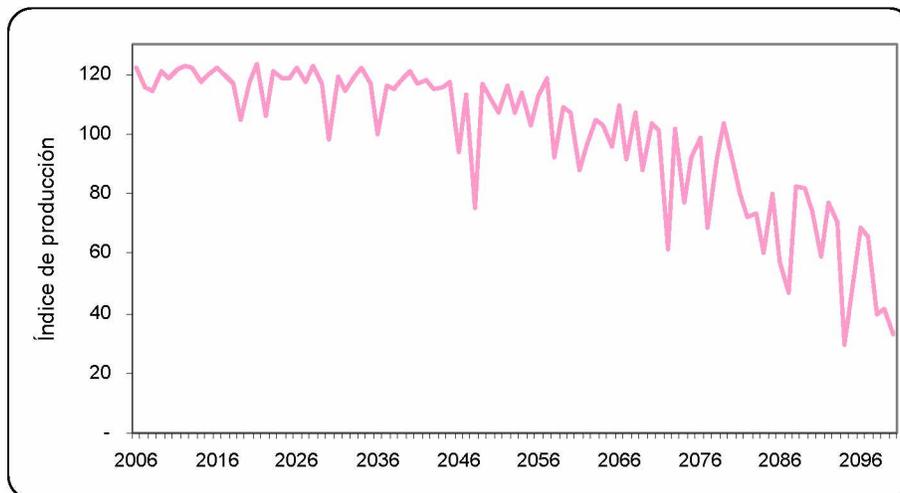
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 23**  
**HONDURAS: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO B2**



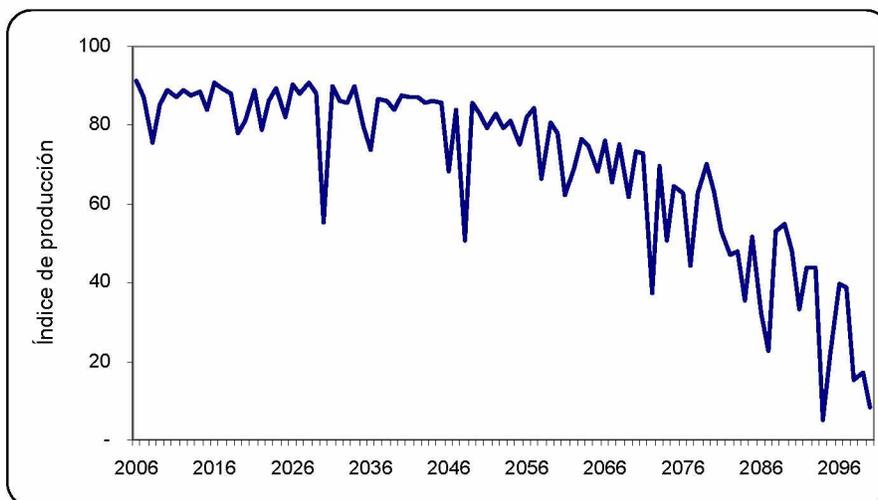
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 24**  
**HONDURAS: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN DE CEREALES**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO B2**



Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO 25**  
**HONDURAS: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN PECUARIA**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO B2**



Fuente: Elaboración propia

El modelo de funciones de producción revela las posibles pérdidas que ocasionaría el cambio climático. El cuadro 22 presenta las estimaciones de los impactos económicos de la producción agropecuaria hasta el 2100 con relación al PIB de 2007. Ante el escenario A2 representan entre 8% y 19% del PIB, y entre 4% y 8% para el escenario B2 (considerando tasas de descuento de 2% y 4%). Esto implica que además de los cultivos que aquí hemos analizado: café, frijol y maíz, otros más también podrían presentar pérdidas ante las variaciones climáticas.

Los gráficos anteriores muestran que la caída más abrupta se observa en el escenario A2, en el cuadro 23 se muestran las pérdidas económicas separando la parte que se debe a cambios en precipitación y temperatura. Se observa que en Honduras la mayor proporción de las pérdidas causadas por el cambio climático se deben a disminución en la precipitación. Por ejemplo, para el escenario A2 en el año 2100 incrementos en la temperatura representan pérdidas de 5,4% del PIB de 2007 (considerando una tasa de descuento de 2%). En el caso de la precipitación para el mismo período las pérdidas representan 13% en el mismo escenario, considerando la misma tasa de descuento.

**CUADRO 22**  
**HONDURAS: IMPACTOS ECONÓMICOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN**  
**Y TEMPERATURA**

*(En porcentaje del PIB de 2007)*

Año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)				Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
Producción agropecuaria								
2020	2,56	2,30	2,01	1,58	1,17	1,10	1,02	0,90
2030	4,81	4,00	3,19	2,17	3,14	2,60	2,08	1,43
2050	11,06	7,69	5,08	2,71	5,48	3,97	2,76	1,62
2070	18,44	10,94	6,19	2,85	9,04	5,54	3,30	1,69
2100	43,81	18,60	7,83	2,94	17,54	8,15	3,87	1,72
Producción de cereales								
2020	0,56	0,50	0,43	0,34	0,29	0,27	0,25	0,22
2030	1,06	0,88	0,70	0,47	0,70	0,58	0,47	0,32
2050	2,74	1,86	1,19	0,60	1,49	1,04	0,70	0,39
2070	5,36	3,01	1,59	0,66	2,89	1,67	0,92	0,42
2100	14,55	5,78	2,18	0,69	6,40	2,74	1,15	0,43
Producción pecuaria								
2020	0,40	0,36	0,32	0,25	0,10	0,09	0,08	0,07
2030	0,76	0,63	0,51	0,34	0,47	0,37	0,28	0,17
2050	1,84	1,27	0,83	0,44	0,96	0,66	0,42	0,21
2070	3,49	1,99	1,08	0,47	1,89	1,07	0,57	0,23
2100	9,85	3,91	1,49	0,49	4,10	1,74	0,71	0,24

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 23**  
**HONDURAS: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CLAMBIO CLIMÁTICO,**  
**2020, 2030, 2050, 2070 y 2100**

Año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)						Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)					
	Tasa de descuento (r)						Tasa de descuento (r)					
	Producción agropecuaria		Cereales		Producción pecuaria		Producción agropecuaria		Cereales		Producción pecuaria	
	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
Cambios en temperatura y precipitación												
2020	2,30	2,01	0,50	0,43	0,36	0,32	1,10	1,02	0,27	0,25	0,09	0,08
2030	4,00	3,19	0,88	0,70	0,63	0,51	2,60	2,08	0,58	0,47	0,37	0,28
2050	7,69	5,08	1,86	1,19	1,27	0,83	3,97	2,76	1,04	0,70	0,66	0,42
2070	10,94	6,19	3,01	1,59	1,99	1,08	5,54	3,30	1,67	0,92	1,07	0,57
2100	18,60	7,83	5,78	2,18	3,91	1,49	8,15	3,87	2,74	1,15	1,74	0,71
Cambios en temperatura												
2020	0,01	0,00	0,08	0,07	0,01	0,01	-0,06	-0,06	0,04	0,03	-0,01	-0,01
2030	0,04	0,02	0,15	0,11	0,03	0,02	-0,05	-0,05	0,09	0,06	0,00	-0,01
2050	0,55	0,27	0,53	0,30	0,25	0,13	0,26	0,10	0,35	0,20	0,13	0,06
2070	1,82	0,70	1,29	0,56	0,77	0,31	0,96	0,35	0,81	0,36	0,42	0,16
2100	5,46	1,47	3,27	0,98	2,22	0,61	2,38	0,65	1,65	0,54	1,00	0,29
Cambios en precipitación												
2020	2,29	2,01	0,42	0,37	0,35	0,31	1,17	1,08	0,23	0,22	0,11	0,10
2030	3,96	3,16	0,73	0,58	0,60	0,48	2,66	2,13	0,50	0,40	0,38	0,29
2050	7,14	4,81	1,33	0,89	1,02	0,70	3,71	2,65	0,69	0,50	0,53	0,36
2070	9,12	5,49	1,72	1,03	1,23	0,77	4,58	2,96	0,86	0,56	0,65	0,40
2100	13,14	6,36	2,51	1,20	1,69	0,87	5,76	3,22	1,10	0,61	0,75	0,43

Fuente: Elaboración propia.

### 3. Proyecciones e impactos sobre la renta de la tierra (ganancias agrícolas)

En esta sección se emplean los resultados de las regresiones estimadas anteriormente, expuestas en el cuadro 17, para los dos primeros modelos y con ello explorar de qué manera los cambios futuros en el clima pueden afectar las ganancias agrícolas de los hogares rurales de Honduras. Los resultados indican que los valores de las ganancias varían a lo largo de los diferentes municipios del país. Los efectos marginales estimados muestran que un pequeño cambio en la temperatura perjudica a la producción agrícola hondureña. En este sentido, se explora la magnitud de los impactos cuando los cambios climáticos se manifiesten en años venideros. Las estimaciones asumen que el resto de las condiciones se mantienen constantes; de esa forma se pretende aislar el efecto del cambio climático sobre las ganancias agrícolas mediante las variables de temperatura y precipitación. Sobre este punto, cabe señalar que no se toman en cuenta los cambios probables en precios, inversión, población y tecnología.

Nuestra proyección considera un escenario climático de precipitación acumulada y temperatura media anual a nivel de los municipios hondureños. El modelo empleado para predecir las anomalías del clima en años futuros es el Miroc de alta resolución bajo el escenario A1B. Para evaluar el efecto futuro

del clima sobre las ganancias agrícolas, se han considerado como puntos de referencia o de corte los años 2020, 2030, 2050, 2070 y 2095.

Los datos históricos anuales de la temperatura promedio y la precipitación acumulada que se consideran como base de referencia son 23,48 °C y 1.513,59 mm, respectivamente. Aunque es importante señalar que la distribución de los cambios en temperatura y precipitación varían a lo largo de los municipios hondureños.

Para realizar nuestras predicciones se han considerado las dos primeras especificaciones comentadas en el apartado 3 del capítulo anterior (véase de nuevo el cuadro 17). Inicialmente, se calcula el valor esperado de las ganancias agrícolas para cada hogar y posteriormente se estima el impacto total promedio para 2020, 2030, 2050, 2070 y 2095; tal como se señaló en la ecuación (7) del capítulo metodológico de este estudio.

En el cuadro 24 se presenta el monto de las ganancias agrícolas futuras junto con la variación porcentual estimada con respecto al monto promedio actual, lo anterior para cada uno de los años de corte considerados en este análisis. Es posible notar que en todos los casos el efecto es negativo, anticipando una disminución gradual en las ganancias agrícolas para los distintos períodos futuros.

**CUADRO 24**  
**IMPACTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS GANANCIAS**  
**AGRÍCOLAS DE HOGARES RURALES HONDUREÑOS<sup>20</sup>**  
*(En dólares)*

Año	Ganancias agrícolas actuales y futuras	
	Módulo I	Módulo II
2003	46,49	46,49
2020	44,14 (-5,05%)	32,85 (-29,34%)
2030	46,79 (0,65%)	34,07 (-26,72%)
2050	42,85 (-7,83%)	30,53 (-34,33%)
2070	45,54 (-2,04%)	30,92 (-33,49%)
2095	44,34 (-4,62%)	28,71 (-38,24%)

Fuente: Elaboración propia.

En las proyecciones del modelo I, para 2020 se encuentra que un aumento de la temperatura media anual de 1,71°C y una disminución de la precipitación acumulada de 25,1mm, en relación con los valores medios históricos, implican una disminución de 5,05% de las ganancias agrícolas, mientras que el modelo II, que incluye variables por tipo de suelo, predice una baja del orden de 29,3%.

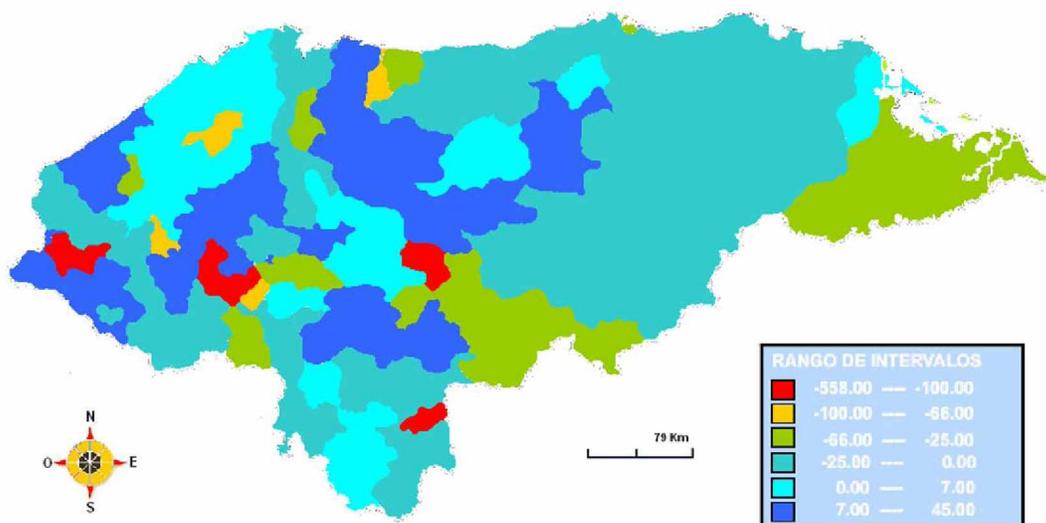
Para el año 2050 observamos un incremento de la temperatura media anual de 3,19 °C y una disminución de 87,71mm en la precipitación acumulada. Estos cambios implican una disminución de 7,8% en las ganancias agrícolas bajo el modelo I, en tanto que el modelo II pronostica una disminución de 34,3%.

<sup>20</sup> Los impactos son cambios en las ganancias agrícolas mensuales (dólares). Los cambios porcentuales con respecto al año base se encuentran entre paréntesis.

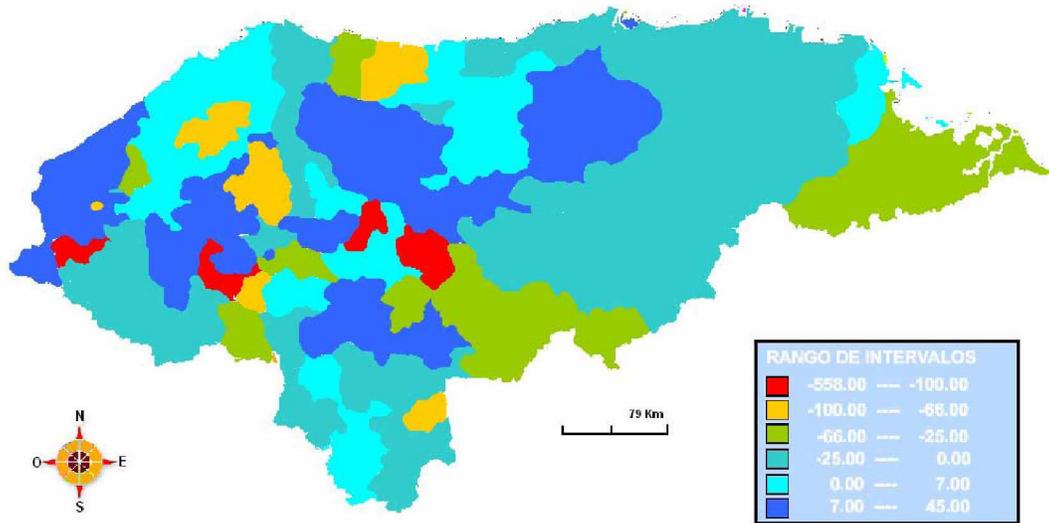
Asimismo, para el año 2095 se presenta un aumento de la temperatura media anual de 6,02 °C y una baja de la precipitación acumulada de 409,91mm, con relación a los valores medios históricos, lo anterior conllevan a una disminución de 4,6% de las ganancias agrícolas en el modelo I, mientras que el modelo II predice una baja del 38,2%. Las diferencias entre las especificaciones de los modelos I y II radican en que la segunda especificación captura el efecto diferenciado por el tipo de suelo en conjunto con las variables de temperatura y precipitación.

De manera adicional, los resultados obtenidos se presentan gráficamente en los mapas de las figuras 2, 3 y 4, donde se muestra la distribución de los cambios en las ganancias agrícolas para los municipios de Honduras en los años 2020, 2050 y 2095, utilizando los resultados econométricos del modelo II y evaluando los resultados de impacto a nivel municipal. En estas figuras es posible notar que el efecto es diferenciado a lo largo de las comunidades hondureñas. No obstante, es posible recalcar que el efecto negativo en las ganancias agrícolas, que surge de manera conjunta por el aumento en la temperatura media anual y la baja en la precipitación acumulada anual, se permean prácticamente en todo el territorio hondureño.

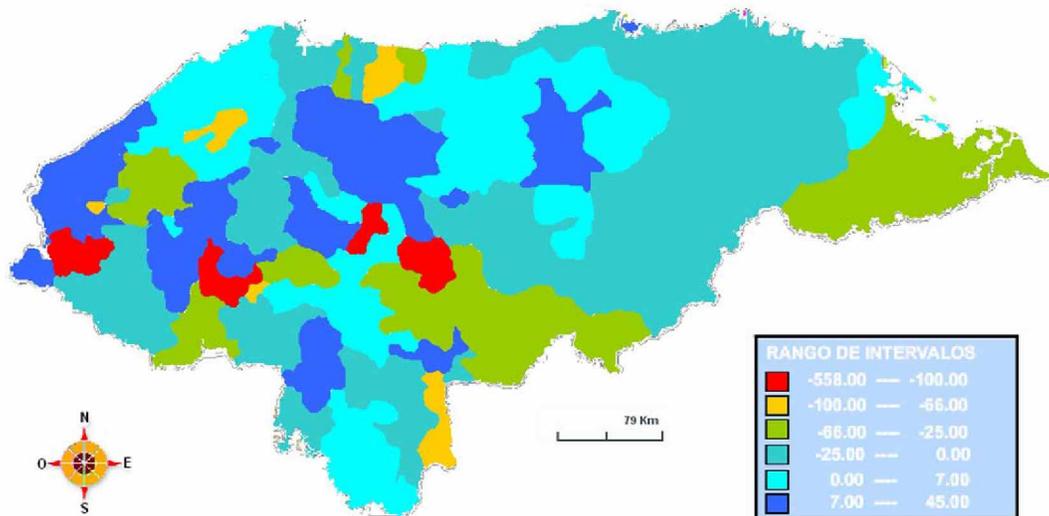
**FIGURA 2**  
**DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE**  
**LAS GANANCIAS AGRÍCOLAS PARA EL AÑO 2020**



**FIGURA 3**  
**DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE**  
**LAS GANANCIAS AGRÍCOLAS PARA EL AÑO 2050**



**FIGURA 4**  
**DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE**  
**LAS GANANCIAS AGRÍCOLAS PARA EL AÑO 2095**



El análisis efectuado a partir de los modelos base empleados revela, bajo un nivel de confianza alto, que las ganancias agrícolas en Honduras son sensibles al clima, ya que un incremento marginal en la temperatura promedio anual de 1 °C reduce las ganancias agrícolas anuales en aproximadamente 26 dólares. En otras palabras, un ligero aumento en la temperatura conlleva un impacto negativo hacia la agricultura hondureña. Así, cuando la temperatura se eleve en 2 °C las ganancias agrícolas mensuales promedio se reducirían en alrededor 9%, lo que representa para los hogares rurales hondureños cerca del 3% de su ingreso mensual total. Este impacto es mucho mayor para los primeros dos deciles de los hogares rurales (57% de su ingreso); en cambio es considerablemente menor para el 20% de los hogares rurales con mayores ingresos (cerca de 1% de su ingreso total). De igual manera un incremento en la precipitación acumulada anual de 10 mm implica una disminución de las ganancias agrícolas de aproximadamente 0,20 dólares.

El presente estudio también considera los impactos de futuros cambios en el clima, los cuales no muestran un escenario alentador sobre los ingresos provenientes del sector agrícola hondureño. Los impactos de las proyecciones futuras predicen efectos negativos que van desde el 2% hasta cerca del 40% de las ganancias agrícolas. De manera adicional, es posible observar que estos efectos muestran una dispersión considerable a través de las distintas regiones del territorio hondureño.

Si bien es cierto que este trabajo no toma en cuenta la posible adaptación que los individuos y sus parcelas puedan experimentar ante las variaciones de temperatura y precipitación, resulta importante subrayar el mensaje de impacto negativo atribuible a un aumento en la temperatura y/o precipitación que debe ser tomado en consideración para desarrollar e implementar las medidas de política necesarias y adecuadas, para enfrentar los efectos adversos de las variaciones climáticas sobre las ganancias agrícolas de los hogares hondureños.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de este estudio muestran que el cambio climático está teniendo ya efectos adversos sobre la producción de algunos cultivos. De los tres que aquí se analizaron, para el maíz ya se estarían teniendo pérdidas puesto que ya se habría rebasado la temperatura que permite el mayor rendimiento para la producción de este cultivo, mientras que para el frijol y el café, es probable que en el corto plazo se obtengan ligeras ganancias, pero a largo plazo las pérdidas podrían ser importantes.

Las simulaciones realizadas para la precipitación indican que los niveles actuales son muy cercanos a los que permiten obtener los mayores niveles de producción. Incluso, niveles ligeramente inferiores a los actuales podrían ser benéficos. No obstante, dado que se esperan caídas en la precipitación entre 15% y 50%, a dichos niveles los cultivos se podrían ver afectados de forma importante.

Estos tres productos no serán los únicos afectados puesto que se proyectan pérdidas importantes en la producción agrícola en su conjunto al igual que en la producción pecuaria. Como resultado de lo anterior, los efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario podrían traducirse en pérdidas económicas acumuladas de consideración. Una primera estimación muestra que éstas podrían ser de entre 8% y 19% del PIB de 2007 dependiendo de la severidad de las variaciones climatológicas hacia el año 2100. Ello implicará que las ganancias de los agricultores se verán afectadas. Los impactos de las proyecciones futuras predicen efectos negativos que van desde el 2% hasta cerca del 40% de las ganancias agrícolas.

Estos primeros resultados muestran la necesidad de buscar mecanismos que compensen las pérdidas que el agro hondureño sufrirá.

Ante la poca disponibilidad de recursos se propone que las estrategias sean focalizadas y se orienten a temas prioritarios a fin de tener el mayor impacto posible. Dos vertientes pueden ser las relevantes. Una es enfrentar las causas: el cambio climático. En este sentido, como se indica en este documento, los países en vías de desarrollo son quienes menos contribuyen al calentamiento global y en consecuencia son quienes pueden apoyar en menor medida a que el clima no se altere, pero son quienes padecen más sus efectos. Por ello, si bien es importante realizar medidas para reducir el cambio climático, más lo sería implementar estrategias de adaptación. Para ello será conveniente la participación de diferentes actores: gobierno, sector privado, universidades, la comunidad internacional, y la sociedad civil.

En principio es importante fomentar la investigación a fin de aprovechar la tecnología aplicada en otros países o en algunas regiones de Honduras, para que los cultivos puedan adaptarse a climas más cálidos, se aprovechen de mejor forma los recursos hídricos y se controlen las enfermedades por plagas<sup>21</sup>. Para alentar la investigación en estas áreas se podrían otorgar subvenciones a universidades e institutos de investigación u obtener financiamiento de la comunidad internacional (Heller y Mani, 2002).

Otras medidas que se pueden emplear para esta primera vertiente son el uso de tecnologías adecuadas para la conservación de los suelos, la retención de humedad y la reducción de riesgos de desastres. Por ejemplo, el cultivo de algunas plantas como la *valeriana*<sup>22</sup> permite mejorar la infiltración del agua en el suelo al reducir su velocidad. Una práctica agrícola para mitigar el impacto de las lluvias

---

<sup>21</sup> Por ejemplo, la construcción de invernaderos, el riego por goteo o el uso de semillas mejoradas podrían ser algunas medidas de adaptación.

<sup>22</sup> Su nombre botánico es *Vetiveria zizanioides*.

sobre los cultivos es el *manejo rutinario de árboles*, que consiste en producir árboles cortos que sean resistentes a los vientos de los huracanes (FAO, 2009b).

Como se mostró en este estudio, la productividad del sector agropecuario se reducirá debido al cambio climático. Por ello, la segunda vertiente donde convendría que se enfoquen los esfuerzos es en elevar la productividad del agro. Para ello dos elementos son importantes: el capital humano y el capital físico. En las estimaciones que aquí se realizaron el factor trabajo siempre apareció como un elemento importante en la producción agropecuaria. Para elevar el capital humano convendría generar una estrategia en la que participen las escuelas agrícolas existentes en el país y se desarrollen sistemas de capacitación enfocados a las cadenas productivas (Serna, 2007). Ello podrá generar que los agricultores puedan ser más productivos y aprovechen de mejor forma los recursos con que cuentan para mejorar la producción.

Para elevar el capital físico es recomendable fomentar inversiones en infraestructura rural, ello tendrá efectos positivos sobre los ingresos de los hogares rurales a través de incentivar a los miembros del hogar a emprender otras actividades generadoras de ingresos, además puede permitir aprovechar de mejor forma los efectos positivos del CAFTA (Sanders y Ordaz, 2008). También, es importante fomentar mecanismos para lograr que el crédito crezca de forma sostenida y que se atraigan mayores inversiones. Como se mostró en este trabajo, la proporción del crédito agrícola dentro del financiamiento total ha venido cayendo durante los últimos años, ello sin duda ha influido en que la productividad agrícola se haya mantenido estancada.

La agricultura hondureña tiene una elevada exposición al riesgo climático. Los huracanes y las sequías que se han presentado en este país han traído consigo importantes pérdidas económicas; por ello es importante que se diseñen estrategias que permitan reducir dichos riesgos y ayuden a hacer más rentables las inversiones elevando con ello la productividad del agro. Una opción es el desarrollo de mercados de riego tales como los *futuros* y los seguros agrarios. Aun cuando en Honduras existe cierta penetración de estos instrumentos, ésta es relativamente baja; por ello convendría una mayor acción del gobierno a fin de crear los incentivos para el desarrollo de estos mercados.

Además de las medidas que aquí se presentan pueden existir muchas otras, lo importante es que se implementen con eficiencia y rapidez, de lo contrario como se ha mostrado, se tendrán pérdidas económicas importantes, de las cuales los grupos de menores ingresos serán los más perjudicados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adams Richard, Hurd B, Reilly J. (1999) "A review of impacts to U.S. agricultural resources". Prepared for the Pew Center on Global Climate Change.
- \_\_\_\_\_ y otros (1988), Implications of Global Climate Change for Western Agriculture, *Western Journal of Agricultural Economics*, 13 (2): 348-356.
- \_\_\_\_\_ (1990), Global Climate Change and US Agriculture, *Nature*, 345: 219-223.
- \_\_\_\_\_ y otros (1998), Effects of Global Climate Change on Agriculture: An Interpretative Review, *Climate Research*, II: 19-30.
- Alfaro, W. y L. Rivera (2008). *Cambio climático en Mesoamérica: temas para la creación de capacidades y la reducción de la vulnerabilidad*, Fundación Futuro Latinoamericano.
- Teresa (2003), *Biología: La vida en la Tierra* Prentice Hall México.
- Baker, B. B. y otros. (1993), The Potential Effects of Climate Change on Ecosystem Processes and Cattle Production on US Rangelands, *Climatic Change*, 23: 97-117.
- Baltagi, B. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, 3a ed., John Wiley & Sons Ltd.
- BHC (Banco Central de Honduras) (2008), "Remesas familiares enviadas por hondureños residentes en el exterior y gastos efectuados en el país durante sus visitas" [en línea], Honduras [fecha de consulta: 08 de Julio de 2009] <[http://www.bch.hn/download/remesas\\_familiares/remesas\\_familiares\\_082007.pdf](http://www.bch.hn/download/remesas_familiares/remesas_familiares_082007.pdf)>.
- \_\_\_\_\_ (2008), *Boletín estadístico*, marzo.
- \_\_\_\_\_ (2008), *Honduras en cifras, 2002-2006*.
- \_\_\_\_\_ (2008), *Informe de Comercio Exterior, 2007*
- Banco Mundial (2009), "Informe sobre el Desarrollo Mundial 2010: Desarrollo y Cambio climático (Panorama general, versión preliminar)" *Banco Mundial*. [en línea], [fecha de consulta: 17 de septiembre de 2009] <<http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2010/Resources/5287678-1226014527953/Overview-Spanish.pdf>>
- Banco Mundial (2008) *Climate Change Aspects in Agriculture. Honduras Country Note*, diciembre.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2008), *Istmo Centroamericano: Evolución económica durante 2007 y perspectivas para 2008* (LC/MEX/L.854), abril.
- \_\_\_\_\_ (2007f), *Honduras: Evolución económica durante 2006 y perspectivas para 2007* (LC/MEX/L.798), septiembre. Información estadística para 2007.
- CAC (Consejo Agropecuario Centroamericano) (2002), *Estrategia para el manejo de la sequía en el sector agropecuario de Centroamérica*. San José, Costa Rica. Enero.
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo) (2008), *Lineamientos de la Estrategia Regional de Cambio Climático*. San Salvador, El Salvador. Abril.
- \_\_\_\_\_ (2007), "Política Agrícola Centroamericana 2008-2017". *Una agricultura competitiva e integrada para un mundo global*. San José, Costa Rica.
- Carpeta de Información sobre el cambio Climático. PNUMA y la UNFCCC Octubre 2004
- Cline, W. R. (2007), *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*, Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics, Washington, DC.
- CONABISAH (Comité Nacional de Bienes y Servicios Ambientales de Honduras) (2004), "Bienes y servicios ambientales en Honduras. Una alternativa para el desarrollo sostenible" [en línea], Honduras [fecha de consulta: 30 de junio de 2009] <<http://www.rlc.fao.org/Foro/psa/pdf/bienes.pdf>>.
- Blacklund, Peter, Anthony Janetos, and David Schimel. Managing Editor: Margaret Walsh (2009) "The Effects of Climate Change on Agriculture, Land Resources, Water Resources, and Biodiversity in the United States", *Synthesis and Assessment Product 4.3 Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. U. S. Global Change Research Program, Global Climate Change Impacts in the United States*. Agriculture. Cambridge University Press.
- Darwin, R., Tsigas, M., Lewandowski, J. y Ranases (1995), "World Agriculture and Climate Change. Economic Adaptations", United States Department of Agriculture.
- De la Torre, P., P. Fajnzylber y J. Nash (2009). *Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático*, Banco Mundial, Washington, DC.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2003a), *World Agriculture: Towards 2015/2030. A FAO Perspective*, Roma.

- \_\_\_\_\_ (2003b) *The digital soil map of the world (DSMW)* CD-ROM. Food and Agriculture Organization, Italy, Rome.
- \_\_\_\_\_ (2005), "Base de datos estadísticos en línea: FAOSTAT" [en línea], Organismo Internacional [fecha de consulta 28 de Junio de 2009] <[www.fao.org](http://www.fao.org)>.
- \_\_\_\_\_ (2008), "Wood energy" [en línea], organización internacional [fecha de consulta: 30 de junio de 2009] <[www.fao.org/forestry/50644/en/](http://www.fao.org/forestry/50644/en/)>.
- \_\_\_\_\_ (2009a), "Sistema de Información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO" [en línea], Organismo Internacional [fecha de consulta: 30 de junio de 2009] <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/honduras/indexesp.stm>>.
- \_\_\_\_\_ (2009b), "Tecnologías para la agricultura" [en línea], FAO, visto en <<http://www.fao.org/teca/es>>
- Finger, R. y S. Schmid (2007), *Modeling Agricultural Production Risk and the Adaptation to Climate Change* (mimeo).
- Falck, Mayra (2004), "La pobreza rural en Honduras: Políticas y estrategias, lecciones y retos" [en línea], Honduras [fecha de consulta: 02 de Julio de 2009] <[http://mayrafalck.rds.hn/doc/enfoquedesarrollorural/pobreza\\_rural.pdf](http://mayrafalck.rds.hn/doc/enfoquedesarrollorural/pobreza_rural.pdf)>.
- Fleischer, A., I. Lichtman y R. Mendelsohn (2007). *Climate Change, Irrigation, and Israeli Agriculture: Will Warming Be Harmful?* World Bank, Policy Research Working Paper, N° 4135.
- Fournier, L. y J. di Stefano (2004). Variaciones climáticas entre 1988 y 2001 y sus posibles efectos sobre la fenología de varias especies leñosas y el manejo de un cafetal con sombra en ciudad Colón de Mora, Costa Rica, *Agronomía Costarricense*, 28 (001): 101-120.
- Galindo, L. (2009) "La Economía del Cambio Climático en México", *Gobierno Federal, SHCP, SEMARNAT*.
- Gay, C. y otros. (2004). *Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz (México)* (mimeo).
- Harmeling, Sven (2007), *Global Climate Risk Index 2008. Weather-related loss events and their impacts on countries in 2006 and in long-term comparison*, Berlin: Germanwatch, 36 págs. Disponible en <http://www.germanwatch.org/klima/crj.htm>.
- Heller, P. y Mani, M. (2002), "La adaptación al cambio climático" *Finanzas y Desarrollo*, vol. 39, N° 1
- Honduras, INE (Instituto Nacional de Estadística) (2008),
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) (2005), "Potencial productivo agrícola de la región valles de Jalisco", *INIFAP, SAGARPA*.
- INTAL (Instituto para la Integración de América Latina) e INT (Sector de Integración y Comercio) (2007), "Honduras: Desafíos de la inserción en la economía internacional" [en línea], Honduras [fecha de consulta 10 de julio de 2009] <[http://www.iadb.org/intal/aplicaciones/uploads/publicaciones/e\\_INTALITD\\_DT\\_31\\_2007\\_Granados\\_et\\_al.pdf](http://www.iadb.org/intal/aplicaciones/uploads/publicaciones/e_INTALITD_DT_31_2007_Granados_et_al.pdf)>.
- IPCC (2007). *Cambio climático 2007: informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Ginebra, 104 pp.
- Klinedinst, P. L. y otros. (1993). The Potential Effects of Climate Change on Summer Season Dairy Cattle Milk Production and Reproduction, *Climatic Change*, 23(1): 21-36.
- Leary, N., J. Kulkarni y C. Seipt (2007), *Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change (AIACC): Final Report*, AIACC Implementing Agency of the United Nations Environment Programme (UNEP), Washington, DC.
- Maddison, D., M. Manley y P. Kurukulasuriya (2007), *The Impact of Climate Change on African Agriculture. A Ricardian Approach*, World Bank, Policy Research Working Paper, 4306.
- McCarl, B., R. Adams y B. Hurd (2001). *Global Climate Change and its impact on Agriculture* (mimeo).
- Mendelsohn, R., W. Nordhaus y D. Shaw (1994). The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis, *American Economic Review*, 84:753-771.
- Mendelsohn, R., A. Dinar y A. Sanghi (2001). The Effect of Development on the Climate Sensitivity of Agriculture, *Environment and Development Economics*, 6:85-101.
- Mendelsohn, R. (2007). Past Climate Change Impacts on Agriculture, en R. Evenson y P. Pingali (comps.), *Handbook of Agricultural Economics*, Vol. 3, 3008-3031.
- Mendelsohn, R. y otros (2007). Climate and Rural Income, *Climatic Change*, 81:101-118.
- Mendelsohn, R. y S.N. Seo (2007), *Changing Farm Types and Irrigation as an Adaptation to Climate Change in Latin American Agriculture*. World Bank Policy Research Series Working Paper, N° 4161, World Bank.
- Mendelsohn, R., P. Christensen y J. Arellano-González (2009). *Ricardian Analysis of Mexican Farms*, Report to the World Bank.
- Metz, B. y otros (2007), *Climate Change 2007, Mitigation of Climate Change*, IPCC.

- Molua, E. y C. Lambi (2007), *The Economic Impact of Climate Change on Agriculture in Cameroon*, World Bank, Policy Research Working Paper, N° 4364.
- Monterrosa de Tobar, M. (1998). *Evaluación de los impactos del cambio climático en el sector agropecuario de la zona costera de El Salvador*, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Mora, J. J. y A. Yúnez-Naude (2008), *Climate Change and Migration in Rural Mexico*, World Bank Report, Latin American Division.
- Parry, M. L. y otros. (2004). Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios, *Global Environmental Change*, 14: 53-67.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2007) *Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido*, Nueva York: PNUD, 400 pp.
- RAS-HON (Red de Aguas y Saneamientos de Honduras) (2005), “Boletín de la Red de Agua y Saneamiento de Honduras” [en línea], Honduras [fecha de consulta: 30 de junio de 2009] [http://www.rashon.org.hn/publicaciones/Boletin\\_CHAC\\_2da\\_Edicion.pdf](http://www.rashon.org.hn/publicaciones/Boletin_CHAC_2da_Edicion.pdf).
- Rosenzweig, C. y M. Parry (1994), Potential Impact of Climate Change on World Food Supply, *Nature*, 367: 133-138.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería) (2003), “Financiamiento rural y crédito informal para el sector agropecuario en Honduras” [en línea], Honduras [fecha de consulta: 07 de Julio de 2009] <[http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNACY627.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACY627.pdf)>
- Sanders, A. y Ordaz, J. (2008), “Honduras: Identificación de la combinación de inversiones públicas más apropiada durante el período de transición hacia la entrada en vigencia del CAFTA”. *CEPAL BID, IFPRI*.
- Schimmelpfennig, D. y otros (1996). *Agricultural Adaptation to Climate Change: Issues of Long Run Sustainability*, U S Department of Agriculture, Natural Resources and Environment Division, Economic Research Service, Washington, DC.
- Schlenker, W., W. Hanemann y A. Fischer (2006), The Impact of Global Warming on US Agriculture: An Econometric Analysis of Optimal Growing Conditions, *The Review of Economics and Statistics*, 88 (1): 113-125.
- Seo, S. N., R. Mendelsohn y M. Munasinghe (2005). Climate Change and Agriculture in Sri Lanka: A Ricardian Valuation, *Environment and Development Economics*, 10:581-596.
- Seo, S.N. y R. Mendelsohn (2006), *Climate Change Impacts on Animal Husbandry in Africa: A Ricardian Analysis*, World Bank Policy Research Working Paper, N° 4621, Washington, DC.
- \_\_\_\_\_ (2008), Measuring Impacts and Adaptations to Climate Change: A Structural Ricardian Model of African Livestock Management, *Agricultural Economics*, 38:151-165.
- \_\_\_\_\_ (2008a), *a Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on Latin American Farms*, World Bank Policy Research Series Working Paper, N° 4163, World Bank, Washington, DC.
- \_\_\_\_\_ (2008b), A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on South American Farms, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(1): 69-79.
- \_\_\_\_\_ (2008c), An Analysis of Crop Choice: Adapting to climate Change in Latin American Farms, *Ecological Economics*, 67: 109-116.
- Sergenson Kathleen, B. L. Dixon (1998) “Climate Change and agriculture: the role of farmer adaptation. *Chapter 3, the Economics of Climate Change*, R. Mendelsohn and J. Neumann, eds. Cambridge University Press, Cambridge.
- Serna, Braulio (2007) “Honduras: tendencias, desafíos y temas estratégicos del desarrollo agropecuario”, CEPAL, Serie Estudios y Perspectivas”, No, 70.
- SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente) (1997), “Primera comunicación de Honduras a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático” [en línea], Honduras [fecha de consulta: 30 de Junio de 2009] <[http://www.serna.gob.hn/comunidad/unidades/cambio\\_climatico/Documentos/Documents/Primera%20Comunicacion%20Nacional.pdf](http://www.serna.gob.hn/comunidad/unidades/cambio_climatico/Documentos/Documents/Primera%20Comunicacion%20Nacional.pdf)>.
- \_\_\_\_\_ (2000) *Primera Comunicación de Honduras a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Año de referencia 1995*.
- \_\_\_\_\_ (2005) *Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y Sequía, Honduras 2005-2021*.
- Smit, B., D. McNabb y J. Smithers (1996), Agricultural Adaptation to Climatic Variation, *Climatic Change*, 33: 7-29.
- Terjung, W. H., D. M. Liverman, y J. T. Hayes (1984). Climate Change and Water Requirements for Grain Corn in the North American Plains, *Climatic Change*, 6: 193-220.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (2008) *Central*.
- Vega, E. y L. Gámez (2003). Implicaciones económicas de los eventos hidrometeorológicos en Costa Rica: 1996-2001 (mimeo).
- Warrick, R. A. (1984). The Possible Impacts on Wheat Production of a Recurrence of the 1930's Drought in the Great Plains, *Climatic Change*, 6: 5-26.
- Wild Alan (1992), *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*, Mundi-Prensa.



**ANEXO I**  
**IMPACTO EN LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIAS**

**CUADRO AI-1**  
**HONDURAS: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100**  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)				Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
	Producción agropecuaria				Producción de cereales			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	23,26	20,86	18,22	14,34	5,10	4,55	3,95	3,07
2030	43,70	36,30	28,94	19,68	9,64	7,97	6,31	4,24
2050	100,36	69,84	46,08	24,56	24,85	16,90	10,82	5,49
2070	167,40	99,28	56,19	25,87	48,62	27,34	14,41	5,95
2100	397,67	168,88	71,06	26,67	132,03	52,47	19,75	6,24

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AI-2**  
**HONDURAS: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100**  
ESCENARIO B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	Producción agropecuaria				Producción de cereales			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	10,65	10,01	9,29	8,17	2,63	2,45	2,26	1,95
2030	28,52	23,63	18,85	13,01	6,40	5,30	4,23	2,93
2050	49,71	36,00	25,02	14,66	13,50	9,48	6,35	3,51
2070	82,03	50,30	29,99	15,32	26,26	15,14	8,31	3,78
2100	159,24	73,95	35,13	15,61	58,14	24,90	10,43	3,89

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AI-3**  
**HONDURAS: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2006-2100**  
 ESCENARIO A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario)*

	Producción agropecuaria	Producción de cereales
2006 - 2010	55,80	11,09
2011 - 2020	61,53	14,34
2021 - 2030	71,03	15,70
2031 - 2040	66,56	15,71
2041 - 2050	53,62	15,98
2051 - 2060	35,22	12,44
2061 - 2070	42,21	15,01
2071 - 2080	44,01	15,42
2081 - 2090	45,28	16,16
2091 - 2100	40,36	15,11

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AI-4**  
**HONDURAS: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2006-2100**  
 ESCENARIO B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario)*

	Producción agropecuaria	Producción de cereales
2006 - 2010	41,28	9,51
2011 - 2020	17,69	4,84
2021 - 2030	63,22	13,09
2031 - 2040	16,30	6,52
2041 - 2050	27,21	8,34
2051 - 2060	16,74	7,22
2061 - 2070	21,16	7,80
2071 - 2080	17,27	7,09
2081 - 2090	16,44	6,48
2091 - 2100	10,90	4,81

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO II

### IMPACTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ, FRIJOL Y CAFÉ

**CUADRO AII-1**  
**HONDURAS: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DEL FRIJOL, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100**  
 ESCENARIO A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	Producción agropecuaria				Producción de cereales			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	5,32	4,79	4,22	3,37	3,34	3,15	2,93	2,58
2030	10,39	8,64	6,90	4,71	7,19	6,06	4,95	3,59
2050	23,01	16,13	10,74	5,81	11,79	8,75	6,29	3,95
2070	37,72	22,64	13,00	6,11	17,85	11,45	7,24	4,08
2100	77,89	34,85	15,63	6,25	44,76	19,60	9,00	4,17

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AII-2**  
**HONDURAS: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA**  
**PRODUCCIÓN DEL MAÍZ, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100**  
 ESCENARIO A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	Producción agropecuaria				Producción de cereales			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	4,20	3,94	3,64	3,15	1,68	1,52	1,34	1,07
2030	5,43	4,89	4,31	3,50	2,39	2,05	1,69	1,23
2050	7,04	5,80	4,75	3,61	5,33	3,77	2,57	1,47
2070	16,29	9,77	6,07	3,77	15,68	8,34	4,14	1,68
2100	83,65	29,65	10,18	3,98	50,44	18,90	6,41	1,80

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AII-3**  
**HONDURAS: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA**  
**PRODUCCIÓN DEL CAFÉ, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100**  
 ESCENARIO A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	Producción agropecuaria				Producción de cereales			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	-2,63	-2,18	-1,69	-0,98	-3,25	-2,81	-2,33	-1,62
2030	-2,57	-2,09	-1,57	-0,87	-2,23	-2,03	-1,78	-1,34
2050	-2,55	-2,36	-1,90	-1,06	1,73	0,18	-0,75	-1,10
2070	13,51	4,57	0,42	-0,78	19,31	7,92	1,92	-0,75
2100	113,24	34,21	6,61	-0,46	76,43	25,31	5,67	-0,54

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AII-4**  
**HONDURAS: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2006-2100**  
 ESCENARIO A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario)*

	Maíz	Frijol	Caña de azúcar
2006 - 2010	2,16	2,33	0,79
2011- 2020	2,38	1,54	-2,66
2021 - 2030	3,20	0,79	0,11
2031 - 2040	3,00	0,20	-1,24
2041 - 2050	2,33	0,42	0,92
2051 - 2060	1,76	0,70	1,13
2061 - 2070	2,04	1,57	2,83
2071 - 2080	1,88	2,22	3,66
2081 - 2090	2,02	3,04	4,61
2091 - 2100	1,61	3,53	4,90

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AII-5**  
**HONDURAS: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: 2006-2100**  
 ESCENARIO B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario)*

	Maíz	Frijol	Caña de azúcar
2006-2010	2,200	0,484	0,085
2011-2020	0,920	0,960	-2,619
2021-2030	2,410	0,428	0,653
2031-2040	0,747	0,520	0,080
2041-2050	1,147	0,704	1,423
2051-2060	0,724	1,207	1,900
2061-2070	0,857	1,445	2,599
2071-2080	1,553	1,661	2,816
2081-2090	0,992	1,669	2,813
2091-2100	1,138	1,435	2,237

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Debido a la sobreestimación que se puede presentar en las estimaciones, la suma de los efectos de cada cultivo no es el total de los efectos referentes a la producción agrícola, además mientras algunos cultivos presentan pérdidas, pueden existir otros que presenten ganancias como las frutas tropicales.