



COSTA RICA: EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA

(Segunda Versión)



Este reporte ha sido preparado por Juan Luis Ordaz, Diana Ramírez y Jorge Mora. Alicia Acosta contribuyó a la formación de las bases de información. Braulio Serna Hidalgo participó en su elaboración y supervisó el proceso.

Esta versión preliminar no ha sido sometida a revisión editorial.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
RESUMEN EJECUTIVO	1
INTRODUCCIÓN	3
I. REVISIÓN DE LA LITERATURA	5
1. Enfoques metodológicos para estimar los efectos del cambio climático en El sector agropecuario	5
2. Estudios previos para Centroamérica y Costa Rica	7
II. EL SECTOR AGROPECUARIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	11
1. La importancia del sector agropecuario	11
2. Costa Rica ante el cambio climático	24
III. METODOLOGÍAS	27
1. Enfoque de la función de producción	28
2. Enfoque Ricardiano	29
IV. EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO	32
1. Impacto en las funciones de producción agropecuaria	32
2. Impacto sobre la producción de frijol, maíz y café	44
3. Impacto sobre el valor de la propiedad. Datos y resultados del enfoque Ricardiano: El caso de Costa Rica	54
V. LOS ESCENARIOS FUTUROS: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO	60
1. Impactos económicos sobre la producción agropecuaria	60
2. Impactos económicos sobre los rendimientos de frijol, maíz y café	66
3. Proyecciones e impactos sobre el ingreso de alquiler de la propiedad	72
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA	80

RESUMEN EJECUTIVO

Diferentes estudios científicos confirman que el cambio climático global es un problema que traerá consecuencias importantes sobre el bienestar de los seres humanos y que demanda respuestas oportunas. Los efectos del calentamiento global se han reflejado en mayores inundaciones, sequías, huracanes, entre otros fenómenos. Centroamérica es una región sobre la que se han presentado algunos de estos eventos climatológicos extremos, los cuales se podrían intensificar en un futuro, de no tomarse acciones con rapidez.

Un sector que particularmente puede ser de los más afectados por su alta dependencia del clima es el agrícola y en consecuencia es prioritario prestar atención sobre los impactos que el calentamiento global podría generar sobre él. Este estudio pretende contribuir en ese sentido, para ello se analizan los impactos potenciales del cambio climático sobre el sector agrícola de Costa Rica.

El sector agrícola de Costa Rica ya ha dado muestras de su vulnerabilidad ante el cambio climático. El huracán Mitch que azotó a Costa Rica y demás países centroamericanos en 1998, sumado a sucesivas sequías, han provocado daños al sector agropecuario de este país de alrededor de los 100 millones de dólares.

En este informe se estudian los efectos del cambio climático en los próximos años y hasta 2100 sobre el sector agropecuario en su conjunto, sobre los subsectores: pecuario y cultivos en su conjunto, y sobre algunos de los cultivos más importantes para el país. Al alterarse el clima y con ello la producción podría darse una reconfiguración en los cultivos y de esta forma en la intensidad con que se utilicen los suelos, por ello en este trabajo también se analizan los posibles efectos sobre el valor de la tierra.

Los resultados de esta investigación revelan que el cambio climático ya está dando muestras de efectos adversos sobre el sector agropecuario costarricense, los cuales a futuro podrían intensificarse en caso de que las condiciones de producción no se mejoren.

Se examinaron los posibles efectos del cambio climático sobre la producción de maíz, frijol y café. Los resultados sugieren que es posible que para los tres cultivos ya se haya rebasado la temperatura que permite lograr los mayores rendimientos, por lo que es probable que ya se estén teniendo pérdidas de producción; además, incrementos futuros en la temperatura podrían generar mayores pérdidas.

El análisis realizado sobre la producción pecuaria, los cultivos en su conjunto y la producción agropecuaria de forma global sugiere que es probable que se haya rebasado la temperatura que permite en los tres casos alcanzar los mayores niveles de producción. De igual forma los niveles de precipitación observados en los últimos años son inferiores a los que permiten lograr la mayor producción. Así, el cambio climático ya puede estar teniendo efectos adversos sobre toda la producción agropecuaria.

Como resultado de los cambios en la producción agrícola, las ganancias agrícolas se verían afectadas. Se encuentra evidencia que sugiere que ante el incremento de una unidad en la temperatura media anual se presentaría una reducción en el ingreso recibido por concepto de alquiler de alrededor de 1,30 dólares mensuales, lo que equivale a una disminución del 1,2% en los ingresos que provienen del alquiler de la propiedad, este decremento se agudiza si se considera a los hogares rurales en distintos deciles. En particular, para los hogares rurales que se encuentran en los primeros ocho deciles del ingreso por alquiler de la propiedad se estima una caída cercana al 2%.

Los impactos de las proyecciones futuras predicen efectos negativos que van desde el 0.5% hasta cerca del 6% del ingreso por renta de la propiedad. De manera adicional, es posible observar que estos efectos muestran una dispersión considerable a través de las distintas regiones de Costa Rica.

Se contabilizaron los impactos económicos del cambio climático sobre la producción agropecuaria en diferentes momentos del tiempo considerando hasta el año 2100 en relación al PIB de 2007. Los resultados sugieren que de no tomarse medidas, hacia 2050 las pérdidas serían entre el 1% y 2% del PIB con una tasa de descuento de 4%. Sin embargo, hacia 2100 incrementarían de forma importante, llegando a representar el 4% del PIB, y podrían ser aún mayores, entre 8% y 12% del PIB si la tasa de descuento fuera de 2%.

Como cualquier estudio que realice proyecciones a futuro, en el presente hay elementos que no fue posible incluir en el análisis; sin embargo, los resultados son muy consistentes y muestran la necesidad de actuar oportunamente a través de mecanismos que impidan que las pérdidas sobre el sector puedan llegar a ser de las magnitudes que aquí se muestran. Será importante adoptar medidas que permitan aminorar las causas del cambio climático, pero más importante quizás, que se establezcan medidas de adaptación. El agrícola al ser un sector estratégico tendrá que tener importancia prioritaria en las medidas que se tomen.

En este trabajo se evidencia también que se ha dado cierta descapitalización del sector agropecuario, lo que con seguridad está influyendo en que la productividad sea relativamente baja. En ese sentido será importante también adoptar nuevas medidas y reforzar las que ya se están tomando para que la productividad del sector incremente. Ello necesariamente requerirá de un mayor acceso al capital y de mejoras en la infraestructura, por lo que convendría generar herramientas que permitan que el crédito crezca de forma sostenida y que se atraigan mayores inversiones.

Algunos avances en términos sociales son notorios, la pobreza ha tendido a reducirse en los últimos años. Sin embargo, convendría acelerar los procesos de desarrollo del capital humano a fin de lograr mejores resultados en términos de la producción agrícola, ya que como aquí se muestra el trabajo es un factor importante.

Será importante fomentar la investigación a fin de aprovechar la tecnología aplicada en otros países o en algunas regiones del país, 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 además el uso de tecnologías adecuadas para la conservación de los suelos, la retención de humedad y la reducción de riesgos por desastres. Mecanismos como el seguro agropecuario o la utilización de *futuros* podrían coadyuvar en elevar la productividad agrícola y en reducir los riesgos climáticos.

En suma, existen distintas medidas que se pueden adoptar, lo importante es actuar con rapidez y eficiencia a fin de reducir los riesgos del cambio climático.

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 500 mil años el ser humano ha estado liberando gases de efecto invernadero (GEI), entre los que destaca el dióxido de carbono (CO_2), a la atmósfera a través de la quema y cambios en el uso del suelo. No obstante, en los últimos 200 años esta actividad se ha acelerado notablemente. Una gran cantidad de estudios científicos han evidenciado que esta situación está generando un incremento en la temperatura del planeta. Los años del periodo 1995-2006 son de los más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial, desde 1850.

Las emisiones mundiales de GEI a consecuencia de las actividades humanas aumentaron, desde la era preindustrial, en 70% entre 1970 y 2004 (IPCC, 2007). Hacia el año 2035 la concentración atmosférica de GEI podría alcanzar el doble de su nivel preindustrial, con lo que la temperatura media del planeta experimentaría un aumento de más de 2°C , el cual podría incluso superar los 5°C en el largo plazo (Stern, 2006). Un nivel de temperatura como ese disminuiría la disponibilidad de agua generando situaciones de estrés hídrico; provocaría la extinción paulatina de algunos bosques, la pérdida de algunos glaciares, la rápida acidificación del océano y el incremento en el nivel del mar con lo que algunas áreas quedarían inundadas (Parry, y otros, 2008).

De acuerdo con el Informe Stern (2006) la evidencia científica indica que el cambio climático es un serio problema global y demanda respuestas urgentes. El calentamiento global afectará los elementos básicos en la vida de los seres humanos, el acceso a agua, la producción de alimentos, la salud y el ambiente. En caso de tomarse acciones los costos y riesgos podrían ser equivalentes a perder entre 5% y 20% del PIB global.

Si bien todos los países sufrirán las consecuencias de los cambios climatológicos, los más afectados serán los más pobres pese a que son los que menos han contribuido a las causas del cambio. Sobre los países en vías de desarrollo recaerá aproximadamente entre el 75% y el 80% del costo de los daños provocados por la variación del clima (Banco Mundial, 2009).

Una de las actividades económicas sobre la que más se resentirán los efectos del calentamiento global es la agricultura. Adams y otros (1988) destacan entre los efectos principales: la modificación en los cultivos debido a un incremento atmosférico en la concentración de CO_2 ; mayor probabilidad de un incremento en la población de plagas a partir del calentamiento global; y, ajustes en las demandas y ofertas de agua para irrigación. Como resultado se espera que la productividad de algunos cultivos importantes disminuya y, en consecuencia, suceda una situación similar en la productividad pecuaria. En conjunto, lo anterior tendría efectos adversos para la seguridad alimentaria.

En América Latina muchos países son altamente dependientes de la agricultura por lo que están expuestos a padecer en gran medida los efectos del calentamiento global. Para la región latina se ha encontrado que si no se tomaran en cuenta los efectos de CO_2 , la reducción en la producción de granos podría ser hasta de 30% bajo el escenario de mayor temperatura. Sin embargo, si dichos efectos son tomados en consideración, la producción en algunos países podría incluso incrementar (Parry y otros, 2004). Centroamérica es una región altamente vulnerable a los fenómenos climáticos y meteorológicos dada su extensión y ubicación geográfica. Sobre esta región los efectos del cambio climático han sido visibles, las sequías y los huracanes que se han presentado en esta región han traído importantes costos económicos y sociales.

En el caso específico de Costa Rica, Vega y Gámez (2003) buscaron determinar las implicaciones económicas de los desastres por eventos hidrometeorológicos en la economía de ese país y para el periodo 1996 - 2001 y estimaron una pérdida en cultivos promedio anual de 1,07% del PIB agrícola.

A futuro es probable que el cambio climático intensifique la gravedad de los fenómenos extremos. Con lo que se vuelve necesario tener mayores elementos para conocer cómo se verán afectados los países. El presente estudio pretende contribuir en la discusión de esos temas, para ello se analizan algunos de los impactos potenciales que el cambio climático tendrá sobre la economía de Costa Rica. Se espera que los resultados que aquí se obtienen aporten elementos que puedan considerarse en la formulación de políticas agropecuarias y ambientales del país.

El trabajo se estructura de la siguiente forma. En el primer capítulo se hace una revisión de algunos estudios para ciertos países y para Costa Rica, relativos a la vinculación entre el cambio climático y la agricultura, así como los que se relacionan con las metodologías a utilizarse. En el segundo capítulo se presenta la situación actual del sector agropecuario y las estrategias adoptadas ante el cambio climático en Costa Rica. Las metodologías empleadas para analizar los efectos del cambio climático son expuestas en el tercer capítulo. En el capítulo cuarto se analizan los posibles efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria, incluyendo algunos de los cultivos más importantes en el país, y sobre los ingresos los agricultores costarricenses. Finalmente el capítulo cinco se examinan los efectos económicos que los cambios en la producción y en los ingresos de los agricultores conllevarían en los siguientes años y hasta 2100.

En la elaboración del presente informe participan los investigadores Diana Ramírez, Juan Luis Ordaz y Jorge Mora. Alicia Acosta aporta en la formación de las bases de información. Dolores Flores contribuye en la revisión e integración del documento. Braulio Serna Hidalgo participa en la elaboración y supervisa el proceso.

I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Desde hace algunas décadas, pero con mayor intensidad en las dos últimas, se ha manifestado un gran interés por analizar y medir los efectos del cambio climático en la actividad agrícola. Los primeros análisis se basaban en encuestas de opinión a expertos en el tema y en experimentos de laboratorio que estudiaban los efectos de cambios en la temperatura sobre la producción de algunos cultivos, cuyos resultados se utilizaban para predecir cómo se alterarían los cultivos bajo diferentes escenarios climáticos (Maddison, y otros, 2007). Posteriormente, las investigaciones se enfocaron en los efectos directos del cambio climático sobre la producción de ciertos cultivos (principalmente, granos como el trigo y el maíz) y, más recientemente, se han incluido en el análisis las interacciones y canales de transmisión entre regiones así como una variedad más amplia de cultivos.

En esta sección se realiza una descripción de los principales trabajos que han evaluado los efectos del cambio climático en el sector agropecuario de diferentes países y los enfoques metodológicos en los que se insertan. También se revisan algunas de las investigaciones realizadas para la región centroamericana y para el caso específico de Costa Rica.

1. Enfoques metodológicos para estimar los efectos del cambio climático en el sector agropecuario

Los métodos utilizados para medir los efectos del cambio climático en el sector agropecuario se pueden clasificar en de dos enfoques metodológicos: el estructural y el espacial (McCarl y otros, 2001; Molua y otros, 2007, Schimmelpfennig y otros, 1996). El primero combina las respuestas físicas de los cultivos con las respuestas económicas de los agricultores. Una gran cantidad de estudios representativos del enfoque estructural se han basado en una función de producción empírica para predecir los efectos del clima sobre la agricultura.¹

El enfoque espacial permite 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 relevantes como la calidad de la tierra. Los resultados que se derivan de estos modelos dependen en gran medida de que los datos disponibles sean representativos de las unidades geográficas consideradas y de la capacidad del análisis estadístico para aislar efectos que podrían afectar la producción agrícola.

Los modelos espaciales asumen que los ajustes biológicos, físicos y económicos impuestos por el cambio climático a plantas, cultivos y agricultores se realizarán de manera automática, con lo que se reduce la necesidad de modelar las conductas adaptativas de plantas, cultivos y agricultores para, con los resultados obtenidos, estimar en una segunda etapa los efectos del clima en la variable económica de interés de cierto tipo de cultivo.

En muchos estudios ambos métodos han sido aplicados de forma separada; no obstante, es posible considerarlos como complementarios y tratar de aprovechar las ventajas que tienen utilizándolos conjuntamente. En el presente estudio, utilizaremos ambos métodos a fin de obtener resultados robustos metodológicamente.

¹ Véase, por ejemplo, Adams y otros (1988), Finger y Schmid (2007) y Gay y otros (2004).

a) Enfoque estructural

El enfoque estructural estima la respuesta de los cultivos ante escenarios climáticos en los que se especifican promedios anuales por décadas o datos con una frecuencia diaria para ciertas variables climáticas: temperatura y precipitación. Con base en los efectos estimados se simulan cambios en la producción. La utilización de este enfoque metodológico tiene la ventaja que permite obtener información detallada de las respuestas físicas, biológicas y económicas, así como los posibles ajustes. Una de sus desventajas es que para estudios agregados se requieren múltiples inferencias para grandes áreas y sistemas diversos de producción a partir de pocos lugares y cultivos (Schimmelpfennig y otros, 1996).

La adaptación humana ha sido una variable que se ha buscado incorporar en los modelos que se inscriben en este enfoque (Smit y otros, 1996), a fin de reducir la posibilidad de sobreestimar los aspectos negativos, y subestimar los impactos benéficos del cambio climático. Otros estudios buscaron incluir un mayor número de adaptaciones a nivel de granja, sustituciones en los insumos y productos, efectos en los precios de las *commodities*, e impactos en el bienestar, tal es el caso de Adams y otros, (1988), quienes analizaron los efectos económicos del calentamiento global sobre la región oeste de Estados Unidos. Sus resultados muestran que el cambio climático causado por el incremento en los niveles de CO₂ tendrá el potencial para modificar la estructura de la agricultura estadounidense, trayendo consigo importantes pérdidas económicas, superiores entre dos y diez veces a cualquier otro problema ambiental.

En el mismo sentido, Darwin y otros (1995) al evaluar los efectos del cambio climático global sobre la agricultura mundial encontraron 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 pues, mientras que en las regiones montañosas y del ártico se incrementaría la cantidad de tierra cultivable, en las regiones tropicales decrecería la productividad agrícola ante una reducción en la humedad del suelo.

b) Enfoque espacial

A partir de las diferencias observadas en los valores de la tierra, la producción agrícola y otros costos climáticos relacionados los modelos del enfoque espacial buscan estimar los efectos del cambio climático en la agricultura utilizando métodos estadísticos o de programación para analizar cambios en los patrones espaciales de la producción (Molua, y otros, 2007). Los análisis de este enfoque se basan en modelos ricardianos, desarrollado entre otros por Mendelsohn, y otros (1994), modelos de Equilibrio General Computable (CGE, por sus siglas en inglés), modelos de Sistemas de Información Geográfica, entre otros.

i) Enfoque ricardiano. 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. Con base en 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 y tomar en consideración otras variables muy relevantes como la calidad de la tierra. Por ejemplo, Mendelsohn y otros (1994) analizan la influencia del clima en la renta neta (o valor) de la tierra agrícola utilizando información transversal a nivel de condado para Estados Unidos. Encuentran que mayores temperaturas en todas las estaciones del año, excepto otoño, reducen los valores promedio de las tierras. También

muestran que existen diferencias con respecto a la estimación por los métodos tradicionales que se basan en la función de producción.

Este enfoque ha sido útil para comparar los efectos potenciales en economías desarrolladas y en vías de desarrollo. Cline (2007) muestra que los mayores efectos recaerán en países en vías de desarrollo, con pérdidas de alrededor del 25%, mientras que para países industrializados la pérdida estimada es de sólo el 6%. Las pérdidas son también mayores para países cercanos al ecuador y en latitudes bajas en donde las temperaturas tienden a ser más elevadas. Mendelsohn, Dinar y Sanghi (2001), encuentran que la función ricardiana de la India es mucho más sensible que la correspondiente a Estados Unidos, por lo que el calentamiento global tendrá mayores efectos negativos para el país asiático. En el mismo sentido, Mendelsohn y otros (2007) al comparar a Brasil con Estados Unidos encuentran que las pérdidas ocasionadas por el calentamiento global serían superiores en Brasil.

Análisis realizados con modelos Ricardianos a otros países latinoamericanos confirman que el cambio climático tendrá efectos adversos sobre esta región. Mendelsohn y Seo (2007) con una muestra de dos mil granjas en siete países sudamericanos encuentran que en un escenario climático bastante severo, el valor de la tierra se reducirá el 30% para el 2100. Además, el cambio climático tendría 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 productores adoptarán. Seo y Mendelsohn (2008a) con una muestra mayor a dos mil observaciones de granjas sudamericanas proyectan que los productores agrícolas de la zona perderán, en promedio, hasta el 62% de su flujo futuro de ingresos.

El caso de México (Mendelsohn, Christensen y Arellano, 2009) muestran que las pérdidas estimadas para 2100 estarían en el rango de 42% a 54%, dependiendo de la severidad del escenario climático utilizado. Los productores de riego se ven ligeramente más afectados que los productores de temporal, mientras que no existe distinción clara entre los efectos para pequeños y grandes productores, pues varía de acuerdo con el escenario climático que se utilice.

ii) Modelos de Equilibrio General Computable (CGE). Entre los estudios basados en CGE sobresale el de Rosenzweig y Parry (1994), quienes examinaron los efectos del cambio climático en la producción mundial de cereal y la distribución de dichos impactos entre los países desarrollados y en desarrollo para el año 2060. Estos autores reportaron una disminución en la producción mundial de cereal que oscila entre el 1% y el 8%, y los precios se elevaron entre 24% y 145%. El incluir las adaptaciones de los agricultores a nivel de granja contribuyó a mitigar los impactos anteriores; así, los cambios en la producción mundial de cereal oscilaron entre -2,5% al 1 %, mientras que los cambios en el precio mundial se ubicaron en -5% a 3,5%.

2. Estudios previos para Centroamérica y Costa Rica

Centroamérica es una región en la que los efectos del clima se han manifestado a través de importantes desastres naturales que, para el sector agrícola, se han traducido en pérdidas significativas. Los eventos climatológicos de *El Niño*/Oscilación del Sur (ENSO) y *La Niña* han ocasionado una mayor variación interanual en el clima de los trópicos. De acuerdo con Fournier y Di Stefano (2004), en la vertiente pacífica centroamericana, *El Niño* fue un periodo de menores lluvias, atraso en el inicio de las mismas, mayores temperaturas, reducción de la nubosidad, veranillos más prolongados entre julio y agosto y una

mayor insolación. Lo anterior ha favorecido la ocurrencia de incendios forestales y pérdidas en la producción de granos, y también ha provocado desfases en la ejecución de prácticas de manejo agrícola, como el control de malezas, plagas y enfermedades, fertilizantes y la recolección de las cosechas.

Al respecto Harmeling (2007) muestra que los países centroamericanos se encuentran entre los principales países con alto riesgo climático. Honduras y Nicaragua se ubican en la posición 1 y 2, respectivamente en la posición del Índice Global de Riesgo Climático construido para el periodo 1997 - 2006, índice que involucra tanto los impactos económicos como poblacionales. Pocos son los países en el mundo que reciben gran impacto por fenómenos climáticos, tanto en frecuencia como intensidad como es el caso de estos países. Esto hace necesario conocer las posibles implicaciones que tendrá hacia el futuro el cambio climático sobre la agricultura, sector clave para las economías de la región centroamericana.

Magrin y Gay (en Alfaro y Rivera, 2008), encuentran que para los países de Mesoamérica, si no se consideran los efectos del CO₂, 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 las tierras agrícolas. Así, para el 2050, estos fenómenos afectarán el 50% de dichas tierras. Por otro lado, 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.

a) El caso de Costa Rica

El 13 de junio de 1994, Costa Rica ratificó la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Como parte de los compromisos adquiridos, desarrolló los estudios respectivos como el Inventario de Gases de Efecto Invernadero, estudios de vulnerabilidad y mitigación, así como su *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático* en el año 2000. Previo a la publicación de dicho documento, en Costa Rica se aprobaron una serie de modificaciones al marco jurídico relacionado con el tema ambiental, como los son los energéticos, forestales, de uso de agua y de los suelos, y de protección a la biodiversidad.

Adicionalmente, y con este marco legal ampliado, en Costa Rica se crearon instituciones orientadas a la coordinación, formulación, evaluación, aprobación y/o ejecución de políticas o programas orientados a cumplir con las metas o compromisos asumidos en materia de cambio climático o ambiental. El caso más relevante de estas instituciones es la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC), dependencia del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) cuyo objetivo general es la coordinación y ejecución de todas las acciones y programas tendientes a proponer a dicho Ministerio la aprobación de políticas en materia de mitigación de emisiones de GEI, la promoción de la formulación, evaluación y aprobación de proyectos de mitigación de emisiones de GEI, y (iii) la posterior negociación internacional para obtener el financiamiento que permita su ejecución². La OCIC surgió a partir de un convenio suscrito por el sector gubernamental, a través del MINAE, y otras instancias de los sectores privado y no gubernamental, representados por la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE)³ y la Asociación Costarricense de Productores de Electricidad (ACOPE)⁴, y por la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR)⁵. Una institución de este tipo, en la que confluye esta diversidad de actores, es pionera en la región centroamericana.

² http://www.minae.go.cr/dependencias/dept_ofic/oficina_implementation_conjunta.html

³ Organización privada especializada en la promoción de inversiones hacia Costa Rica.

⁴ Entidad sin fines de lucro que agrupa a generadores privados de electricidad.

⁵ Organización no gubernamental con trayectoria en el campo forestal.

De acuerdo con la Primera Comunicación Nacional, el inventario de GEI de Costa Rica se presenta en el Cuadro 1. En él se observa que el sector energético es el mayor emisor de dióxido de carbono y óxido nítrico de este país. De hecho, las emisiones de CO₂ del sector energético superan al total nacional por 554.1 Gg, siendo esta última menor a la primera a causa del efecto mitigador derivado del cambio de uso de la tierra. Por su parte, las emisiones de GEI del sector agrícola sólo son relevantes en el caso del metano, al ser responsable de poco más del 71% del total de las emisiones.

CUADRO 1
EMISIONES TOTALES DE GEI DE COSTA RICA, 1996

	Dióxido de carbono (CO ₂)	Metano (CH ₄)	Óxido nítrico (N ₂ O)
Total Nacional (Gg)	3 583,5	185,8	7,4
1. Energía	4 137,6	0,5	0,1
2. Procesos industriales	417,1	0	0,498
3. Agricultura	0	133,2	6,73
4. Cambio de uso de la tierra	-971,2	10,65	0,074
5. Manejo de desechos	0	41,44	0

Fuente: MINAE (2000).

Costa Rica posee una diversidad de climas, resultado de la interacción atmosférica en la cordillera volcánica que atraviesa a este país de noroeste a sureste, con elevaciones de hasta 3,820 metros sobre el nivel del mar. Es posible identificar con claridad una estación seca y una lluviosa, y las diferencias de temperatura entre las zonas altas y bajas no son muy marcadas. Sin embargo, Costa Rica al igual que el resto de los países centroamericanos, está localizado entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, una región que, como ya se mencionó con anterioridad, es sumamente vulnerable a los efectos del fenómeno del ENSO (Fournier y Di Stefano, 2004). Como muestra de ello, entre 2001 y 2008, las tormentas e inundaciones que han azotado a este país han afectado la vida de 161 mil personas y los daños provocados se calculan en alrededor de 127 millones de dólares⁶.

En cuanto a sus características económicas, la actividad económica costarricense se concentra en el sector de servicios al conjuntar este sector poco más del 60% del PIB y de la ocupación. Por su parte, la producción en el sector agrícola sólo representa poco más del 7.5% del PIB y ocupa al 15% de la fuerza laboral disponible. Entre sus principales productos de exportación se encuentran el café, plátano, azúcar y piña.

A partir de lo señalado en la Primera Comunicación Nacional y otros estudios que modelan escenarios climáticos para Costa Rica se esperan los siguientes escenarios para el año 2100:

⁶[http://www.emdat.be/Database/CountryProfile/countryprofile2.php?disgroup=natural&country=cri&period=1999\\$2008](http://www.emdat.be/Database/CountryProfile/countryprofile2.php?disgroup=natural&country=cri&period=1999$2008)

- Incrementos en la temperatura en el rango de los 3,2°C a 3,8°C en los meses de mayo y junio. El mayor incremento corresponde a la Región I (noroeste), mientras que el menor a la Región II (noreste).
- Disminución en los niveles de precipitación del 63% al 46%. La mayor disminución se obtuvo para el mes de marzo en la Región I, mientras que la menor para el mismo mes pero en la Región IV (sureste).

Ante estos escenarios climáticos, en Costa Rica se ha analizado el impacto en cuatro tipos de cultivo; en específico, el arroz, la papa, el frijol y el café (MINAE, 2000). En lo que respecta al arroz, la menor precipitación pluvial o las temperaturas altas inciden de manera negativa en el rendimiento de este cultivo; esta última, en particular, al acortar el ciclo de cultivo. Como resultado final, las fechas de siembra del arroz así como su zonificación se verían afectadas. En lo que se refiere al frijol y la papa, los incrementos en la temperatura también constituyen el principal factor en la disminución de su rendimiento. Mientras que, incrementos en la concentración de CO₂ ambiental se asocian con incrementos en el rendimiento de ambos cultivos.

El caso del café reviste particular interés por su importancia económica en términos de producción y generación de empleos. Una mayor temperatura y nivel de precipitación podrían elevar los rendimientos de este cultivo. No obstante, cabe mencionar que los modelos asumen que la temperatura afecta la proporción de desarrollo del cultivo en todas las fases fenológicas, mientras que la disponibilidad de agua tiene un efecto diferenciado por fase durante el ciclo del cultivo.

En el documento realizado por Alpízar, Clarksson y Naranjo (2009) se muestran los resultados de un experimento de campo que puso de manifiesto las estrategias de adaptación de los cafetaleros en la Zona de los Santos, Costa Rica. El objetivo de dicho experimento fue analizar la reacción de los cafetaleros ante un riesgo medible en comparación con un riesgo que presente un rango desconocido, además de buscar determinar de qué manera la comunicación contribuye a la resolución del problema de la coordinación en la toma de decisiones colectivas. El hecho de que el experimento se realizara pocos meses después de ocurrida la tormenta tropical Alma contribuyó a que los cafetaleros comprendieran las implicaciones del cambio climático.

El experimento consistió en que los agricultores —ordenados en grupos de tres personas— eligieran entre invertir o no invertir en adaptación bajo escenarios tales como: cambios a escala de riesgo, reducción en el costo de adaptación y la posibilidad de comunicarse con sus compañeros de grupo. Al final, cada agricultor recibía un pago simbólico basado en las decisiones tomadas y a la suerte de ser o no ser afectados por un desastre. La ocurrencia de desastres (eventos meteorológicos extremos) se representó mediante una tómbola.

Los resultados del experimento muestran que la información sobre el nivel de riesgo de los otros agricultores no afecta significativamente la decisión de invertir en adaptación al cambio climático, lo que significa que los agricultores tomaron en cuenta sólo su propio riesgo en el momento de tomar la decisión de invertir en adaptación. En los casos en los que no fue posible asignar un grado de incertidumbre y en su lugar se enfrentaron a un rango de ambigüedad, se observó un incremento en la cantidad de agricultores que sobrerreaccionaron y eligieron la opción segura de invertir en adaptación. Al considerar la posibilidad de establecer comunicación con otros agricultores, los resultados mostraron que ésta no tiene efecto cuando no hay una ganancia o menores costos por la coordinación.

II. EL SECTOR AGROPECUARIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

En este capítulo se describe la situación actual del sector agropecuario en Costa Rica. A partir de la información que aquí se presenta, será posible contextualizar y orientar el análisis de los efectos del cambio climático en las secciones que preceden.

1. La importancia del sector agropecuario

El primer punto de referencia y contextualización del sector agropecuario en Costa Rica tiene que ver con la extensión territorial del país y la proporción de ésta que se destina a la producción agrícola y pecuaria. Costa Rica tiene una extensión total de 5,110 ha de las que 5,106 ha conforman su superficie terrestre, y se ubica entre los 8° y 11° N de latitud y los 82° y 85° W de longitud. Este país limita al norte con Nicaragua, al sureste con Panamá, al este con el Mar Caribe (con un litoral de 212 km) y al oeste con el Océano Pacífico (con un litoral de 1,254 km). La Isla del Coco (24 km²) en el Pacífico también forma parte de su territorio.

Con respecto a la superficie terrestre costarricense, el 56,7%, 46,75% y 45,83% corresponde a superficie agrícola, bosques naturales, y praderas y pastos permanentes, respectivamente. En 2005, con respecto a la superficie agrícola el 3,73%, 7,77% y el 11,4% se refiere a la tierra agrícola regada, la tierra arable y los cultivos permanentes, respectivamente (véase el cuadro 2).

CUADRO 2
COSTA RICA: USO DE SUELO, 2005
(En miles de hectáreas)

		% ^{a/}
Total	5 110	
Superficie terrestre	5 106	
Superficie agrícola	2 895	56,70
Agrícola regada	108	2,12
Tierras de labranza	555	10,87
Tierras arables	225	4,41
Cultivos permanentes	330	6,46
Superficie de bosque	2 391	46,83
Bosque naturales	2 387	46,75
Plantaciones forestales	4	0,08
Praderas y pastos permanentes	2 340	45,83
Humedales	106	2,08

Fuente: FAOSTAT (Base de datos estadísticos en línea)

a/ Porcentaje con respecto a la superficie terrestre.

El segundo punto de referencia lo constituye el acceso que las actividades agropecuarias tienen a los recursos hidráulicos. Para 1997, el 98.2% del total de agua utilizada en las diferentes actividades humanas provino de aguas superficiales. La ubicación geográfica de Costa Rica hace de éste un país con un clima tropical húmedo con precipitaciones anuales que oscilan entre los 1,300 y los 7 500 mm. Estas características permiten que la oferta de agua dulce en Costa Rica sea una de las mayores de la región.

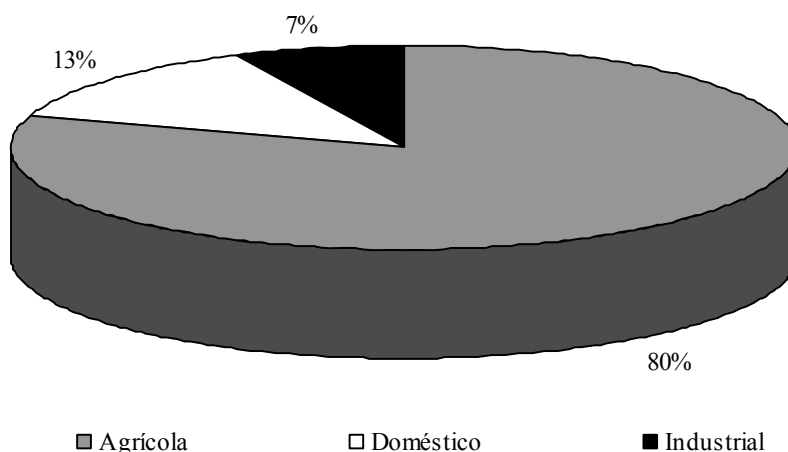
En el cuadro 3 se puede observar que el acceso de la población nacional a fuentes de agua potable avanzó ligeramente de 1995 a 2006, al pasar del 96 al 98%, respectivamente. El mayor avance se presentó en la población rural, y en la población urbana la necesidad del vital líquido se logró satisfacer casi al 100 por ciento. En cuanto a la extracción del agua por sector, la figura 1 muestra que el sector agrícola es el principal, seguido por los sectores doméstico e industrial.

CUADRO 3
COSTA RICA: ACCESO A AGUA POTABLE, 1995-2006
(Porcentaje de la población)

Año	1995	2000	2004	2006
Población nacional	96	97	97	98
Población urbana	100	99	100	99
Población rural	92	95	92	96

Fuente: CEPAL, Base de Datos Estadísticos e Indicadores Ambientales (BADIEMA).

FIGURA 1
COSTA RICA: EXTRACCIÓN DE AGUA POR SECTOR, 1997
(En millones de m³)



Fuente: FAO (2000), El riego en América Latina y el Caribe en cifras.

En el cuadro 4 se muestran los indicadores principales del sector agropecuario costarricense para los años 2000 a 2008. En dicho cuadro se puede observar que el sector agropecuario representa alrededor del 10% del PIB total. Si se considera el PIB agroalimentario ampliado, la participación de este sector es de alrededor del 15%. En términos de tasas de crecimiento, en el periodo de análisis, el PIB agropecuario presenta una tasa promedio anual del 3%. Esta tasa de crecimiento es menor a la observada para toda la economía costarricense en el mismo periodo (alrededor del 4,6%).

La participación del sector agropecuario en el comercio exterior costarricense es de suma relevancia. De acuerdo con las cifras del cuadro 4, las exportaciones agropecuarias han mantenido su importancia relativa en las exportaciones totales (alrededor del 25%). En cambio, la participación de las importaciones agropecuarias en las totales ha experimentado un leve crecimiento que las ha conducido a representar del 3,9% en 2006 al 5,5% en 2008.

En cuanto a la población, la proporción de ésta que habita en zonas rurales ha ido disminuyendo con el paso del tiempo. Mientras que en el 2000, poco más del 40% de la población total habitaba en zonas rurales, para 2008 sólo el 34,1% lo hizo. Ello representó una disminución de 0,8 puntos porcentuales por año. Este comportamiento se reflejó en el mismo sentido en la proporción de la PEA y la población ocupada rurales con respecto a su respectivo total. De esta manera, mientras que en 2000 el 38,4% de la PEA total era rural, en 2008 sólo el 32,6% lo fue. En cuanto a la población ocupada en zonas rurales respecto a la total, ésta disminuyó cinco puntos porcentuales entre 2000 y 2008.

En términos de desempleo, el correspondiente a las zonas rurales aunque se ha mantenido en valores cercanos al desempleo abierto total observado, en ninguno de los años del periodo de análisis ha sido mayor a éste. La excepción lo constituye el año 2008, en el que el dato para zonas rurales fue mayor al total, pero tan sólo en dos puntos porcentuales.

Cabe resaltar el gran esfuerzo realizado por Costa Rica en el combate a la pobreza y, en particular, lo observado en la población de zonas rurales. A partir de 2007 se observa una disminución notable en el porcentaje de hogares rurales en situación de pobreza o de pobreza extrema. Destaca la pobreza extrema ya que la proporción de hogares en esa situación se redujo de 8,8% a 4,6% entre 2000 y 2008.

a) Estructura y dinámica productiva

En Costa Rica, el tipo de cultivo con mayor presencia en la producción agrícola es el industrial con un 53,5%, seguido por el de frutas frescas (40,3%), granos básicos (2,7%), hortalizas (2%), para finalizar con el de raíces tropicales (1,5 %). Tomando en consideración los cultivos individuales, entre los de mayor peso en la producción agrícola total de 2008 se encuentran la caña de azúcar (35,9%), el banano (19,3%), la piña (16,6%), la palma africana (8,8%) y el café (5,8%). En conjunto, estos cinco cultivos representan más del 85% de la producción agrícola total, y tan sólo los tres cultivos industriales de este grupo representan poco más de la mitad de la producción total. A pesar de su gran importancia relativa en la producción agrícola total, en su conjunto, los cultivos industriales y los de frutas frescas experimentaron una tasa decreciente en 2008 (véase el cuadro 5).

De 2005 a 2008, la mayor parte del área agrícola sembrada se destinó a los cultivos industriales. La producción del café, la caña de azúcar, la palma africana y la naranja utilizaron el 93,5% del área sembrada. Sin embargo, dentro de estos cultivos destaca el café al tener un porcentaje de utilización del área sembrada cercano al 40%

En lo que respecta a la producción de granos básicos, el único cultivo relevante es el arroz que tiene una participación en la producción total de sólo 2,5%. No obstante, su tasa de crecimiento para 2008 fue cercana al 40%. De hecho, para el conjunto de las categorías de cultivo agrícola, aquellas con menor presencia en la producción total tuvieron las mayores tasas (positivas) de crecimiento para 2008. Entre éstas destacan las tasas observadas para granos básicos (28,9%) y, en particular, el arroz (38,1%).

CUADRO 4
COSTA RICA: PRINCIPALES INDICADORES , 2000-2008

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 ^{d/}
Indicadores sectoriales	Tasas de crecimiento								
PIB agropecuario a precios de mercado (precios de 1991)	0,7	1,4	-3,3	7,4	0,7	4,3	12,7	5,1	-1,4
PIB agropecuario por habitante (precios de 1991)	0,3	1,5	-3,2	7,5	0,8	4,4	13,0	5,3	-1,1
	Porcentajes								
PIB agropecuario/PIB total ^{b/}	10,7	10,7	10,1	10,2	9,8	9,7	10,0	9,8	9,4
PIB ampliado agroalimentario/PIB total ^{c/}	17,5	17,2	16,2	16,1	15,6	15,4	15,5	15,1	14,8
Exp agroindustriales / exp totales de bienes	6,6	7,9	8,6	8,2	10,0	9,5	9,3	10,9	11,1
Exp agropecuarias / exp totales de bienes	24,7	26,2	24,6	23,6	24,4	23,1	24,0	23,1	23,7
Imp agroindustriales / imp totales de bienes	3,1	3,7	3,8	3,5	3,8	3,5	3,9	4,8	3,9
Imp agropecuarias / imp totales de bienes	4,6	4,9	5,0	4,7	5,4	4,6	3,9	5,0	5,5
Gasto agropecuario/Gasto gobierno central total	1,2	1,2	0,7	0,7	0,8	0,6	0,5	0,6	0,5
Crédito agropecuario/Crédito total (saldo de las colocaciones)	8,2	7,0	5,7	4,6	4,5	4,7	4,1	3,8	3,7
Indicadores sociales	Porcentajes								
Población rural/población total	41,3	40,5	39,7	38,9	38,1	37,4	36,3	35,2	34,1
PEA rural/PEA total	38,4	37,7	36,9	36,1	35,4	34,6	34,0	33,3	32,6
PEA rural mujeres/PEA rural total	25,2	25,6	26,0	26,4	26,8	27,2	27,6	27,9	28,3
Población ocupada sector rural/población ocupada total	17,3	15,6	15,9	15,1	14,8	15,2	14,0	13,2	12,3
Tasa de desempleo abierto total	5,2	6,1	6,4	6,7	6,5	6,6	6,0	4,6	4,9
Tasa de desempleo abierto rural	3,8	5,2	5,8	6,6	6,1	6,2	5,8	4,3	5,1
Tasa de desempleo abierto agropecuario	...	...	...	...	3,6	4,2	3,9	3,7	4,4
Hogares rurales en situación de pobreza	25,4	25,2	25,4	23,1	26,0	24,9	23,0	18,3	18,7
Hogares rurales en situación de pobreza extrema	8,8	8,9	8,8	7,8	8,0	7,1	6,8	4,2	4,6
Índice de concentración de Gini rural ^{d/}	...	...	0,48	...	0,45	0,44	0,45	0,44	...
Años promedio de educación a nivel urbano	7,6	...	9,0	...	...	...	9,2	9,2	...
Años promedio de educación a nivel rural	7,0	...	7,1	...	...	...	7,7	7,7	...
Inversión social en educación en relación con el PIB	4,7	5,2	5,5	5,5	5,4	5,3	5,0	6,1	...

/(Continúa)

Cuadro 4 (Conclusión)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 ^{a/}
Indicadores macroeconómicos	Tasas de crecimiento								
Producto interno bruto a precios de mercado	1,8	1,1	2,9	6,4	4,3	5,9	8,8	7,8	2,6
Índice de precios al consumidor (promedio anual)	11,0	11,3	9,2	9,4	12,3	13,8	11,5	9,4	13,4
Rango de competitividad ^{e/}	37	35	49	51	50	56	59	63	59

Fuente: Sobre la base de cifras oficiales de Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), Sistema de Indicadores sobre Desarrollo Sostenible (SIDES), Ministerio de Agricultura, Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (MAG-SEPSA), Banco Central, Ministerio de Hacienda, Contraloría General de la República, Ministerio de Comercio Exterior (COMEX), Instituto Nacional de Estadística (INEC), Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples, CEPAL, UNESCO, PNUD, CORECA, SIECA, y World Economic Forum.

a/ Cifras preliminares.

b/ Se refiere al PIB a precios de mercado, en valores constantes.

c/ Incluye el PIB agropecuario primario y el PIB de la industria manufacturera a precios básicos en las siguientes actividades: la rama de alimentos, bebidas y tabaco, curtidurías y talleres de acabado, aserraderos, talleres de acepilladura y otros talleres para trabajar madera, fabricación de productos de madera y de corcho, fabricación de envases y cajas de papel cartón y fabricación de artículos de pulpa, papel y cartón. No incluye: fabricación de textiles, de prendas de vestir, excepto calzado, de productos de cuero y sucedáneos de cuero, excepto el calzado y otras prendas de vestir, muebles y accesorios e imprentas, editoriales e industrias conexas.

d/ El coeficiente de Gini es una medida de desigualdad en la distribución del ingreso, su valor entre 0 y 1. A medida que el índice se acerca a la unidad, la concentración se hace mayor.

e/ 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.

Respecto a los rendimientos de los cinco cultivos agrícolas más predominantes por su nivel de producción, sólo el banano y la palma africana tienen una tasa de crecimiento positiva entre 2005 y 2008. Por su parte, el rendimiento del grano básico más importante en términos de producción tuvo una tasa de crecimiento mayor a la de los dos productos agrícolas anteriores. Las tasas de crecimiento más altas para el periodo se observan en algunos de los productos agrícolas de raíces tropicales, como la yuca, el yampí y el ñame (véase el cuadro 6). Sin embargo, como ya se mencionó con anterioridad, la importancia relativa de estos productos es mínima.

CUADRO 5
COSTA RICA: PRODUCCIÓN DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS AGRÍCOLAS, 2005-2008
(Tasas de crecimiento)

	2005	2006	2007	2008 ^{a/}	Participación por actividad	Participación Total 2008	Promedio 2005-2008
Cultivos Industriales	-0,8	10,4	-9,0	-4,6	100%	53,5	-1,4
Café	18,7	-19,6	22,8	-13,5	10,8	5,8	-5,1
Caña de azúcar	-5,0	14,9	-14,2	-1,6	67,0	35,9	-1,0
Palma africana	16,4	11,9	-5,4	4,6	16,5	8,8	3,4
Naranja	-14,4	17,3	-5,5	-34,4	5,3	2,8	-10,1
Palmito	-42,3	-7,9	43,4	6,2	0,2	0,1	11,9
Coco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0
Cacao	-51,6	31,2	6,7	0,0	0,0	0,0	11,9
Macadamia	-15,1	-0,5	31,2	-52,6	0,0	0,0	-14,8
Pimienta	-87,0	699,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Tabaco	-7,6	10,1	1,7	-27,0	0,0	0,0	-6,5
Frutas Frescas	11,8	10,3	12,4	-13,0	100%	40,3	2,6
Banano	-10,2	21,5	5,0	-9,5	47,8	19,3	4,9
Piña	49,0	-3,0	26,4	-17,5	41,3	16,6	0,4
Melón y sandía	-100,0	...	...	...	0,0	0,0	
Melón	...	19,4	-13,6	-21,6	5,0	2,0	-6,8
Sandía	...	0,0	0,7	5,1	1,3	0,5	1,9
Plátano	-35,5	69,6	12,7	-19,0	1,8	0,7	15,7
Mango	0,0	0,0	20,0	1,6	1,3	0,5	6,8
Papaya	5,2	-12,6	32,0	42,3	1,5	0,6	18,0
Fresa	11,8	0,0	0,0	111,6	0,1	0,0	28,4
Granos Básicos	-6,2	-3,2	3,8	28,9	100%	2,7	9,0
Arroz	-7,1	-4,1	2,2	38,1	92,8	2,5	10,6
Maíz	4,5	-1,7	50,0	-36,3	4,6	0,1	-2,1
Frijol	-3,6	10,0	-24,0	-17,9	2,6	0,1	-11,8
Hortalizas	-4,2	2,0	-3,1	0,6	100%	2,0	-0,2
Papa	-2,0	-25,5	18,4	0,1	34,5	0,7	-4,1
Cebolla	-4,0	63,8	-30,6	1,5	56,9	0,4	4,9
Tomate	-8,1	5,2	0,0	1,0	116,8	0,4	2,0
Chayote	-4,3	0,0	0,0	0,0	100,1	0,5	0,0
Raíces Tropicales	5,2	26,6	-20,0	4,2	100%	1,5	1,8
Yuca	5,6	11,5	2,2	0,9	67,1	1,0	4,8
Ñame	-1,6	144,1	-48,4	-0,3	17,5	0,3	7,9
Tiquisque	0,6	-24,0	-30,2	30,5	11,6	0,2	-11,5
Ñampí	33,1	65,3	-53,4	34,4	2,5	0,0	1,1
Yampí	-66,6	193,0	-60,0	23,0	0,6	0,0	12,9
Jengibre	221,9	-1,7	-75,3	-8,5	0,7	0,0	-39,4

Fuente: SEPSA, con base en información de las instituciones del Sector y los Programas Nacionales.

a/ Preliminar

CUADRO 6
COSTA RICA: RENDIMIENTO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS
AGRICOLAS, 2005-2008
(En toneladas por hectárea)

	2005	2006	2007	2008
Cultivos Industriales				
Café	6,7	5,4	6,6	5,7
Caña de azúcar	68,7	74,7	63,4	62,6
Palma africana	15,6	16,6	15,3	16,6
Naranja	15,9	19,5	17	11,1
Palmito	0,9	1	1,3	1,6
Coco	2	2	2	2
Cacao	0,1	0,1	0,1	0,1
Macadamia	0,8	0,8	1	1
Pimienta	1,5	8	8	8
Tabaco	2	1,9	1,8	1,8
Frutas Frescas				
Banano	39,6	46,3	47,4	42,5
Piña	59,8	67,5	55,9	48,5
Melón	23,9	28,6	24,3	22,8
Sandía	46,4	46,4	46	46,4
Plátano	6,5	7,3	9	10,8
Mango	5	5	6	5,9
Papaya	59,6	47,4	67,7	69,5
Fresa	31,7	31,7	31,7	29,6
Granos Básicos				
Arroz	3,3	3,6	3,2	4
Maíz	2,1	2,1	2,2	1,9
Frijol	0,6	0,8	0,7	0,6
Hortalizas				
Papa	24,4	23,6	23,5	24,6
Cebolla	26,2	28,1	26	27,2
Tomate	37,6	30,6	45,8	43,9
Chayote	80	80	80	80
Raíces Tropicales				
Yuca	5,4	5,6	8,2	13
Ñame	5,7	13,1	12,4	13,3
Tiquisque	11,6	9,6	8,7	10,2
Ñampí	5,3	8,2	7,1	9,8
Yampí	3,1	7,4	5,9	7,3
Jengibre	16,3	21,4	9,8	14,5

Fuente: CEPAL, Sistema de Información Agropecuaria (SIAGRO)

En lo que respecta al valor agregado agrícola, medido contablemente como la diferencia entre los ingresos y los costos de la materia prima y el capital fijo, en el cuadro 7 se puede observar que éste

constituye casi el 75% del valor agregado de las actividades agropecuarias. De hecho, este porcentaje de participación era menor en 2000 y, para 2008, se incrementó en poco más de tres puntos porcentuales. El apartado que compensó este avance del valor agregado agrícola y el observado para el mismo periodo en los apartados de silvicultura y pesca, fue el de *Mejoras agrícolas*.

Dentro de los cultivos agrícolas, la categoría de mayor importancia relativa en 2008 fue la de los cultivos no tradicionales, seguida por los cultivos de exportación. Cabe señalar que apenas ocho años antes, esta relación era a la inversa, con una participación de los productos de exportación por encima de correspondiente a los cultivos no tradicionales (40,9% vs 26,4%, respectivamente). Esta situación se explica en gran medida por:

- i) Las tasas de crecimiento negativas observadas en el valor agregado de la producción cafetalera para los años 2006 y 2008, y la del banano en 2008 que fue cercana al -12%; y,
- ii) Una notable tasa de crecimiento en el valor agregado de la producción de la piña y del cacao de alrededor del 23% y 19%, respectivamente, para el periodo 2000 – 2008.

Por su parte, en las actividades pecuarias, el valor agregado de la producción vacuna redujo su participación en el total entre 2000 y 2008 en casi tres puntos porcentuales. Esta disminución en su importancia relativa se explica al observar que para el periodo 2000–2008 presenta una tasa de crecimiento negativa aunque pequeña. En cambio, el valor agregado de la producción porcina presentó una tasa de crecimiento mayor al 7% para el mismo periodo, lo que le permitió aumentar su importancia relativa en el total.

CUADRO 7
COSTA RICA: VALOR AGREGADO DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA A PRECIOS DE MERCADO ^{a/}
(En millones de colones de 1991)

	2000	2005	2006	2007	2008 ^{a/}	Tasas de crecimiento				Estructura	
						2006	2007	2008	2000-2008	2000	2008
Total agropecuario ^{c/}	151 855	168 010	189 330	198 928	194 427	12,7	5,1	-2,3	3,1	100,0	100,0
Agrícola ^{d/}	107 814	122 577	141 708	149 758	144 532	15,6	5,7	-3,5	3,7	71,1	74,3
Granos básicos	5 390	3 352	3 599	3 553	3 948	7,4	-1,3	11,1	-3,8	3,8	2,0
Arroz	4 597	2 690	2 853	2 919	3 471	6,0	2,3	18,9	-3,5	2,5	1,8
Frijol	587	427	497	345	348	16,5	-30,6	0,9	-6,3	1,1	0,2
Maíz	206	234	249	289	130	6,4	16,0	-55,2	-5,6	0,2	0,1
Cultivos de exportación	53 555	43 738	48 918	52 248	46 701	11,8	6,8	-10,6	-1,7	40,9	24,0
Banano	28 177	24 001	30 777	32 637	28 745	28,2	6,0	-11,9	0,2	20,8	14,8
Café	18 643	12 553	10 906	12 066	10 920	-	10,6	-9,5	-6,5	15,1	5,6
Caña de azúcar	6 735	7 184	7 235	7 545	7 036	0,7	4,3	-6,7	0,5	5,1	3,6
No tradicionales	48 869	75 488	89 191	93 957	93 883	18,2	5,3	-0,1	8,5	26,4	48,3
Cacao	74	206	250	233	292	20,9	-6,7	25,3	18,8	0,2	0,2
Cebolla	800	1 121	1 634	1 273	1 348	45,8	-22,1	5,9	6,7	1,0	0,7
Chayote	1 590	2 099	2 343	2 395	2 085	11,7	2,2	-12,9	3,4	1,0	1,1
Flores y follajes	6 314	5 955	6 446	6 684	6 422	8,2	3,7	-3,9	0,2	4,1	3,3
Melón	6 951	10 265	11 197	9 965	6 638	9,1	-11,0	-33,4	-0,6	2,8	3,4
Naranja	5 216	3 505	4 316	3 522	4 129	23,1	-18,4	17,2	-2,9	1,7	2,1
Palma africana	2 368	3 113	3 516	3 283	3 371	12,9	-6,6	2,7	4,5	1,3	1,7
Papa	1 857	1 673	1 221	1 442	1 383	-	18,1	-4,1	-3,6	1,0	0,7
Piña	9 709	30 260	39 854	46 932	49 641	31,7	17,8	5,8	22,6	4,3	25,5
Plátano	698	907	1 105	1 032	715	21,8	-6,6	-30,8	0,3	0,4	0,4
Tomate	1 417	1 252	1 324	1 322	1 444	5,8	-0,1	9,2	0,2	1,0	0,7
Yuca	2 447	2 882	3 178	2 908	2 379	10,3	-8,5	-18,2	-0,4	1,3	1,2
Otros ^{e/}	9 428	12 250	12 807	12 965	14 037	4,5	1,2	8,3	5,1	6,3	7,2

/(Continúa)

Cuadro 7 (Conclusión)

	2000	2005	2006	2007	2008 ^{a/}	Tasas de crecimiento				Estructura	
						2006	2007	2008	2000-2008	2000	2008
Pecuario	33 161	34 417	36 209	37 376	37 992	5,2	3,2	1,6	1,7	22,0	19,5
Vacuno	10 234	9 052	8 922	8 830	9 284	-1,4	-1,0	5,1	-1,2	7,7	4,8
Porcino	2 341	3 003	3 556	3 800	4 017	18,4	6,8	5,7	7,0	1,2	2,1
Pollo	4 757	5 457	5 809	6 018	5 441	6,4	3,6	-9,6	1,7	2,8	2,8
Leche	14 591	15 538	16 528	17 346	17 965	6,4	4,9	3,6	2,6	9,1	9,2
Huevos	1 237	1 367	1 394	1 382	1 285	2,0	-0,9	-7,0	0,5	1,1	0,7
Silvicultura	3 846	5 099	5 791	5 791	5 791	13,6	-	-	5,2	2,6	3,0
Pesca	4 465	4 415	4 064	4 486	4 612	-8,0	10,4	2,8	0,4	2,1	2,4
Mejoras agrícolas	2 570	1 502	1 559	1 518	1 500	3,8	-2,6	-1,2	-6,5	2,3	0,8

Fuente: Banco Central de Costa Rica.

a/ De 1991 a la fecha, en millones de colones de 1991.

b/ Cifras preliminares.

c/ Incluye los sectores agrícola, pecuario, silvícola, pesca y mejoras agrícolas.

d/ Incluye los granos básicos, cultivos de exportación y cultivos no tradicionales.

e/ En 1990 incluye: chayote, flores y follajes, melón, naranja, palma africana, piña, tomate y otros. A partir de 1991 incluye solamente: tabaco, repollo, zanahoria, palmito, marginata y otros.

b) Inserción comercial y competitividad internacional

Desde octubre de 2007, Costa Rica enfrenta importantes desafíos en su inserción comercial y competitividad internacional al haber ratificado el Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos, Centroamérica y República Dominicana (DR-CAFTA). Este tratado representa una oportunidad para buscar la consolidación de los productos costarricenses en el mercado de su principal socio comercial, los Estados Unidos, además de ofrecer la oportunidad de acceder a nuevas oportunidades de inversión.

Alrededor del 50% de las exportaciones costarricenses tienen como destino el mercado estadounidense. Sin embargo, esta proporción ha venido ligeramente a la baja recientemente y pesar del DR-CAFTA. Algunos países europeos han adquirido una mayor participación como destino de las exportaciones costarricenses. De esta manera, en conjunto doce países europeos constituyeron el destino del 45% de las exportaciones de Costa Rica en 2008 (véase el cuadro 8).

CUADRO 8
COSTA RICA: PRINCIPALES DESTINOS DE LAS EXPORTACIONES AGRICOLAS, 2004-2008
(En miles de dólares)

País	Miles de dólares				Composición (%)				Tasas de crecimiento (%)		
	2005	2006	2007	2008 a/	2005	2006	2007	2008 ^{a/}	2006	2007	2008a/
Estados Unidos b/	770 674	910 296	993 668	985 903	52,8	51,1	50,7	47,3	18,1	9,2	-0,8
Bélgica	114 850	118 782	189 520	268 280	7,9	6,7	9,7	12,9	3,4	59,6	41,6
Holanda	115 573	177 404	146 195	155 188	7,9	10,0	7,5	7,4	53,5	-17,6	6,2
Alemania	131 515	139 207	166 807	132 733	9,0	7,8	8,5	6,4	5,8	19,8	-20,4
Italia	55 669	83 835	98 766	113 742	3,8	4,7	5,0	5,5	50,6	17,8	15,2
Reino Unido	55 110	99 993	111 751	99 563	3,8	5,6	5,7	4,8	81,4	11,8	-10,9
España	8 663	14 459	34 498	41 391	0,6	0,8	1,8	2,0	66,9	138,6	20,0
Irlanda	13 875	13 685	9 507	38 155	1,0	0,8	0,5	1,8	-1,4	-30,5	301,3
Portugal	14 304	33 645	34 427	33 702	1,0	1,9	1,8	1,6	135,2	2,3	-2,1
Rusia	8 690	3 429	44	30 035	0,6	0,2	0,0	1,4	-60,5	-98,7	68161,4
Nicaragua	13 879	14 161	20 320	25 702	1,0	0,8	1,0	1,2	2,0	43,5	26,5
Japón	20 085	22 627	25 451	23 859	1,4	1,3	1,3	1,1	12,7	12,5	-6,3
Canadá	14 738	21 886	27 691	23 578	1,0	1,2	1,4	1,1	48,5	26,5	-14,9
Suecia	64 816	72 883	37 337	17 788	4,4	4,1	1,9	0,9	12,4	-48,8	-52,4
Francia	5 689	8 288	6 998	9 141	0,4	0,5	0,4	0,4	45,7	-15,6	30,6
Indonesia	1 050	127	752	7 073	0,1	0,0	0,0	0,3	-87,9	492,1	840,6
Grecia	160	1 079	67	5 824	0,0	0,1	0,0	0,3	574,4	-93,8	8592,5
Guatemala	1 782	2 316	4 113	5 137	0,1	0,1	0,2	0,2	30,0	77,6	24,9
Panamá	1 463	1 849	3 638	4 752	0,1	0,1	0,2	0,2	26,4	96,8	30,6
Israel	2 296	2 500	3 678	4 506	0,2	0,1	0,2	0,2	8,9	47,1	22,5
Honduras	3 431	7 085	5 191	3 984	0,2	0,4	0,3	0,2	106,5	-26,7	-23,3
Australia	1 801	2 692	3 149	3 631	0,1	0,2	0,2	0,2	49,5	17,0	15,3
Otros	39 305	28 763	37 609	50 377	2,7	1,6	1,9	2,4	-26,8	30,8	33,9
Total	1,459,418	1,780,990	1,961,178	2,084,043	100,0	100,0	100,0	100,0			

a/ Cifras preliminares

1/ Incluye Puerto Rico

Fuente: SEPSA, con información del BCCR.

Con el propósito de tener un mayor panorama de la competitividad de los productos agroalimentarios costarricenses, a partir de su comportamiento relativo en los mercados mundiales para el periodo 2002-2007 se realizó una clasificación de algunos de ellos. Lo anterior con base en las cifras del *Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional* (MAGIC). Los resultados de este ejercicio se presentan en el cuadro 9, en el que se observa que entre los productos que han ganado participación en los mercados mundiales están los lácteos y la miel, las semillas y los frutos oleaginosos, los productos de la molinería, las preparaciones a base de cereales, entre otras. Por el contrario, entre los productos que han permanecido estancados o que han perdido participación se encuentran la carne bovina y el café, principalmente.

CUADRO 9
COSTA RICA: COMPETITIVIDAD DE LAS EXPORTACIONES AGROALIMENTARIAS A
LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, 2000 – 2007

Código	Producto	Tipología ^{a/}
Agropecuarios		
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	Estrella Menguante
6	Plantas y flores	Estrella Menguante
7	Legumbres y hortalizas	Oportunidad Perdida
8	Frutos comestibles	Oportunidad Perdida
9	Café sin tostar, té, hierba mate y especias	Retirada
10	Cereales	No definido
12	Semillas y frutos oleaginosos	Estrella Naciente
Agroindustriales		
11	Productos de la molinería	Estrella Naciente
13	Gomas y resinas	Estrella Menguante
14	Materias trenzables y demás productos	Estrella Naciente
15	Grasas y aceites animales o vegetales	No definido
16	Preparaciones de carne	Estrella Naciente
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	Oportunidad Perdida
21	Preparaciones alimenticias diversas	Oportunidad Perdida
22	Bebidas, líquidos alcohólicos	Estrella Naciente
23	Alimentos balanceados y residuos	Estrella Naciente
24	Tabaco y sucedáneos del tabaco	Retirada
44	Madera y manufacturas de madera	Retirada

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

a/ 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.

Uno de los principales productos agrícolas de exportación es el banano. El volumen de las exportaciones de esta fruta de los últimos años ubica a Costa Rica como el segundo exportador a nivel mundial. Por su parte, la piña constituye el segundo producto agrícola con mayor importancia dentro de las exportaciones costarricenses. En cuanto al café, pese a que sus exportaciones han caído el tercer lugar en términos de importancia dentro de las principales exportaciones agrícolas, aún continúa siendo un importante producto de exportación, ya que de 2007 a 2008 las exportaciones de café generaron ingresos por encima de los US \$300 millones.

c) Descapitalización del sector agropecuario

El sector agropecuario en Costa Rica continúa siendo clave en el desempeño de la economía. Sin embargo, este sector agropecuario parece estar enfrentándose a un proceso continuo de descapitalización. Por ejemplo, la proporción del crédito agropecuario con relación al crédito total presenta una disminución notable entre 2000 y 2008 al pasar del 8,2% al 3,7%, respectivamente (véase de nuevo el cuadro 4). Por otro lado, en cuanto a la relación del gasto agropecuario respecto al gasto total del gobierno central se observa que ésta nunca ha sido mayor al 1,2% (dato del año 2000) y que para 2008 fue de tan sólo el 0,5%. Ello representa un margen minúsculo de maniobra en cuanto a las fuentes de financiamiento para el sector y, por supuesto, mayores dificultades para enfrentar a un entorno económico globalizado más competitivo.

2. Costa Rica ante el cambio climático

Centroamérica, y en particular Costa Rica, en los últimos años han sido testigos y han padecido de la intensificación de los fenómenos climatológicos extremos sobre su territorio. Sobra señalar los elevados costos económicos de dichos fenómenos, sin menospreciar los efectos adversos en términos de vidas humanas o en los niveles de bienestar de la población afectada. En específico, el huracán Mitch que azotó a Costa Rica y demás países centroamericanos en 1998, sumado a sucesivas sequías, han provocado daños al sector agropecuario de este país de alrededor de los 100 millones de dólares (véase el cuadro 10).

CUADRO 10
COSTA RICA: 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 a/	Pérdidas b/	Agropecuario/ total	Daños/ agropecuario	Pérdidas/ agropecuario
1998 Mitch	91,1	62,4	25,9	36,5	68,5	41,5	58,5
2001 Sequía	8,8	-	-	-	-	-	-

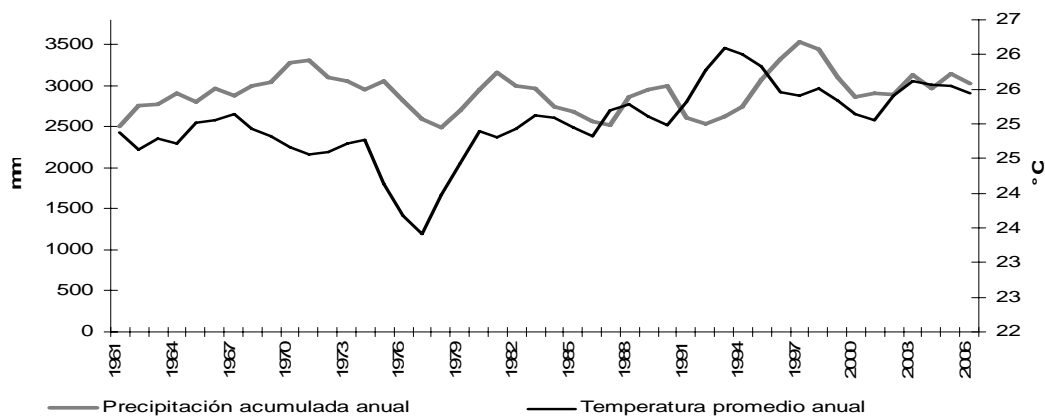
Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales de la Base de Datos de la Unidad de Desastres.

a/ Se refiere a la destrucción total o parcial del acervo o capital.

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

En las últimas décadas, la temperatura promedio anual en Costa Rica ha mostrado una tendencia a la estabilización después de un notorio incremento a mediados de los noventa, seguido de una disminución y posterior incremento pero menos brusco que el anterior. Por su parte, la precipitación acumulada anual muestra un comportamiento similar al de la temperatura promedio, pero con un cierto rezago (véase el gráfico 1).

GRÁFICO 1
COSTA RICA: EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN Y
LA TEMPERATURA, 1961-2006



Fuente: Estimaciones del Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Los resultados de distintos estudios realizados a partir de la elaboración de los escenarios futuros para Costa Rica en términos de temperatura y precipitación por regiones se muestran en el cuadro 11. Dichos estudios hicieron uso de información recopilada en bases de datos meteorológicos y con instrumentos de modelación. Como ahí se observa, en general los escenarios predicen incrementos en la temperatura.

CUADRO 11
RESUMEN SOBRE CLIMA FUTURO POR REGIONES DEL PAÍS SEGÚN TENDENCIAS
DETERMINADAS CON MODELO PRECIS POR IMN-MINAE

Región y período analizado	Resumen de situación
Metropolitana (zonas medias y bajas) al 2020)	Disminución de la precipitación aproximada a un 10% (<i>La temperatura máxima tendrá un aumento de 0.8°C</i>) acorde con tendencia observada en la mayor parte de las estaciones meteorológicas.
Caribe central (Limón) al 2100	Disminución de la precipitación aproximada a 280 mm anuales respecto al promedio 1961-1990 (<i>La temperatura tendrá un aumento de 3.51°C aprox, sobre el promedio 1961-1990.</i>)
Caribe sur al 2100	Aumento de la precipitación aproximada a 664 mm anuales respecto al promedio 1961-1990 (<i>La temperatura tendrá un aumento de 3,02 °C aprox, sobre el promedio 1961-1990</i>)
Zona Norte al 2100	Disminución de la precipitación aproximada a 655 mm anuales respecto al promedio 1961-1990 (<i>La temperatura tendrá un aumento de 4,8 °C aprox, respecto al promedio 1961-1990.</i>)
Liberia al 2100	Disminución de la precipitación aproximada a 330 mm anuales respecto al promedio 1961-1990 (<i>La temperatura tendrá un aumento de 3.15°C aprox, sobre el promedio 1961-1990.</i>)
Pacífico Sur al 2100	aumento de la precipitación aproximada a 555 mm anuales respecto al promedio 1961-1990 (<i>La temperatura tendrá un aumento de 3,51 °C aprox, sobre el promedio 1961-1990</i>)
Pacífico Central al 2100	Aumento de la precipitación aproximada a 515 mm anuales respecto al promedio 1961-1990 (<i>La temperatura tendrá un aumento de 3,04 °C aprox, sobre el promedio 1961-1990</i>)
Región Central al 2100	Disminución de la precipitación aproximada a 318 mm anuales respecto al promedio 1961-1990 (<i>La temperatura tendrá un aumento de 4,05 °C aprox, respecto al promedio 1961-1990.</i>)

Fuente: Tomado de Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2007), cuadro 1, pág. 14.

Actualmente, en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006 – 2010 del Gobierno de Costa Rica se establecen compromisos puntuales y explícitos con respecto al posicionamiento de una agenda de cambio climático y el establecimiento de un Plan Nacional de Cambio Climático, dirigido a mitigar los gases de efectos invernadero. Recientemente, mediante un Acuerdo del Consejo de Gobierno se estableció que el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) es el ente encargado de coordinar y dar seguimiento bimestral a los planes y programas de cambio climático que deben elaborar y llevar a cabo las instituciones públicas. Lo anterior como una muestra de la relevancia otorgada al tema por el gobierno costarricense.

III. METODOLOGÍAS

Las metodologías que se emplean para analizar los efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario costarricense son dos: 1) la función de producción y 2) el modelo Ricardiano. La primera permite identificar los umbrales de temperatura y precipitación a partir de los cuales los efectos pueden ser benéficos o perjudiciales. Dentro de sus limitaciones están que puede sobrestimar los efectos negativos del clima y que no considera posibles adaptaciones al cambio climático. Por su parte, el enfoque Ricardiano tiene entre sus ventajas que permite corregir los posibles sesgos de sobrestimación a través de la función de producción. Además, al medir 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.

En el cuadro 12 se describen las ventajas y limitaciones de estas dos herramientas.

En esta investigación tratamos de aprovechar las ventajas de estas dos metodologías, por ello las empleamos conjuntamente. La función de producción es más adecuada para analizar los efectos del cambio climático en cultivos o sectores de producción específicos, mientras que el modelo Ricardiano es más útil para conocer los impactos sobre el valor de la tierra.

Así, el enfoque de la función de producción permitirá estudiar los posibles efectos del cambio climático sobre la producción total del sector agropecuario y sobre la producción en sectores relevantes. También se empleará para analizar los efectos en la producción de cultivos importantes. Por su parte, el modelo Ricardiano se utilizará para tener aproximaciones del impacto del cambio climático sobre el valor de la tierra.

CUADRO 12
VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN Y EL ENFOQUE RICARDIANO EN LOS ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA

	Ventajas	Limitaciones
Función de producción	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Permite analizar efectos sobre cultivos específicos. ➤ Permite identificar los umbrales de temperatura y precipitación a partir de los cuales los efectos pueden ser benéficos o perjudiciales. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Puede sobrestimar los efectos negativos del clima ➤ 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. ➤ Puede generar problemas de colinealidad en las estimaciones
Enfoque Ricardiano	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 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. ➤ Los sesgos de estimación pueden ser menores que en las funciones de producción. ➤ Permite analizar cómo los agricultores pueden responder a futuros cambios en el clima mediante la búsqueda de una mayor renta de la tierra 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No permite analizar efectos sobre cultivos específicos. ➤ No permite identificar los umbrales de temperatura y precipitación a partir de los cuales los efectos pueden ser benéficos o perjudiciales. ➤ No incluye medidas, por parte de los productores, respecto al costo de adaptación al cambio climático.

Fuente: Elaboración propia

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).

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

$$Q_{it} = f(W, Z, X) \quad (1)$$

Donde Q_{it} 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 que permite conocer los valores de la temperatura a la cual el clima o la precipitación pueden tener efectos adversos es la cuadrática, por ello es la más utilizada. En este estudio se hará uso de una forma funcional con esas características.

El método de estimación que se empleará será el de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y se analizarán efectos del cambio climático 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.

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 indican 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 mantuviera en sus niveles actuales. Con ello se pueden obtener estimaciones de los posibles costos económicos que traería el cambio climático.

Como se ha mencionado anteriormente, es probable que la función de producción no capture por completo la adaptación y las posibles estrategias que los productores agrícolas realizarían ante el cambio climático. No obstante, permite ilustrar cómo serán los posibles efectos en caso de que las condiciones de producción actuales no se mejoren. También tiene la ventaja de que al basarse directamente 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 (π). 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.

Bajo este modelo se asume que productores agrícolas maximizan sus ingresos menos sus costos, esto es su ingreso neto (π). Los ingresos son función de la producción (Q_i) y de su precio (P_i). Los costos son función de los insumos (\mathbf{W}) y de sus precios (\mathbf{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 \mathbf{X} y \mathbf{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)

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

Donde la variable dependiente es el valor de la tierra por hectárea, T y P representan temperatura y precipitación, respectivamente⁷. 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), β_k y λ_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:

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

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

⁷ En la práctica, es común hacer una distinción entre temperaturas y precipitaciones en diferentes estaciones del año.

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, respecto al costo de adaptación al cambio climático.

IV. EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO

En este capítulo se estudian los posibles efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria de Costa Rica. Se presentan resultados para la producción del sector en su totalidad, así como para la producción pecuaria y los cultivos en su conjunto. También se ofrecen estimaciones de los impactos potenciales sobre los cultivos de maíz, frijol y café. El maíz aunque es un producto cuya producción es relativamente baja, forma parte de los productos que integran el Plan Nacional de Alimentos (Consejo Nacional de producción, 2008) con el cual se busca asegurar la disponibilidad de alimentos de la canasta básica para los costarricenses y apoyar al sector productivo del país.

El análisis abarca hasta el año 2100. También, con base en el enfoque Ricardiano, se presentan resultados de los efectos sobre los ingresos por renta de la propiedad.

Los datos meteorológicos (precipitación y temperatura) que se utilizan en el análisis 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).

Es importante señalar que las estimaciones que aquí se presentan no pueden considerarse como pronósticos de tipo puntual, ya que están basadas en escenarios probables, los cuales de modificarse pueden modificar los resultados. No obstante, sí ofrecen una amplia perspectiva de cómo serán los efectos aproximados en caso de que los mecanismos para incentivar la producción no se mejoren.

1. Impacto en las funciones de producción agropecuaria

En este apartado se presentan las estimaciones de las funciones de producción, las cuales se construyeron a partir de la metodología expuesta previamente, que permite determinar la posible sensibilidad de la producción agropecuaria ante el cambio climático. Basados en las estimaciones de las funciones de producción en el siguiente capítulo se exponen los impactos económicos futuros ocasionados por cambios en la precipitación y en la temperatura.

En Costa Rica las actividades agropecuarias representan alrededor del 10% del PIB⁸. En el futuro se espera que esta participación se vea afectada a consecuencia del calentamiento global. El análisis de las funciones de producción brinda un panorama general de los efectos de las variaciones en el clima sobre el sector agropecuario.

El análisis examina el efecto directo de las variables climáticas sobre la producción; en específico sobre cambios en temperatura y precipitación. Las estimaciones se llevaron a cabo mediante el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Para el análisis de la producción agropecuaria se usaron los índices de producción agropecuaria⁹, producción de cultivos, y producción pecuaria.

⁸ CEPAL. Subregión Norte de América Latina y el Caribe: información del sector agropecuario

⁹ Que incluye la producción agrícola, referida como cultivos, y la pecuaria

a) Datos

Se utilizaron datos anuales del periodo 1961-2005. Las estadísticas descriptivas se muestran en el cuadro 13. Los datos incluyen los índices de producción agropecuaria tipo Laspeyres, construidos por la FAO¹⁰. Igualmente se recurrió a variables de control, superficie cultivada, población económicamente activa (PEA) rural, población económicamente activa (PEA) total y población total. Estas variables provienen de la base FAOSTAT¹¹ y de CELADE.

CUADRO 13
COSTA RICA: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA, 1961-2005 a/

	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Índice de producción Agropecuaria a/	45	57,62	27,47	19,00	108,00
Índice de producción de Cultivos	45	55,78	27,49	18,00	107,00
Índice de producción Pecuaria b/	45	61,38	28,10	20,00	112,00
Participación de la PEA rural en la PEA total	45	0,50	0,08	0,35	0,59
Población (miles de habitantes)	45	2 677,82	889,62	1 383,27	4 321,87
Superficie cultivada (hectáreas)	45	42 2405,20	48 634,27	315 974,00	50 4462,00
Precipitación acumulada anual (mm)	45	2 912,43	354,68	2 155,73	3 833,55
Precipitación acumulada anual en los meses de mayo a octubre (mm)	45	2 085,05	246,10	1 594,84	2 816,46
Temperatura máxima (°C)	45	32,29	0,89	29,75	34,64

Fuente: Elaboración propia.

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

b/ 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.

¹⁰ Los índices FAO de producción agropecuaria muestran el nivel relativo del volumen global de producción agropecuaria para cada año, en comparación con el período base 1999-2001. Están basados en la suma de las cantidades a precios ponderados de los diferentes productos agropecuarios producidos, después de las deducciones de las cantidades utilizadas para semillas y alimentación de los animales, ponderadas del mismo modo. El agregado resultante representa, la producción disponible para cualquier uso exceptuados semillas y alimentación de los animales. Todos los índices, son calculados por la fórmula Laspeyres.

¹¹ FAO División de Estadísticas.

b) Resultados

Las funciones de producción se estimaron a partir de los índices de producción agropecuaria, producción de cultivos y producción pecuaria. Los índices se restringieron por la superficie cultivada, a efecto de controlar por la tierra (factor relevante en la producción agropecuaria). Las variables climáticas utilizadas en las especificaciones son: temperatura promedio anual, temperatura máxima anual y precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre (que se considera como época de lluvia), con sus respectivos términos cuadráticos. Las variables de control incluidas son variables relacionadas con el factor trabajo, la participación de PEA rural en la PEA total y población.

c) Índices de producción agropecuaria

La producción agropecuaria es sensible a cambios en la temperatura o en la precipitación, sobre todo los cultivos de temporal que están a expensas de los niveles de precipitación. Según los escenarios climáticos proyectados el clima sufrirá variaciones en el futuro. El propósito de este trabajo es exponer la sensibilidad del sector ante las variaciones climáticas.

Las ecuaciones de índices de producción agropecuaria fueron estimadas con diferentes medidas de precipitación acumulada y temperatura. Sólo se presentan aquellas que fueron robustas metodológicamente. Para cada función de producción la variable de interés es el índice de producción restringido por la superficie cultivada.

i) Producción agropecuaria. Las distintas estimaciones de la función de producción agropecuaria se muestran en el cuadro 14. En todas las ecuaciones los signos de las variables son los esperados. Los términos lineales son positivos y los cuadráticos, que muestran los rendimientos decrecientes en temperatura y precipitación, son negativos (véanse los gráficos 2 y 3). Para mostrar la robustez de las especificaciones se modificaron las variables explicativas (proporción de la PEA rural en la PEA total y población) y la forma funcional (lineal o logarítmica).

Los coeficientes relacionados con la precipitación no son significativos, sin embargo esto puede deberse a la colinealidad que se introdujo al utilizar los términos cuadráticos. Los términos cuadráticos de las variables climáticas se incluyeron con el fin de mostrar el efecto no lineal sobre la producción agropecuaria. No obstante, este hecho puede incrementar la colinealidad entre las variables y afectar la significancia individual de los coeficientes (Segerson y Dixon, 1998).

Se estimaron varias especificaciones para mostrar la robustez de los signos y de los resultados. De acuerdo con las diferentes pruebas estadísticas de cointegración se descarta la presencia de regresiones espurias. Las estimaciones parecen robustas ante cambios en las variables de control y climáticas.

CUADRO 14
ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

	Proporción de PEA rural en la PEA total			Población total
	Lineal (1)	(2)	Logarítmico (3)	lineal (4)
Precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre	0,00006 (0,388)	0,00004 (0,242)	0,0003382 (0,193)	0,0000013 (0,015)
Precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre ²	-0,00000001 (0,333)	-0,000000007 (0,192)	-0,00000004 (0,115)	- (0,003)
Temperatura promedio		0,03338 (2,339)**		
Temperatura promedio ²		-0,00072 (2,205)**		
Temperatura máxima	0,02665 (2,479)**		0,02568 -0,23200	0,00098 (0,174)
Temperatura maxima ²	-0,00048 (2,620)**		-0,00109 (0,587)	-0,00005 (0,564)
Observaciones	45	45	45	45
R2	0,98	0,97	0,97	0,98
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadísticos F)				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	0,54	0,46	1,09	0,02
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	3,44**	2,73**	0,50	2,22
Prueba de cointegración de Johansen				
Rezagos	1	1	1	1
Número de Vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2**	3**	2**	1**
Número de Vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1**	2**	1**	1**

Fuente: Elaboración propia

Notas:

***Estadísticamente significativo al nivel de 1%, **Estadísticamente significativo al nivel de 5%,

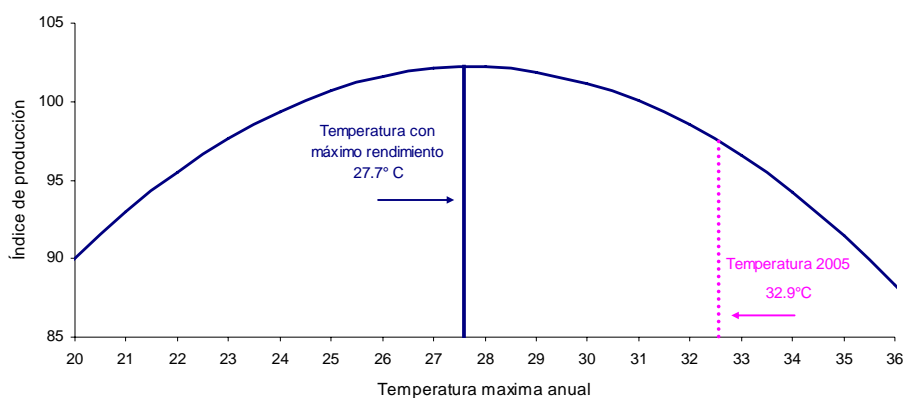
*Estadísticamente significativo al nivel de 10%.

Para mostrar el comportamiento de la producción ante variaciones en temperatura. Se eligió la especificación lineal, (especificación (1) del cuadro 14) con temperatura máxima y precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre. Para la construcción de esta función se utilizó como variables de control la participación de la PEA rural en la PEA total.

En los gráfico 2 y 3 se presentan los impactos de variaciones en la temperatura y en la precipitación, respectivamente, sobre la producción agropecuaria, en estas gráficas se mantuvieron las variables de control constantes con los valores de 2005, para aislar el efecto de las variables climáticas sobre la producción agropecuaria.

La temperatura máxima que se presentó en Costa Rica en 2005 es mayor a aquella que permite obtener la producción máxima. El cambio climático, supone un incremento en temperatura. Los efectos negativos del calentamiento global ya podrían estar ocurriendo en el sector agropecuario de Costa Rica.

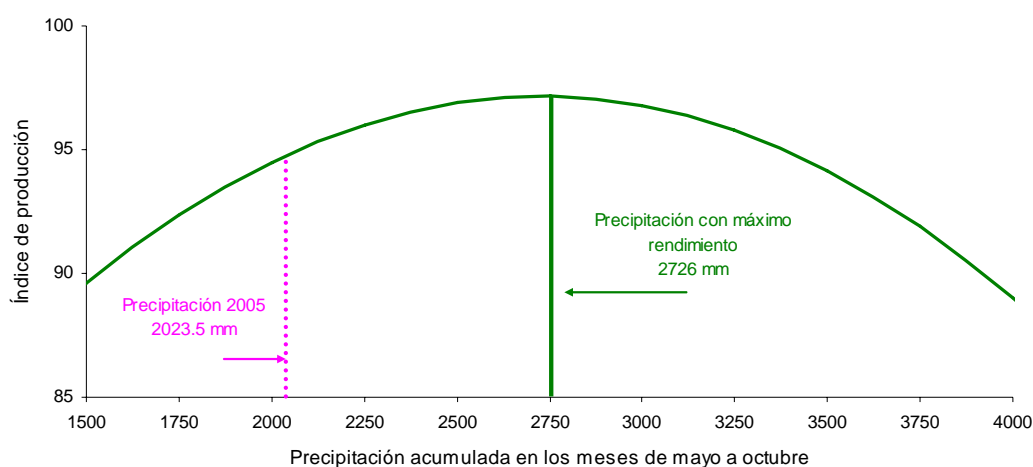
GRÁFICO 2
COSTA RICA: PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ANTE
VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 3 presenta el comportamiento de la producción agropecuaria ante variaciones en la precipitación. El gráfico indica que el nivel de precipitación que presentó Costa Rica en el año 2005 es inferior al nivel que optimiza la producción.

GRÁFICO 3
COSTA RICA: PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ANTE
VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

ii) Producción de cultivos. Para la función de producción de cultivos se estimaron diferentes especificaciones, en el cuadro 15 se presentan algunas de ellas. Con el fin de mostrar la estabilidad de los coeficientes y la robustez de las ecuaciones, al igual que en el caso de la producción agropecuaria, se utilizaron diferentes medidas de temperatura, dos formas funcionales (lineal y logarítmica) y diferentes variables relacionadas con el factor trabajo (proporción de la PEA rural en la PEA total y población). Se descarta la presencia de regresiones espurias, como lo muestran las pruebas de cointegración.

Debido a la inclusión de los términos cuadráticos las funciones de producción presentan rendimientos decrecientes respecto a las variables climáticas. Es decir, a bajos niveles de temperatura o precipitación se estimula la producción y a partir de cierto nivel la producción decrece. Para ser consistentes con los resultados de la producción agropecuaria, se eligió la especificación lineal (1') para analizar el comportamiento de la producción ante variaciones climáticas.

CUADRO 15
ÍNDICE DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS

	Proporción de PEA rural en la PEA total			Población total
	Lineal (1')	(2')	Logarítmico (3')	lineal (4')
Precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre	0,0000959 (0,606)	0,0000737 (0,485)	0,0005556 (0,329)	0,000025 (0,238)
Precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre ²	- 0,000000019 (0,550)	- 0,000000015 (0,436)	-0,00000009 (0,249)	-0,000000006 (0,223)
Temperatura promedio		0,0300519 (2,347)**		
Temperatura promedio ²		-0,0006483 (2,263)**		
Temperatura máxima	0,0238737 (2,394)**		0,005015 (0,048)	-0,002275 (0,338)
Temperatura máxima ²	-0,0004272 (2,547)**		-0,000670 (0,387)	0,000023 (0,211)
Observaciones	45	45	45	45
R2	98,00	0,97	0,98	0,98
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadísticos F)				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	0,45	0,35	0,86	0,06
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	3,25**	2,77**	0,39	0,25
Prueba de cointegración de Johansen				
Rezagos	1	1	1	1
Número de Vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2**	2**	2**	1**
Número de Vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1**	2**	1**	1**

Fuente: Elaboración propia.

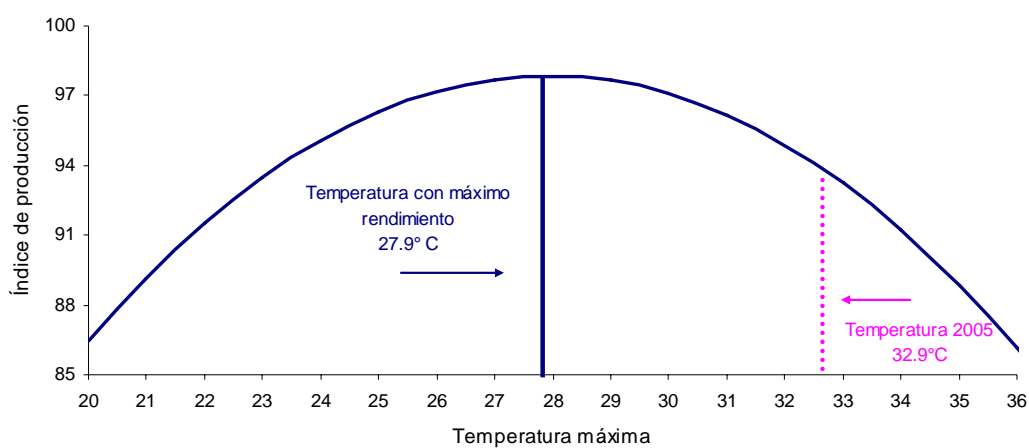
Notas:

***Estadísticamente significativo al nivel de 1%, **Estadísticamente significativo al nivel de 5%,

*Estadísticamente significativo al nivel de 10%

El gráfico 4 muestra que la temperatura máxima de 2005 es mayor al nivel de temperatura que permite obtener la producción óptima de cultivos. Las altas temperaturas pueden estar ocasionando pérdidas en el sector agrícola de Costa Rica.

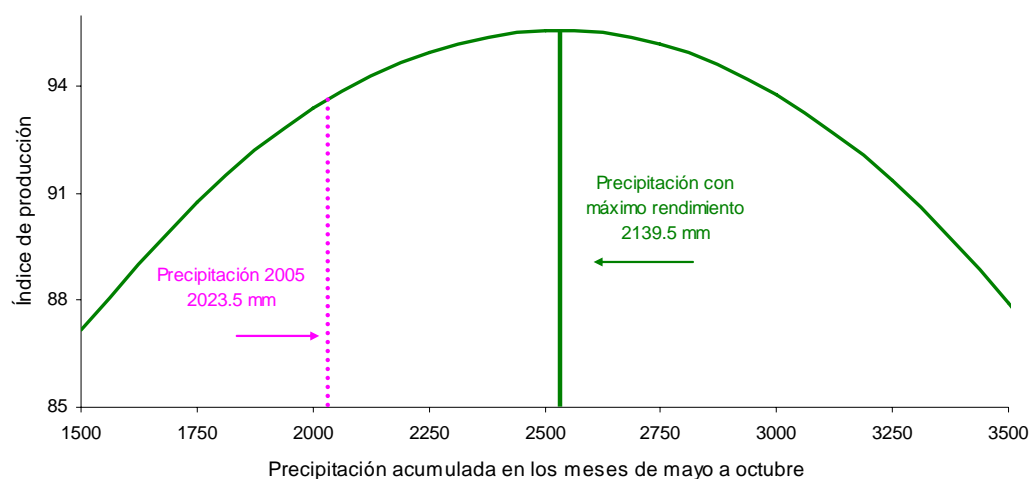
GRÁFICO 4
COSTA RICA: PRODUCCIÓN DE CULTIVOS ANTE
VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

La precipitación que se presentó en Costa Rica en 2005 es inferior a la precipitación que permite obtener la producción de cultivos óptima. Las proyecciones climáticas prevén disminuciones en los niveles de precipitación, es muy probable que los cambios en el clima estén afectando al sector agrícola de Costa Rica. (Véase el gráfico 5.)

GRÁFICO 5
COSTA RICA: PRODUCCIÓN DE CULTIVOS ANTE
VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

iii) Producción pecuaria. Para observar los efectos del cambio climático sobre la producción pecuaria, se estimaron diferentes regresiones tomando en cuenta la desviación de la precipitación, ya que se supone que el efecto de la precipitación sobre el sector pecuario es indirecto. Los resultados de las regresiones realizadas se presentan en el cuadro 16.

Para mostrar la estabilidad de los parámetros se estimaron varias ecuaciones con diferentes mediciones de temperatura. La temperatura resultó significativa en las primeras dos especificaciones. La prueba de significancia conjunta de las variables climáticas (temperatura y desviación de la precipitación) muestra que las variables son relevantes para explicar la producción pecuaria.

CUADRO 16
ÍNDICE DE PRODUCCIÓN PECUARIA

	Proporción de PEA rural en la PEA total			Población total
	Lineal (1'')	Lineal (2'')	Logarítmico (3'')	lineal (4'')
Desviación de la precipitación	0,0000165 (0,804)	9,00E-06 (0,552)	0,0001233 (0,757)	3,41E-06 (0,551)
Temperatura promedio		0,0381276 (4,337)***		
Temperatura promedio ²		-0,0008271 (2,611)**		
Temperatura máxima	0,0337801 (5,297)***		0,0712237 (1,133)	0,0049394 (2,756)***
Temperatura maxima ²	-0,000617 (3,491)***		-0,0020106 (1,156)	-0,0001719 (2,962)***
Observaciones	45	45	45	45
R2	0,96	0,96	0,98	0,99
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura y desviación de la precipitación	396,40***	384,86***	0,72	6,6***
Prueba de cointegración de Johansen				
Rezagos	1	1	1	1
Número de Vectores de cointegración por el estadístico de la traza	3**	3**	3**	4**
Número de Vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1**	2**	1**	0,0

Fuente: Elaboración propia

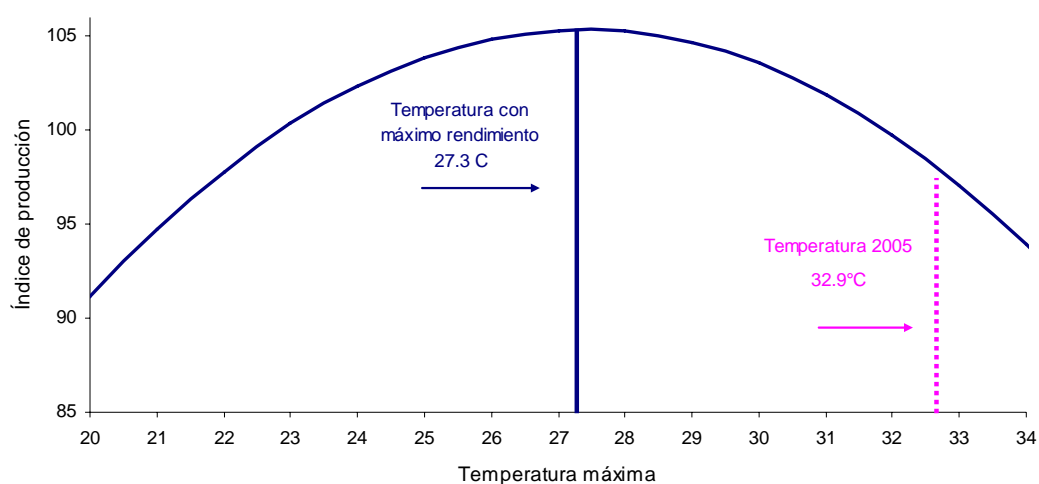
Notas:

***Estadísticamente significativo al nivel de 1%, **Estadísticamente significativo al nivel de 5%,

*Estadísticamente significativo al nivel de 10%

En el caso de la producción pecuaria se eligió la especificación lineal (1'') para mostrar el comportamiento de la producción ante variaciones en la temperatura. Se observa que la temperatura de 2005 es superior a aquella que permite a la producción alcanzar su nivel máximo (véase el gráfico 6).

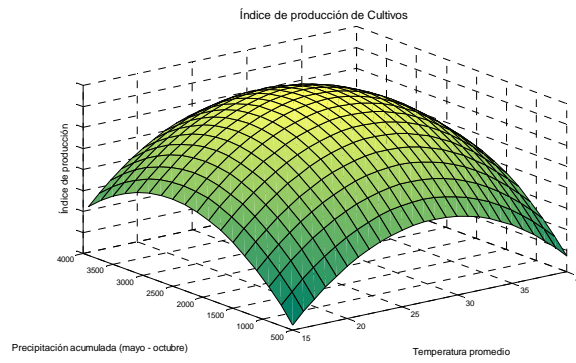
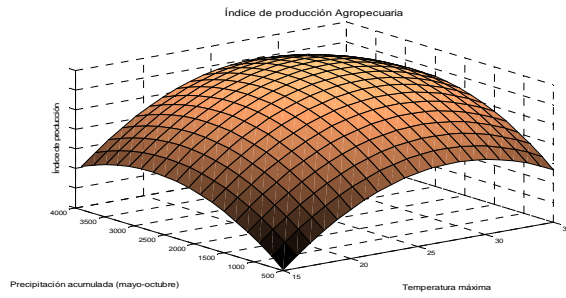
GRÁFICO 6
COSTA RICA: PRODUCCIÓN PECUARIA ANTE
VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

Las funciones de producción agropecuarias presentan una forma cóncava, la producción tiende a incrementarse hasta un cierto nivel, a partir del cual exhiben rendimientos decrecientes (véase el gráfico 7). La temperatura máxima anual que permite alcanzar la producción óptima se encuentra alrededor de 27° C. Temperaturas mayores o menores a este nivel ocasionarían una producción inferior a la óptima. Igualmente, la precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre que logra la mayor producción se encuentra alrededor de 2 700 mm. Niveles mayores o menores a estos niveles causarían una producción menor. Cabe aclarar que estos cálculos se realizan manteniendo las variables de control constantes. De la misma forma, no se considera la posibilidad de cambios tecnológicos o medidas de adaptación de los agricultores ante el cambio climático.

GRÁFICO 7
IMPACTOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA
SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA



Fuente: Elaboración propia.

2. Impacto sobre la producción de maíz, frijol y café

El maíz, el frijol y el café son tres productos importantes en la alimentación de los costarricenses y en la economía del país y forman parte de la estrategia seguida por el gobierno para enfrentar la crisis alimentaria y asegurar la disponibilidad de alimentos. En esta sección se analizan los posibles efectos del cambio climático sobre la producción de esos tres productos. Las estimaciones, al igual que en la sección anterior, se realizaron con el Método de Mínimos Cuadrados Ordinario (MCO), teniendo como base teórica una función de producción.

La variable de interés en los tres cultivos que se analizan son los rendimientos, medidos en toneladas producidas por hectárea. Con base en la información de variables climáticas (temperatura y precipitación) y de otras variables de control relacionadas con el factor trabajo, para el periodo 1961-2006, se busca encontrar un modelo que sea robusto metodológicamente para explicar el comportamiento de los rendimientos. La relación estimada se utiliza para proyectar cómo se comportarían los rendimientos ante modificaciones en las variables climáticas.

Al estimar las relaciones se prueban diferentes expresiones de cada una de las variables climáticas y se consideran aquellas con las que los rendimientos muestren tener mayor correlación. En este caso, las expresiones de precipitación que se fueron las más adecuadas son: precipitación promedio anual, precipitación promedio en la estación del año seca (noviembre a abril), y la precipitación acumulada anual; mientras que las expresiones de la temperatura fueron: temperatura mínima y temperatura máxima en el año. En todos los casos se incluyeron los cuadrados de la temperatura y la precipitación a fin de capturar los puntos a partir de los cuales el clima puede tener efectos adversos. En el cuadro 17 se presentan las estadísticas descriptivas.

Es importante señalar que las estimaciones no controlan por la posible adaptación que los agricultores pudieran tener en el futuro ya que no fue posible conseguir información de variables en ese sentido. Como se mencionó en la revisión de literatura de este documento, es probable que cuando no se controla por la adaptación de los agricultores se puede producir cierta sobre estimación de los efectos del cambio climático.

CUADRO 17
COSTA RICA: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS MODELOS
DE RENDIMIENTOS, 1961-2006 a/

	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Rendimientos del maíz b/	46	1,554	0,318	1,020	2,080
Rendimientos del frijol b/	49	0,502	0,149	0,200	0,800
Rendimientos del café b/	46	1,186	0,249	0,660	1,650
Precipitación promedio anual (mm)	46	243,305	29,511	179,644	319,463
Precipitación promedio anual en los meses de noviembre a abril (mm)	46	138,863	39,779	67,605	234,717
Precipitación acumulada anual (mm)	47	2 932,925	359,341	2 155,730	3 833,550
Temperatura máxima anual (°C)	46	18,328	0,808	15,680	19,640
Temperatura mínima anual (°C)	46	32,299	0,881	29,750	34,640
Población Económicamente Activa rural (miles de habitantes)	46	453,817	140,603	203,190	655,450
Población (miles de habitantes)	46	2 713,870	916,598	1 381,000	4 399,000

Fuente: Elaboración propia.

a/ Se refiere a 46 observaciones anuales correspondientes al período 1961-2006

b/ Toneladas por hectárea

a) El caso del Maíz

Los resultados para la estimación de los rendimientos del maíz a partir de cuatro especificaciones que consideran a la PEA rural y a la población total de forma lineal y logarítmica se presentan en el cuadro 18. En este caso las variables climáticas que se utilizaron son la precipitación promedio anual y la temperatura mínima en el año. Además de los términos lineales se emplearon sus cuadrados.

Todas las estimaciones muestran los signos correctos y aunque individualmente no en todos los casos la precipitación parece ser significativa, de forma conjunta con las otras variables sí muestra significancia estadística, por lo que se puede considerar una variable determinante del comportamiento de los rendimientos del maíz. Tanto la temperatura como la precipitación parecen incentivar la producción en niveles relativamente bajos y desincentivarla en niveles relativamente altos puesto que ambas variables tienen coeficientes positivos mientras sus cuadrados son negativos. Las pruebas de cointegración permiten descartar la presencia de regresiones espurias.

CUADRO 18
COSTA RICA: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS
POR HECTÁREA DEL MAIZ

Variables	PEA rural		Población total	
	Lineal (1)	Logarítmico (2)	Lineal (3)	Logarítmico (4)
Precipitación promedio anual	0,0143 (1,28)	0,0137 (1,26)	0,0084 (0,66)	0,0124 (1,07)
Precipitación promedio anual ²	-3E-05 (1,42)	-3E-05 (1,38)	-2E-05 (0,83)	-3E-05 (1,24)
Temperatura mínima en el año	1,6775 (1,91) *	1,5706 (1,83) *	1,9197 (1,86) *	1,9001 (2,05) **
Temperatura mínima en el año ²	-0,048 (1,94) *	-0,044 (1,84) *	-0,055 (1,89) *	-0,054 (2,08) **
R2	0,8018	0,8105	0,7331	0,7841
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	2,61 *	2,29	2,83 *	3,22 *
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	2,22	1,69	2,23	2,5 *
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	1,78	1,59	1,89	2,11 *
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	21,97 ***	23,22 ***	14,91 ***	19,71 ***
Prueba de cointegración de Johansen				
Número de Vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2 ***	2 ***	3 ***	4 ***
Número de Vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1 **	1 **	0 **	4 ****

Fuente: Elaboración propia

Notas:

Valores absolutos del t-estadístico entre paréntesis

* Significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

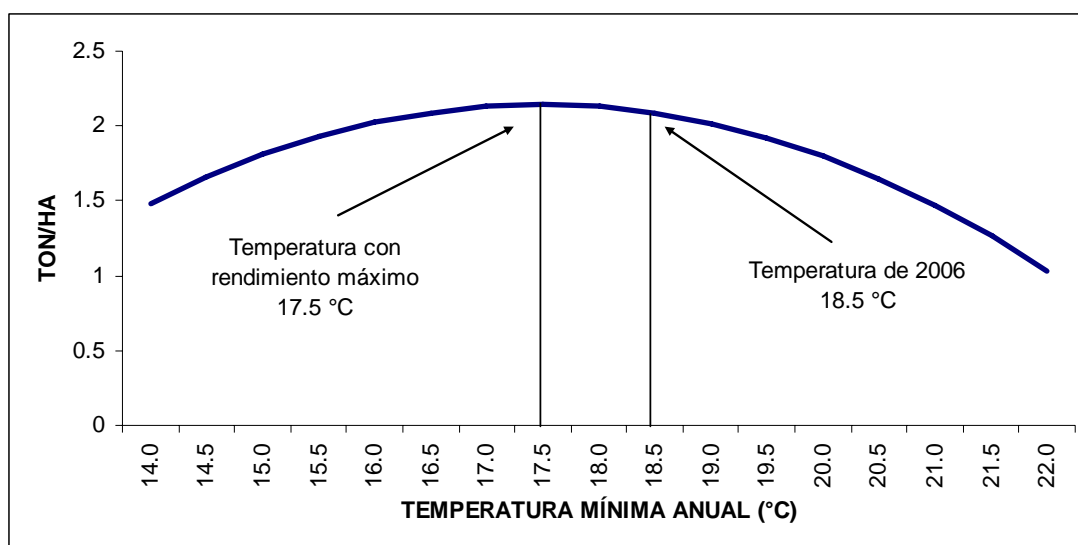
Todos los modelos se estimaron con constante y con variables dummy que capturan efectos de desastres naturales

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

La especificación utilizada, debido a su mayor robustez, para analizar los efectos del clima sobre la producción del maíz, fue la que considera a la población total de forma logarítmica, es decir la (4). Con base en ella se hicieron proyecciones con variaciones en la temperatura y la precipitación manteniendo los demás términos constantes con los valores de 2006. En el gráfico 8 se presentan los resultados para la

temperatura, en el cual se observa que es probable que ya se haya rebasado el nivel de temperatura que permite alcanzar los mayores rendimientos del maíz, por lo que el cambio climático ya podría estar teniendo efectos negativos sobre este producto.

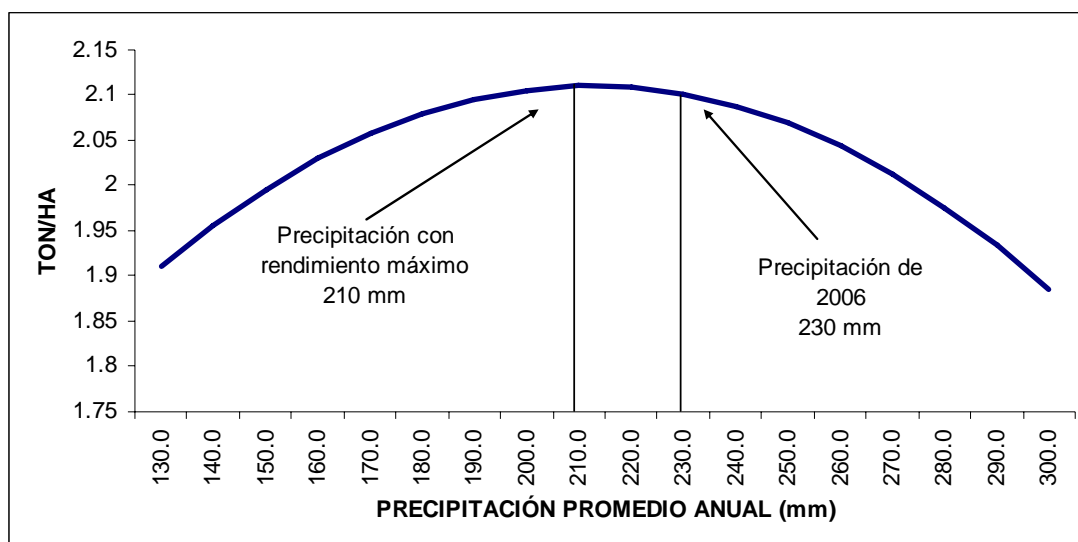
GRÁFICO 8
COSTA RICA: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ
ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 9 se presentan las proyecciones de los rendimientos del maíz, con base en las variaciones en la precipitación. Como ahí se muestra, la producción de maíz alcanza su rendimiento máximo en niveles cercanos al de 2006. Incluso niveles de precipitación ligeramente inferiores podrían ser benéficos.

GRÁFICO 9
COSTA RICA: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ
ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

b) El caso del Frijol

Los resultados de la estimación para los rendimientos del frijol se presentan en el cuadro 19. Como variables climáticas se emplearon la precipitación acumulada anual y la temperatura máxima en el año. Aunque de forma individual la precipitación y la temperatura no parecen ser estadísticamente significativas, de forma conjunta sí muestran significancia estadística lo que sugiere que ambas variables son relevantes para explicar el comportamiento de la producción de frijol. Tanto la temperatura como la precipitación parecen mostrar un comportamiento cóncavo respecto a los rendimientos del frijol, ello implica que a niveles relativamente bajos tienden a estimular la producción hasta un punto a partir del cual la desincentivan. Las pruebas de cointegración permiten descartar la posibilidad de regresiones espurias.

CUADRO 19
COSTA RICA: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS
POR HECTÁREA DEL FRIJOL

	PEA rural		Población total	
	Lineal (1')	Logarítmico (2')	Lineal (3')	Logarítmico (4')
Variables				
Precipitación acumulada anual	0,0005 (0,67)	0,0005 (0,70)	0,0003 (0,51)	0,0004 (0,65)
Precipitación acumulada anual ²	-9E-08 (0,79)	-1E-07 (0,81)	-8E-08 (0,65)	-9E-08 (0,78)
Temperatura máxima en el año	0,3771 (0,42)	0,3341 (0,37)	0,5276 (0,58)	0,479 (0,53)
Temperatura máxima en el año ²	-0,006 (0,44)	-0,005 (0,38)	-0,009 (0,61)	-0,008 (0,55)
R2	0,4263	0,4119	0,4192	0,4217
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	1,65	1,54	2,04	1,89
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	0,23	0,08	0,47	0,33
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	0,89	0,79	1,18	1,05
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	3,44 ***	3,24 ***	3,34 ***	3,37 ***
Prueba de cointegración de Johansen				
Número de Vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2 **	2 **	2 ***	2 ***
Número de Vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	0 **	0 **	0 **	0 **

Fuente: Elaboración propia

Notas:

Valores absolutos del t-estadístico entre paréntesis

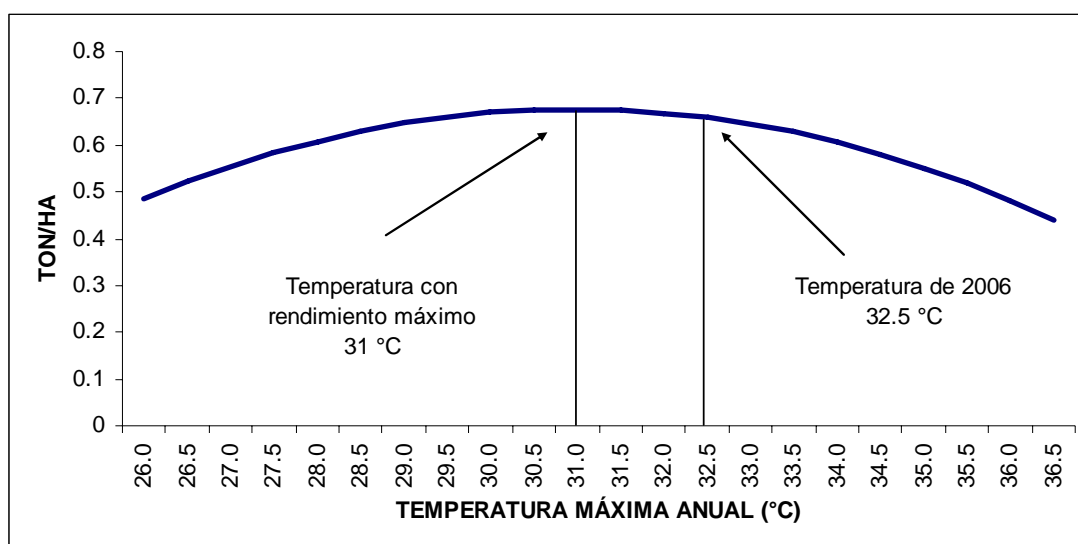
* Significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

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 se presentan en el gráfico 10, realizadas a partir de los coeficientes estimados con base en la especificación elegida (4'), sugieren que para este producto también ya se habría rebasado la temperatura que permite alcanzar los mayores rendimientos en la producción y que por tanto el cambio climático podría ya estar mostrando efectos negativos sobre este cultivo.

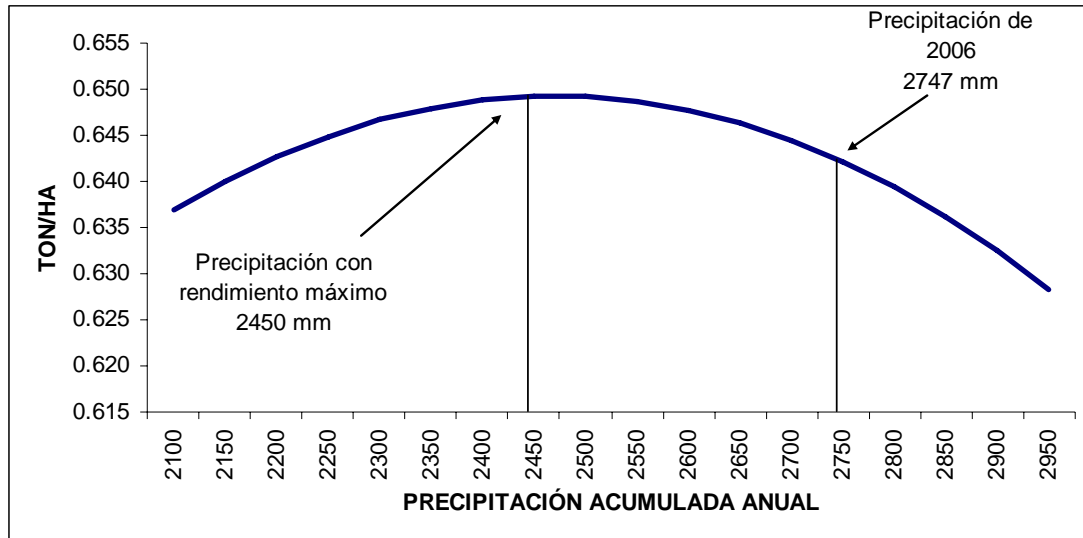
GRÁFICO 10
COSTA RICA: RENDIMIENTOS DEL FRIJOL
ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, las proyecciones mostradas en el gráfico 11 sugieren que niveles de precipitación ligeramente superiores al de 2006 permiten estimular la producción del frijol, ya que la precipitación de ese año es inferior a la que permite obtener los mayores rendimientos.

GRÁFICO 11
COSTA RICA: RENDIMIENTOS DEL FRIJOL
ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

c) El caso del Café

En el caso del café, las variables climáticas relevantes para la estimación de la función de producción fueron la precipitación promedio en los meses de noviembre a abril y la temperatura mínima en el año. Los coeficientes estimados para las cuatro especificaciones que consideran a la PEA rural y a la población total, se presentan en el cuadro 20. Como ahí se muestra, aunque de forma individual los coeficientes de temperatura y precipitación no parecen ser estadísticamente significativos en algunos casos, de forma conjunta las pruebas indican que sí lo son, por lo que ambas variables se pueden considerar como relevantes para explicar los rendimientos del café.

También, con el objetivo de mostrar consistencia con los casos anteriores, y dada su robustez, se escogió especificación que considera a la PEA rural de forma logarítmica, es decir, la 4''. A partir de ella se realizaron proyecciones de comportamiento de la producción a diferentes niveles de temperatura y precipitación.

El gráfico 12 muestra que es probable que el nivel de temperatura que permite los mayores rendimientos para este cultivo ya haya sido rebasado, por lo que el cambio climático ya podría estar teniendo efectos adversos sobre este cultivo. Respecto a la precipitación, el gráfico 13 indica que el nivel de precipitación de 2006 es ligeramente superior al que permite lograr los mayores rendimientos y que si la precipitación se reduce mínimamente por debajo de ese nivel la producción podría incrementar.

CUADRO 20
COSTA RICA: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS
POR HECTÁREA DEL FRIJOL

Variables	PEA rural		Población total	
	Lineal (1'')	Logarítmico (2'')	Lineal (3'')	Logarítmico (4'')
Precipitación media en los meses de noviembre a abril	0,0025 (0,67)	0,0031591 (0,89)	-5E-04 (0,11)	0,0012 (0,30)
Precipitación media en los meses de noviembre a abril ²	-1E-05 (0,83)	-,0000118 (0,99)	-2E-06 (0,15)	-7E-06 (0,53)
Temperatura mínima en el año	2,1791 (2,54) **	2,142631 (2,64) **	2,2548 (2,24) **	2,2826 (2,52) **
Temperatura mínima en el año ²	-0,062 (2,57) **	-0,06 (2,65) **	-0,064 (2,27) **	-0,065 (2,54) **
R2	0,6684	0,7008	0,5563	0,6344
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	0,74	0,66	1,29	1,08
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	3,56 **	3,54 **	2,83 *	3,46 **
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	1,91	1,93	1,74	1,96
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	10,94 ***	12,71 ***	6,8 ***	9,42 ***
Prueba de cointegración de Johansen				
Número de Vectores de cointegración por el estadístico de la traza	1 **	1 ***	3 **	4 **
Número de Vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	0 **	0 **	0 **	0 **

Fuente: Elaboración propia

Notas:

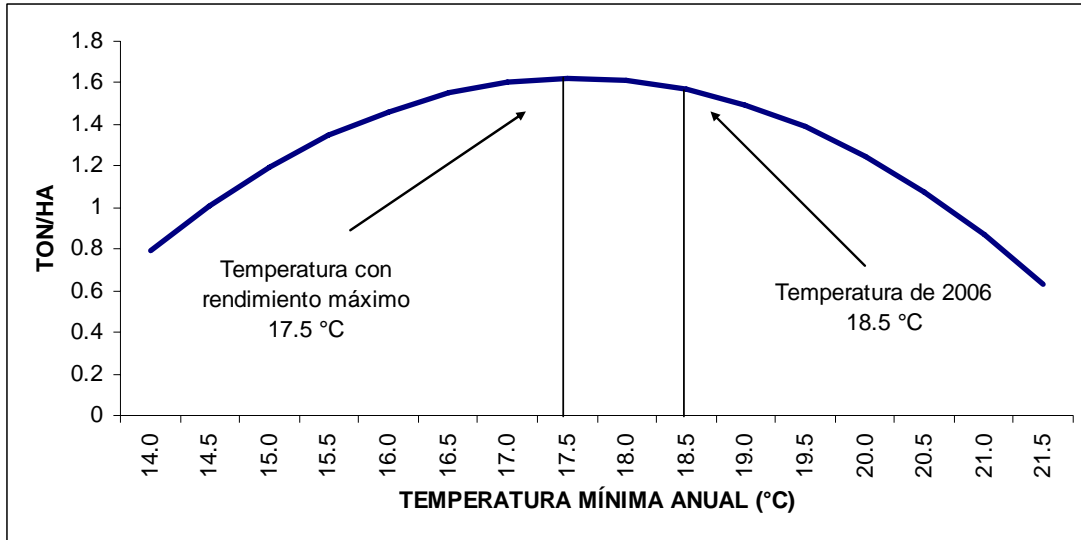
Valores absolutos del t-estadístico entre paréntesis

* 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.

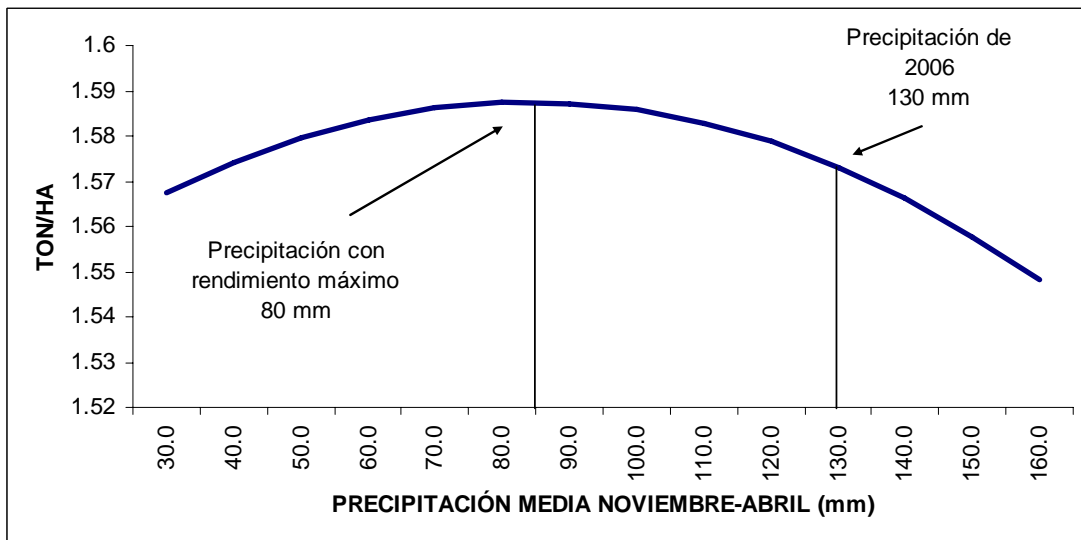
La prueba de cointegración se realizó con término constante en la ecuación de cointegración y en el modelo dinámico.

GRÁFICO 12
COSTA RICA: RENDIMIENTOS DEL CAFÉ
ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 13
COSTA RICA: RENDIMIENTOS DEL CAFÉ
ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

3. Impacto sobre el valor de la propiedad.

Datos y resultados del enfoque Ricardiano: El Caso de Costa Rica

a) Datos

Los datos económicos y sociodemográficos se obtuvieron de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples, llevada a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Costa Rica en el mes de julio de 2006. La información de esta encuesta tiene cobertura nacional y utiliza como unidad de análisis a los hogares de este país. Tanto la base de datos como la documentación de la encuesta fueron preparados 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 variables en un contexto de comparabilidad con los demás países de América Latina. Para esta labor se contó con el respaldo del INEC, institución responsable del diseño y ejecución de la encuesta. 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. También fue necesario contar con datos sobre las características de suelos de los municipios de Costa Rica, dichos datos fueron obtenidos a partir de información de FAO (2003).

b) Resultados

En el cuadro 21 se muestran las estadísticas descriptivas empleadas en el modelo ricardiano. El conjunto de variables se presentan en tres grupos: socio-demográficas, agrícolas y climáticas. El cuadro 21 presenta la media y desviación estándar de las variables clave empleadas en la modelación, tanto para la muestra completa como para los hogares que se encuentran en los primeros ocho y últimos dos deciles del ingreso por renta de la propiedad.

Las variables climáticas sólo se presentan para el total de la muestra empleada, mientras que las variables sociodemográficas lo hacen 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 3,3 miembros, y la escolaridad promedio del jefe del hogar es de 6,9 años, lo cual se contrasta con la escolaridad media del hogar sin incluir al jefe cuyo valor es 3,4. Estas dos variables son superiores para los hogares cuyo ingreso por renta de la propiedad se encuentra en los últimos dos deciles.

CUADRO 21
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

	Total de hogares en la muestra		Ingreso por renta de la propiedad en los primeros ocho deciles		Ingreso por renta de la propiedad en los últimos dos deciles	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Socio-demográficas						
Tamaño del hogar	3,3	1,7	3,3	1,7	3,1	1,6
Educación promedio del hogar sin jefe (años)	3,4	2,6	3,2	2,5	4,2	3,1
Educación del jefe del hogar (años)	6,9	4,4	6,6	4,2	8,1	5,0
Número de cuartos	4,9	1,5	4,9	1,5	5,4	1,2
Edad del jefe del hogar	52,7	14,9	52,5	15,5	53,9	12,2
Número de personas mayores de 15 años en el hogar	2,4	1,2	2,3	1,1	2,4	1,2
Pared de ladrillo (Dummy: 1 Sí tiene)	0,6	0,5	0,6	0,1	0,8	0,4
Género del jefe del hogar (Dummy: 1=masculino)	0,7	0,4	0,8	0,4	0,7	0,5
Variables agrícolas						
Ingreso por renta de la propiedad	111,1	96,1	69,8	39,5	269,7	84,1
Variables climáticas						
Temperatura mínima promedio anual (Celsius)	17,1	2,9	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio anual (Celsius)	27,1	4,1	.	.	.	.
Temperatura promedio anual (Celsius)	22,4	3,6	.	.	.	.
Temperatura promedio en estación lluviosa (Celsius)	22,3	3,3	.	.	.	.
Temperatura promedio en estación seca (Celsius)	21,9	3,6	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio en estación lluviosa (Celsius)	26,9	3,4	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio en estación seca (Celsius)	27,2	2,9	.	.	.	.
Temperatura mínima promedio en estación lluviosa (Celsius)	17,4	2,8	.	.	.	.
Temperatura mínima promedio en estación seca (Celsius)	16,4	3,1	.	.	.	.
Precipitación promedio anual (mm/mo)	236,8	60,4	.	.	.	.
Precipitación acumulada anual (mm/mo)	2 842,5	724,4	.	.	.	.
Precipitación promedio en estación lluviosa (mm/mo)	286,4	58,2	.	.	.	.
Precipitación promedio en estación seca (mm/mo)	79,4	84,9	.	.	.	.
Tamaño de la muestra	12 426		9 860		2 566	

Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples, julio de 2006.

La edad promedio de los jefes de hogar es de 52,7 años para la muestra total, siendo 52,5 años para los hogares que se ubican en los primeros ocho deciles del ingreso por renta de la propiedad y 53,9 años para los hogares situados en los últimos dos deciles. Por otro lado, el número promedio de cuartos en el hogar registrado en la muestra es de 4,9, siendo mayor para los hogares que se sitúan en los últimos dos deciles del ingreso por renta de la propiedad con 5,4, lo que representa 17% más cuartos para esas familias, en relación a los hogares ubicados en los primeros ocho deciles, y que tienen una media de 4,9 cuartos.

De forma similar encontramos que el número de personas mayores de quince años que se encuentran en el hogar no cambia sustancialmente al clasificar la muestra mediante los deciles de la variable ingreso por renta de la tierra. Este comportamiento se presenta también en la variable género del jefe de hogar y en la variable dummy que toma valor uno para indicar paredes hechas con ladrillo.

Observemos que el ingreso por renta de la propiedad en los últimos dos deciles, 269,7 dólares, sobrepasa por mucho al ingreso reportado para los primeros ocho deciles, 69,8 dólares. Específicamente se tiene una diferencia de prácticamente 3,86 veces.

Asimismo, el cuadro 22 nos 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. Las variables de temperatura media anual y precipitación acumulada anual no varían sustancialmente de los valores reportados para otras naciones centroamericanas, y en este caso particular tenemos 22.4° C y 2842.5 mm/mo.

En el cuadro 22 se presentan los resultados de las tres estimaciones econométricas realizadas para medir los impactos de variables climáticas sobre el ingreso proveniente de la renta de la propiedad de los hogares rurales Costarricenses. La muestra que se empleó recoge al total de hogares rurales que reportaron percibir ingreso por alquiler de la propiedad, siendo esta variable la que se utiliza como variable dependiente en los tres modelos lineales estimados mediante la técnica de Mínimos Cuadrados Ordinarios. En la segunda columna del cuadro 22 aparecen los resultados de la regresión para el modelo I, el cual considera, además de las variables sociodemográficas, dos variables climáticas: temperatura media anual y precipitación acumulada anual. En el modelo II, se incorporan variables dummy de suelos, señalando el tipo de suelo que predomina en cada uno de los municipios de la muestra empleada. Por su parte, la especificación del modelo III, además de considerar las variables dummy de suelos, agrega términos cuadráticos para la temperatura media anual y la precipitación acumulada anual, así como una variable de interacción entre la precipitación acumulada y la temperatura media anual.

CUADRO 22
COSTA RICA: ESPECIFICACIONES LINEALES DEL MODELO RICARDIANO

Variables	Modelo I	Modelo II	Modelo III
Temperatura media anual	-0,5172 (2,2)**	-1,9887 (6,98)***	-55,4209 (11,18)***
Temperatura media anual al cuadrado			1,0298 (10,58) ***
Precipitación acumulada anual	-0,0068 (5,73)***	-0,0075 (4,96)***	-0,1838 (13,67) ***
Precipitación acumulada anual al cuadrado			0,000017 (12,28) ***
Temperatura media anual*precipitación media anual			0,0027 (6,24) ***
Miembros mayores de 15 años en el hogar	1,4948 (1,79)*	-0,9483 (1,05)	-0,0649 (0,07)
Género del jefe de hogar	-2,4918 (1,22)	-2,2308 (1,07)	-3,2783 (1,57)
Edad del jefe de hogar	1,4521 (23,03)***	1,4912 (23,62)***	1,4144 (22,31) ***
Escolaridad del jefe de hogar en años	5,6250 (25,29)***	6,3043 (27,85)***	5,6284 (24,56) ***
Número de habitaciones en la vivienda	4,2826 (6,74)***	4,6329 (7,29)***	3,6162 (5,65) ***
Acrisols		155,72 (14,02) ***	273,65 (18,08) ***
Cambisols		143,44 (12,62) ***	253,95 (16,67) ***
Gleysols		131,97 (11,15) ***	226,28 (15,45) ***
Nitisols		133,39 (12,33) ***	238,59 (16,63) ***
Luvisols		159,88 (13,52) ***	260,10 (17,72) ***
Andosols		115,15 (10,68) ***	216,37 (15,37) ***
Planosols		107,74 (8,62) ***	208,02 (13,62) ***
Constante	3,9035 (0,47)	-98,32 (7,54)***	652,58 (10,99) ***
Estadístico F	173,16	122,66	118,09

Fuente: Elaboración propia

El número de la muestra es de 12,426 hogares

Nota: Valores absolutos del t-estadístico entre paréntesis

*** Significativo al 1%; ** significativo al 5%;* significativo al 10%

A partir de los coeficientes y su nivel de significancia presentados en el cuadro 22, es posible inferir que los efectos de la precipitación acumulada anual y de la temperatura media anual son negativos y significativos en todos los casos, además la especificación global de los tres modelos empleados es estadísticamente significativa, justo como lo muestra el estadístico F que aparece en el último renglón del cuadro 22.

Si se consideran los resultados para el Modelo II, los hallazgos indican que el ingreso por alquiler de la propiedad disminuye cerca de 2 dólares ante un incremento de 1 °C en la temperatura media anual. Dicho efecto representa cerca del 2% de la ganancia mensual por alquiler de la propiedad de los hogares rurales de Costa Rica. No obstante, es importante distinguir entre los diferentes hogares rurales, por ejemplo, si se considera a los hogares que se encuentran en los primeros ocho deciles, entonces el efecto marginal representa casi el 3%, en cambio para los hogares que se encuentran en los últimos dos deciles es solamente del 0,7%.

Respecto a las variables Dummy utilizadas para distinguir a los diferentes tipos de suelo es posible notar que, en los dos modelos donde se emplean, el impacto es positivo y estadísticamente significativo, mostrando evidencia robusta sobre la pertinencia de incluir estas variables como variables de control para aislar correctamente los efectos de las variables climáticas sobre el ingreso por renta de la propiedad.

Como se aprecia en el cuadro 22, los coeficientes estimados para las distintas variables sociodemográficas que se incluyeron en los tres modelos son robustos, lo anterior alienta la intuición sobre la relación que guardan las ganancias provenientes del alquiler de la propiedad y el conjunto de factores considerados en la modelación, además, la consistencia de los signos a lo largo de las tres especificaciones junto con la significancia global de cada modelo nos permiten afirmar cualitativamente que los modelos empleados describen correctamente dicha relación. Por ejemplo, las ganancias por concepto de alquiler aumentan cerca de 1,5 dólares si la edad del jefe del hogar se incrementa en un año, dicho efecto positivo y significativo se mantiene a través de las tres especificaciones utilizadas. De manera similar, el impacto sobre el ingreso por alquiler de la propiedad de un año adicional de educación del jefe del hogar es positivo y significativo y oscila alrededor de los 6 dólares (equivalente al 5,5% del ingreso promedio de los hogares rurales por concepto de esta fuente). Así mismo, y considerando los coeficientes del modelo II, es posible observar que el ingreso por alquiler se incrementa más de 4 dólares si el número de habitaciones en el hogar aumenta en una unidad. Es 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 clara evidencia de que los resultados presentados son suficientemente robustos.

Los efectos marginales de las variables de clima (temperatura y precipitación) sobre el ingreso por alquiler de la propiedad en los hogares rurales de Costa Rica se presentan en el cuadro 23. Los efectos de la precipitación acumulada y la temperatura media se calcularon para la muestra total y los resultados muestran impactos considerables a un nivel de confianza bastante alto. En este sentido, se observa que el incremento de 1° C en la temperatura media implica una disminución de 0,5; 1,9 y 1,3 dólares bajo los modelos I, II y III, respectivamente. Es decir, existe evidencia para señalar un impacto negativo en el ingreso recibido por concepto de alquiler que va de medio dólar a cerca de los dos dólares ante el incremento de una unidad en la temperatura media anual. Si consideramos el promedio de los efectos marginales, el impacto sería de 1,30 dólares, lo que equivale a una disminución del 1,2% en los ingresos que provienen del alquiler de la propiedad, este decremento se agudiza si se considera a los hogares rurales en distintos deciles. En particular, para los hogares rurales que se encuentran en los primeros ocho deciles del ingreso por alquiler de la propiedad se estima una caída cercana al 2%.

Por otra parte, se estima que el incremento de una unidad adicional en la precipitación acumulada anual implica, en promedio para los tres modelos, una disminución de 1,3 centavos de dólar. Este efecto equivale a señalar que si la precipitación acumulada anual se incrementa en 100 mm, los hogares rurales de Costa Rica perderían más de un dólar en el ingreso por alquiler de su propiedad, lo que equivale a una disminución del 1,8% del ingreso promedio que proviene de esta fuente. Lo anterior indica que los impactos marginales promedio atribuibles a los incrementos en la temperatura media anual y precipitación acumulada son negativos y podrían representar magnitudes considerables en el ingreso de los hogares rurales.

CUADRO 23
EFECTOS MARGINALES DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS SOBRE
EL INGRESO POR CONCEPTO DE ALQUILER DE LA PROPIEDAD

Variables	Modelo I	Modelo II	Modelo III
Temperatura promedio anual	-0,5171 (2,20)**	-1,9887 (6,98)***	-1,3848 (4,51)***
Precipitación acumulada anual	-0,0068 (5,73)***	-0,0075 (4,96)***	-0,0241 (13,22)***

Fuente: Elaboración propia.

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

*** Significativo al 1%; ** significativo al 5%; * significativo al 10%

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 22.

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 el sector agropecuario de Costa Rica. Es probable que la producción que se está obteniendo esté por debajo de los niveles óptimos. En este capítulo se ofrecen algunas estimaciones de cuánto podrían representar en términos económicos los cambios que se están presentando en la producción ante el cambio climático. Para ello, se toman como referencia las estimaciones del capítulo anterior y dos escenarios climáticos: A2 y B2 ¹² promedio (ECHM, GFDL, HADGEM)¹³, A2 HADGEM y B2 HADCM3¹⁴. Donde el A2 es un escenario en los incrementos en temperatura serían más elevados. El análisis comprende hasta el año 2100. Para calcular los costos se emplearon diferentes tasas de descuento: 0.5%, 2%, 4% y 8%. Los impactos económicos se expresan en términos del PIB de 2007.

1. Impactos sobre la producción agropecuaria

A partir de los coeficientes de las especificaciones (1 y 1') de las funciones de producción agropecuaria y cultivos (véase de nuevo los cuadros 14, y 15), se cuantifican los impactos en el sector ocasionados por las variaciones en la precipitación y la temperatura.

El enfoque de la función de producción posibilita explorar la magnitud de los impactos ocasionados por cambios climáticos en el sector agropecuario en los próximos años. Las estimaciones asumen que el resto de las condiciones se mantienen constantes, ya que se busca aislar el efecto de la temperatura y la precipitación sobre la producción agropecuaria.

El resultado de los modelos de funciones de producción exhibe pérdidas económicas ocasionadas por el cambio climático. El cuadro 24 presenta las estimaciones de los impactos económicos.

Se contabilizaron los impactos de la producción agropecuaria hasta el 2100 en relación al PIB de 2007. Considerando los escenarios A2 y B2, y una tasa de descuento de 4% de forma acumulada hacia 2050 las pérdidas serían de 1% y 2% del PIB de 2007, respectivamente. Contabilizando los impactos negativos hacia 2100 con la misma tasa de descuento, las pérdidas económicas acumuladas representarían el 4 % del PIB de 2007 en ambos escenarios. Ante una tasa de descuento de 2% las pérdidas incrementarían a 12% en el escenario A2 y 8% en el B2.

¹² Escenarios conformados por un conjunto de variables (PIB, demografía, tecnología, energía, emisiones) que son internamente consistente.

¹³ ECHM German High Performance Computing Centre Climate and Earth System Research; GFDL Geophysical Fluid Dynamics Laboratory; HADGEM Hadley Centre Global Environmental Model.

¹⁴ HadCM3 Third Hadley Centre Coupled Ocean-Atmosphere GCM.

CUADRO 24
COSTA RICA IMPACTOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN Y
TEMPERATURA: 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100
(Porcentaje del PIB de 2007)

Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)					Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
Producción agropecuaria								
año	r				r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,27	0,21	0,14	0,06	1,32	1,22	1,11	0,95
2030	0,84	0,64	0,44	0,20	2,51	2,08	1,67	1,19
2050	4,51	2,74	1,46	0,46	4,90	3,51	2,41	1,40
2070	11,56	5,87	2,56	0,61	8,65	5,19	3,00	1,48
2100	31,25	11,86	3,85	0,68	18,79	8,29	3,67	1,52

Producción de cultivos								
año	r				r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,27	0,22	0,16	0,09	1,21	1,12	1,02	0,86
2030	0,77	0,60	0,42	0,21	2,25	1,87	1,51	1,08
2050	3,57	2,19	1,20	0,41	4,01	2,92	2,05	1,24
2070	8,68	4,47	1,99	0,52	6,77	4,16	2,49	1,30
2100	23,33	8,92	2,95	0,57	14,06	6,38	2,97	1,32

Fuente: Elaboración propia.

Nota: r = tasa de descuento.

Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

El cuadro 25 considera los impactos en el sector agropecuario pero como promedios anuales en distintos periodos de tiempo, en este cuadro podemos observar que tomando como referencia los escenarios A2 y B2, y una tasa de descuento de 4%, el promedio de pérdidas anuales entre 2006 y 2020 serian de 0,01% (escenario A2), y 0,08 (B2), sin embargo si tomamos como referencia las pérdidas promedio entre 2070 y 2100, ésta serian de 0.04% y 0.02%, respectivamente. En el cuadro 25 se observa que las pérdidas dependerán de la tasa de descuento que se asigne y del escenario analizado. Tomando en cuenta la tasa de descuento de 4% y el escenario A2 las mayores pérdidas anuales ocurrirían en el periodo 2030-2070, y si se toma el escenario B2 las mayores serían en el periodo 2006-2020.

CUADRO 25
COSTA RICA: IMPACTOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN Y
TEMPERATURA: 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100 PROMEDIOS ANUALES
(Porcentaje del PIB de 2007)

año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)				Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
	Producción agropecuaria							
	r				r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2006 -2020	0,02	0,01	0,01	0,00	0,09	0,09	0,08	0,07
2020 - 2030	0,06	0,04	0,03	0,01	0,12	0,09	0,06	0,02
2030 - 2050	0,18	0,11	0,05	0,01	0,12	0,07	0,04	0,01
2050 - 2070	0,35	0,16	0,05	0,01	0,19	0,08	0,03	0,00
2070 - 2100	0,66	0,20	0,04	0,00	0,34	0,10	0,02	0,00

año	Producción de cultivos							
	r				r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,02	0,02	0,01	0,01	0,09	0,08	0,07	0,06
2030	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02	0,01
2050	0,06	0,04	0,02	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00
2070	0,08	0,04	0,01	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00
2100	0,16	0,05	0,01	0,00	0,08	0,02	0,01	0,00

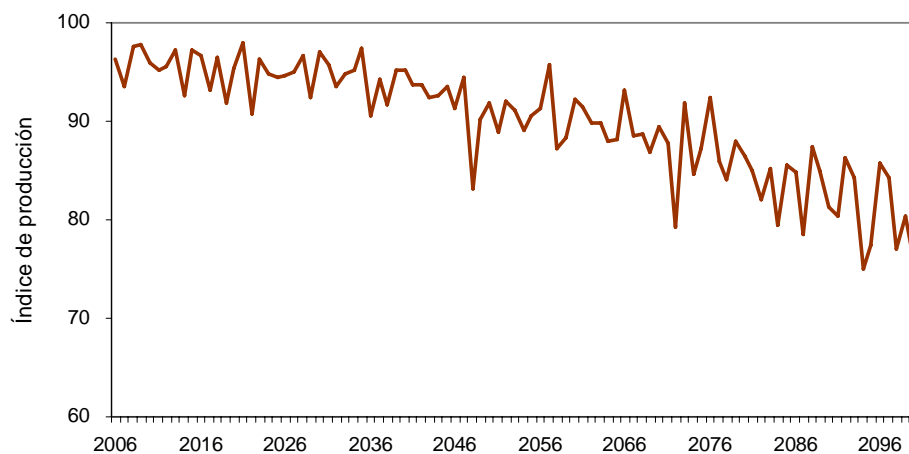
Fuente: Elaboración propia.

Nota: r =tasa de descuento.

Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

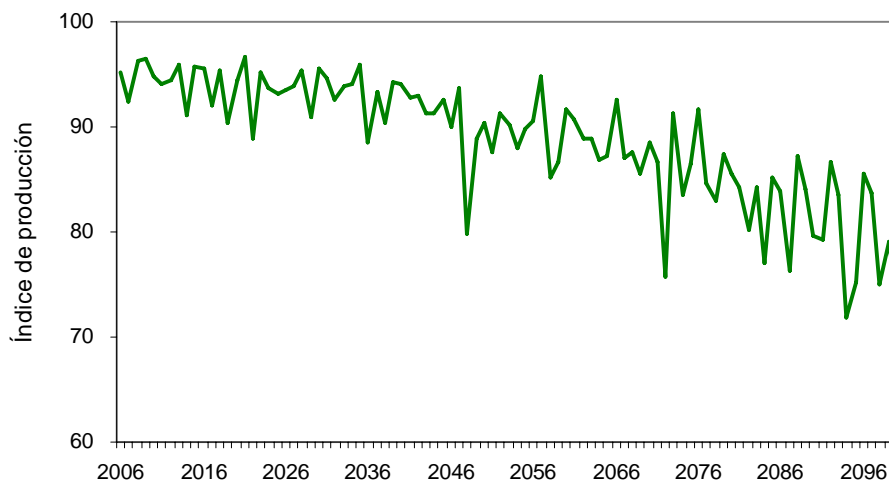
Los gráficos 14 y 16 muestran las proyecciones de la producción agropecuaria a partir de los escenarios A2 y B2. Ambos escenarios exhiben pérdidas económicas en la producción agropecuaria. Por su parte los gráficos 15 y 17 exponen la producción de cultivos a partir de los escenarios A2 y B2. El escenario A2 proyecta los cambios más extremos y por tanto presenta las mayores pérdidas. En los gráficos se observa la producción inexorablemente disminuiría.

GRÁFICO 14
COSTA RICA: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA A PARTIR DEL ESCENARIO A2



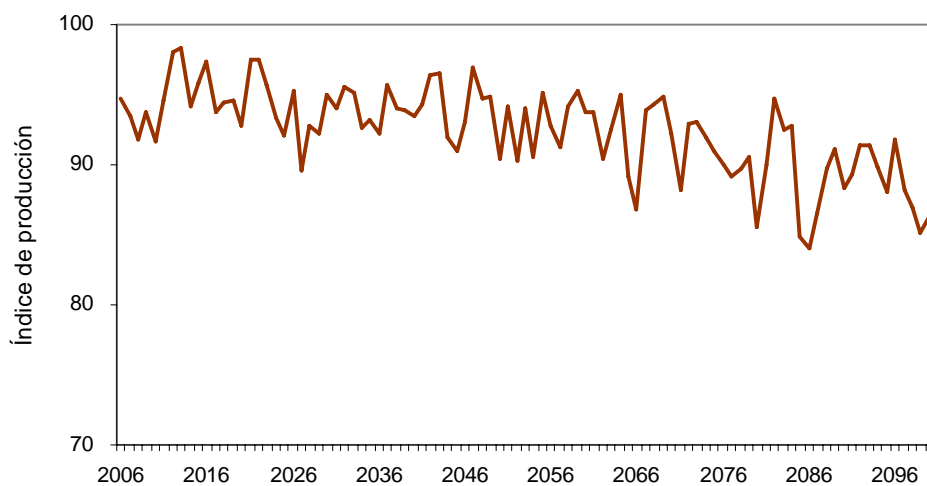
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 15
COSTA RICA: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN
DE CULTIVOS A PARTIR DEL ESCENARIO A2



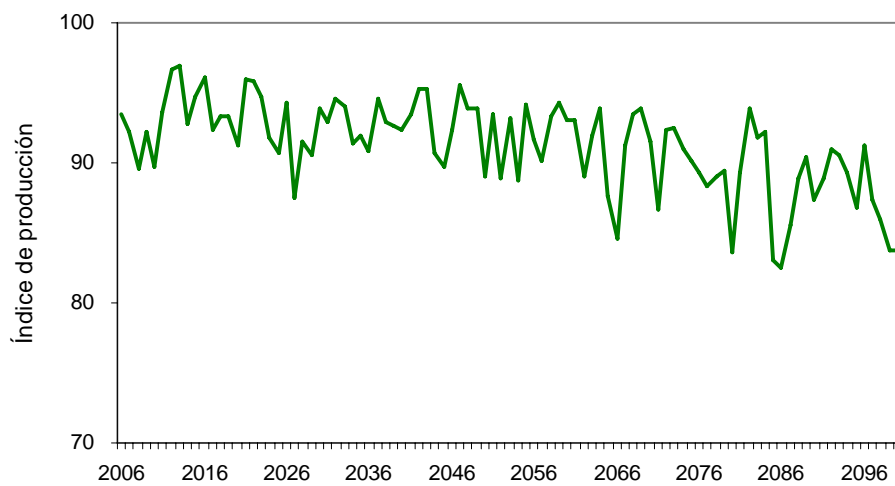
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 16
COSTA RICA: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA A PARTIR DEL ESCENARIO B2



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 17
COSTA RICA: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA A PARTIR DEL ESCENARIO B2



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 26 se hace la distinción del impacto ocasionado por cambios en temperatura y por cambios en precipitación. Los mayores impactos negativos parecen deberse a incrementos en la temperatura. Para el escenario A2 incrementos en la temperatura a 2100, considerando una tasa de descuento de 2%, representan una pérdida de cerca de 8% del PIB de 2007, y para el escenario B2 en el mismo periodo representan una pérdida de 5%. En el caso de la precipitación las pérdidas representan 4% en el escenario A2 y 3% en el B2, también considerando la tasa de descuento de 2%.

CUADRO 26
COSTA RICA: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO:
2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100
(Porcentaje del PIB de 2007)

	ESCENARIO A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)		ESCENARIO B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)					
	Producción agropecuaria		Producción de Cultivos		Producción agropecuaria		Producción de Cultivos	
año	r		r		r		r	
	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	0,21	0,14	0,22	0,16	1,22	1,11	1,12	1,02
2030	0,64	0,44	0,60	0,42	2,08	1,67	1,87	1,51
2050	2,74	1,46	2,19	1,20	3,51	2,41	2,92	2,05
2070	5,87	2,56	4,47	1,99	5,19	3,00	4,16	2,49
2100	11,86	3,85	8,92	2,95	8,29	3,67	6,38	2,97
Cambios en temperatura								
	Producción agropecuaria		Producción de Cultivos		Producción agropecuaria		Producción de Cultivos	
año	r		r		r		r	
	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
2020	0,35	0,28	0,22	0,18	0,01	0,01	0,01	0,01
2030	0,66	0,49	0,42	0,31	0,36	0,25	0,23	0,16
2050	1,92	1,12	1,21	0,71	1,41	0,78	0,89	0,49
2070	3,93	1,82	2,48	1,15	2,80	1,26	1,77	0,80
2100	7,75	2,64	4,91	1,67	4,94	1,73	3,12	1,09
Cambios en precipitación								
	Producción agropecuaria		Producción de Cultivos		Producción agropecuaria		Producción de Cultivos	
año	r		r		r		r	
	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
2020	-0,136	-0,135	0,001	-0,014	1,206	1,097	1,112	1,010
2030	-0,024	-0,051	0,178	0,114	1,715	1,420	1,642	1,354
2050	0,817	0,341	0,980	0,491	2,095	1,625	2,033	1,562
2070	1,937	0,733	1,982	0,841	2,384	1,733	2,389	1,690
2100	4,113	1,202	4,016	1,280	3,349	1,939	3,262	1,876

Fuente: Elaboración propia

Nota: r significa tasa de descuento

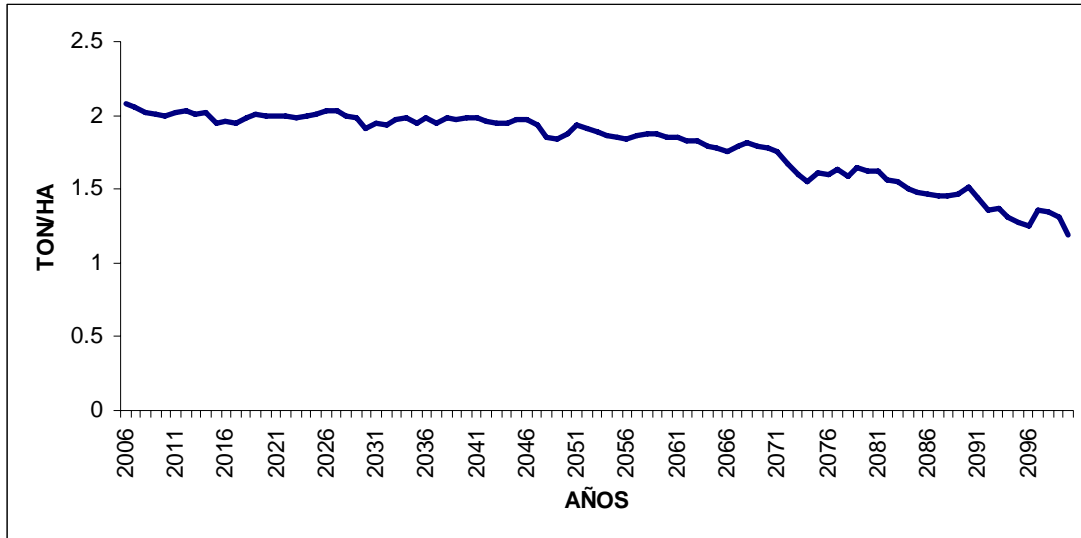
Las cuantificaciones de los impactos basados en los escenarios climáticos dan un panorama general del comportamiento de la producción agropecuaria ante cambios en precipitación y temperatura, pero hay que considerar que las estimaciones presentadas no incluyen ninguna adaptación ni cambios externos.

2. Impactos sobre los rendimientos de maíz, frijol y café

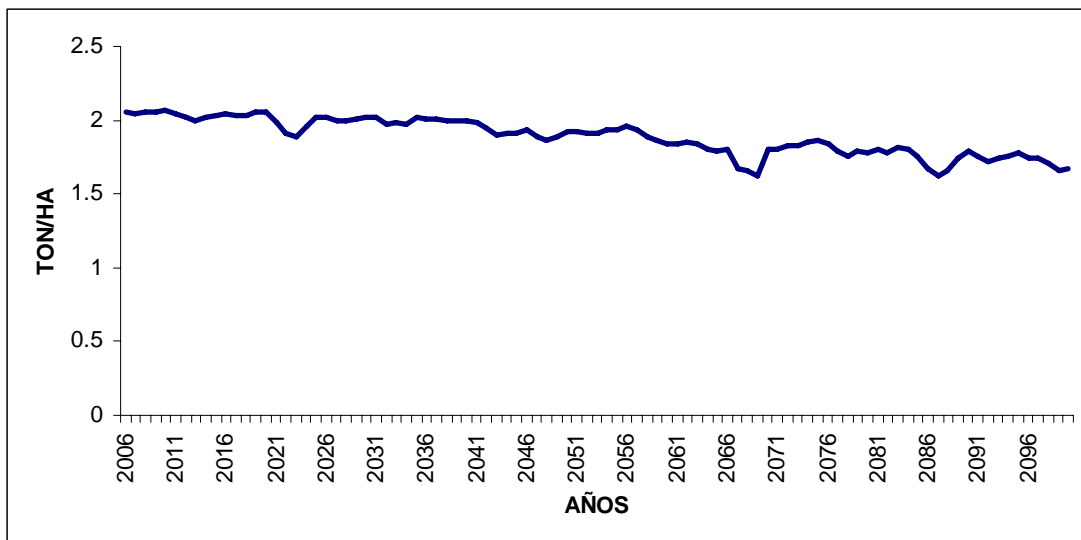
A partir de los escenarios A2 y B2 y las estimaciones obtenidas en el capítulo anterior, y mostradas en el cuadro 18 con base en la especificación (4), se proyectó la producción del maíz entre 2006 y 2100. En el gráfico 18 se presentan estos resultados. Las trayectorias en la producción son decrecientes, mayormente en el escenario A2.

Los costos que se desprenden de las estimaciones mostradas en el gráfico 18 se presentan en el cuadro 27. Los cuales se calcularon comparando los niveles de producción esperado ante los escenarios A2 y B2 y un escenario en el cual el clima ya no variara. Como ahí se puede observar, los costos económicos acumulados del cambio climático hacia 2100 serían equivalentes a perder cerca de medio punto porcentual del PIB ante una tasa de descuento de 2%, pero a menores tasas de descuento podrían incrementar.

GRÁFICO 18
COSTA RICA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL MAÍZ
A PARTIR DEL ESCENARIO A2



COSTA RICA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL MAÍZ A PARTIR DEL
ESCENARIO B2



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 27
COSTA RICA: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA
PRODUCCIÓN DEL MAÍZ COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007

Año	A2				B2			
	r				r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,07	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03
2030	0,11	0,10	0,08	0,05	0,10	0,08	0,07	0,04
2050	0,23	0,17	0,11	0,06	0,21	0,15	0,10	0,05
2070	0,40	0,24	0,14	0,07	0,38	0,22	0,12	0,06
2100	0,90	0,39	0,17	0,07	0,66	0,31	0,14	0,06

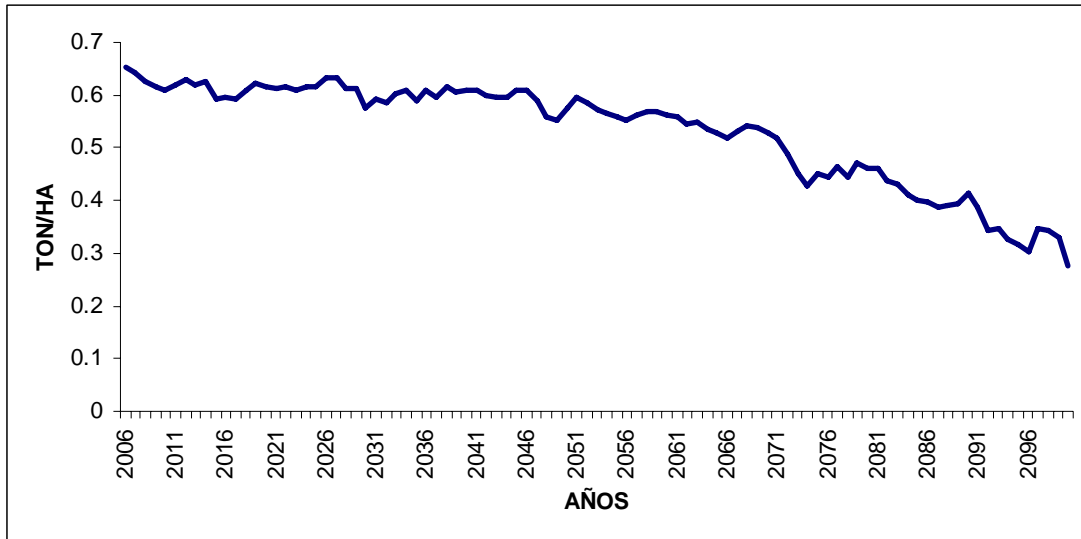
Fuente: Elaboración propia.

Nota: r significa tasa de descuento.

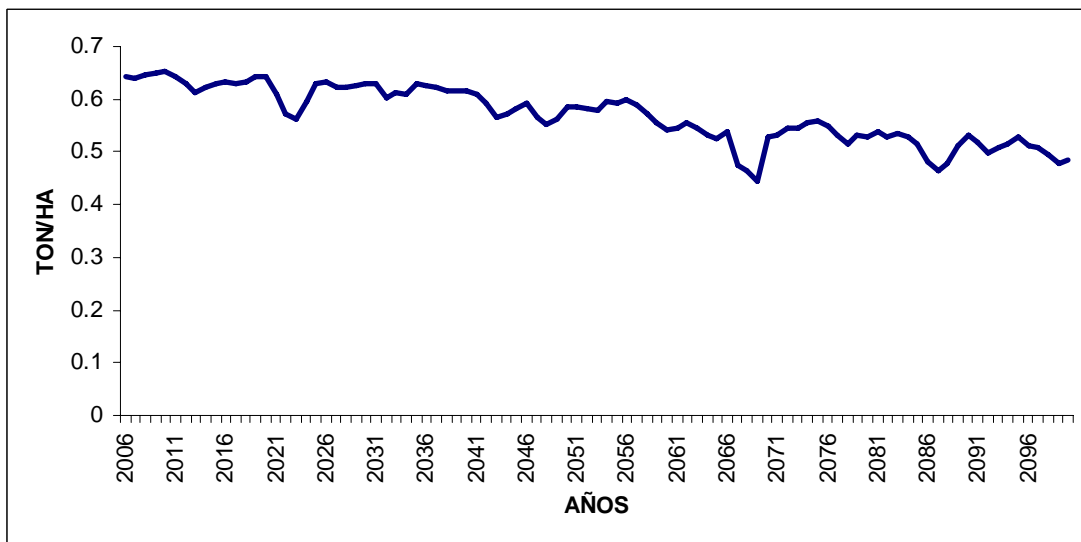
En el caso del frijol, se procedió de forma similar al del maíz, a partir de las estimaciones mostradas en el cuadro 19 (especificación 4') y los dos escenarios climáticos, A2 y B2, se proyectó la producción entre 2006 y 2100, que se muestra en el gráfico 19. Como se observa, la producción tendería a disminuir en los años siguientes, en mayor medida ante un escenario más cálido como el A2.

Los efectos económicos que resultarían de esta evolución en la producción se presentan en el cuadro 28. Hacia 2100 los costos económicos acumulados, en términos del PIB de 2007, serían cercanos a 1% del PIB ante una tasa de descuento de 2%, pero podrían ser mayores si la tasa de descuento es menor.

GRÁFICO 19
COSTA RICA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL FRIJOL
A PARTIR DEL ESCENARIO A2



COSTA RICA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL FRIJOL A PARTIR DEL
ESCENARIO B2



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 28
COSTA RICA: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA
PRODUCCIÓN DEL FRIJOL COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007

Año	A2				B2			
	R				r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,13	0,12	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07	0,05
2030	0,22	0,19	0,15	0,10	0,18	0,15	0,12	0,08
2050	0,45	0,32	0,22	0,12	0,40	0,28	0,18	0,10
2070	0,77	0,46	0,27	0,13	0,73	0,42	0,23	0,10
2100	1,72	0,75	0,33	0,13	1,27	0,59	0,27	0,10

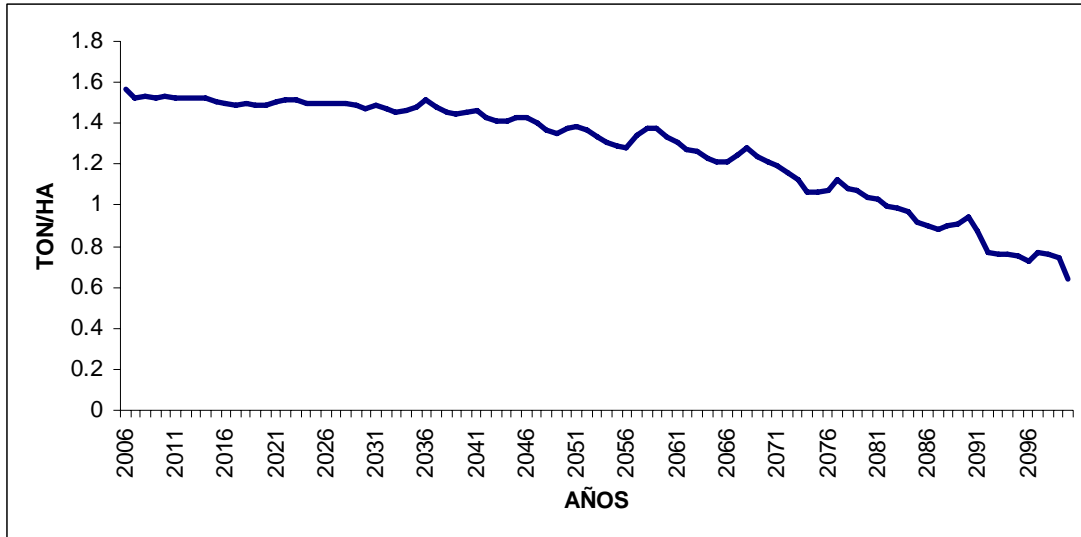
Fuente: Elaboración propia.

Nota: r significa tasa de descuento.

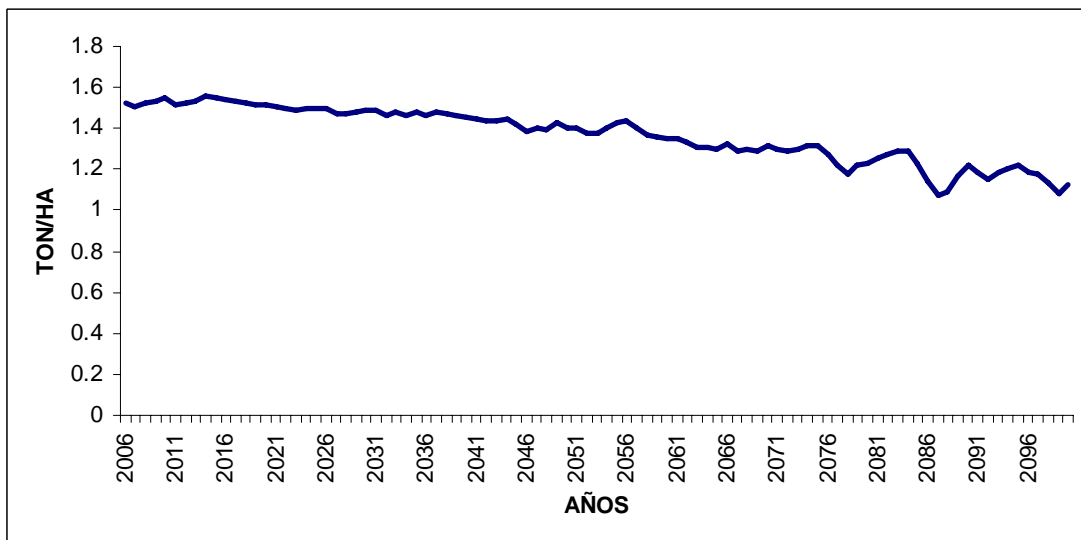
En el gráfico 20 se presentan las proyecciones para el café, basadas en los dos escenarios climáticos (A2 y B2) y en la especificación 4'' del cuadro 20. Como ahí se muestra la producción de este cultivo tendería a caer en los siguientes años. Al igual que en los casos anteriores, el escenario A2 predice caídas mayores.

Los costos económicos acumulados hacia 2100 que se predicen serían de entre 3% y 4% del PIB en ambos escenarios con una tasa de descuento de 2%. (Véase el cuadro 29.)

GRÁFICO 20
COSTA RICA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL CAFÉ
A PARTIR DEL ESCENARIO A2



COSTA RICA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL CAFÉ A PARTIR DEL
ESCENARIO B2



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 29
COSTA RICA: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA
PRODUCCIÓN DEL CAFÉ COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007

Año	A2				B2			
	r				r			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,57	0,51	0,44	0,34	0,49	0,45	0,39	0,32
2030	0,99	0,82	0,65	0,44	0,94	0,78	0,63	0,43
2050	2,16	1,52	1,01	0,54	2,08	1,46	0,97	0,53
2070	4,11	2,38	1,31	0,58	3,68	2,17	1,22	0,56
2100	9,57	4,04	1,67	0,60	6,93	3,17	1,44	0,57

Fuente: Elaboración propia.

Nota: r significa tasa de descuento.

3. Proyecciones e impactos sobre el ingreso de alquiler de la propiedad

En esta sección se emplean los resultados de las regresiones estimadas anteriormente para los modelos de regresión utilizados en el enfoque Ricardiano y que se presentaron en el cuadro 30 con el objetivo de explorar de qué manera los cambios futuros en el clima pueden afectar el ingreso por renta de la propiedad de los hogares rurales de Costa Rica. Los resultados muestran que los valores del ingreso por renta de la propiedad varían a lo largo de los distintos municipios costarricenses. Los efectos marginales estimados muestran que un pequeño cambio en la temperatura media anual afecta negativamente al ingreso por renta de la propiedad de los hogares rurales de Costa Rica. Con este ejercicio, se pretende explorar la magnitud de los impactos cuando los cambios climáticos se manifiesten en años venideros. Para ello, las estimaciones asumen que el resto de las condiciones se mantienen constantes, pues se busca aislar el efecto del cambio climático sobre el ingreso por renta de la propiedad mediante las variables temperatura y precipitación. Al respecto, es preciso señalar que no se han tomado en cuenta los cambios probables en precios, población, inversión o tecnología.

Las proyecciones empleadas consideran un escenario climático de precipitación acumulada y temperatura media anual para los municipios costarricenses. El modelo empleado para predecir las anomalías del clima en años futuros es el Miroc de alta resolución bajo el escenario A1B. En este sentido, para evaluar el efecto futuro del clima sobre el ingreso por renta de la propiedad se han considerado como puntos de referencia los años 2020, 2030, 2050, 2070 y 2095.

La temperatura promedio anual y la precipitación acumulada anual históricas que se consideran como base de referencia son 22.43°C y 2842.54mm, respectivamente. Aunque es importante comentar que la distribución de los cambios en temperatura y precipitación varían a lo largo de los municipios de Costa Rica. Para realizar nuestras predicciones se han considerado los coeficientes de los modelos de regresión comentados anteriormente. Inicialmente, se calcula el valor esperado del ingreso por renta de la propiedad para cada hogar y posteriormente se estima el impacto total promedio para 2020, 2030, 2050, 2070 y 2095; tal como se indica en la ecuación 7 del capítulo de metodologías empleadas en este estudio.

En el cuadro 30 se presenta el monto del ingreso por renta de la propiedad estimado junto con la variación porcentual, respecto al monto promedio actual, lo anterior para cada uno de los años de corte mencionados. Podemos observar que el impacto promedio esperado hacia el futuro es negativo, previendo una disminución gradual en el ingreso por renta de la propiedad para los distintos periodos, justo como se observó anteriormente en los efectos marginales estimados.

En las proyecciones del modelo I, para 2020 se encuentra que un aumento de la temperatura media anual de 1,42°C y una disminución de la precipitación acumulada de 32.10mm, en relación a los valores medios históricos, implican una disminución de medio punto porcentual del ingreso por renta de la propiedad, mientras que el modelo II, que incluye variables por tipo de suelo, predice una baja del orden de 2,3%.

CUADRO 30
IMPACTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL INGRESO
POR RENTA DE LA PROPIEDAD DE HOGARES RURALES
COSTARRICENSES¹⁵

Año	Modelo I	Modelo II
	Ingreso por renta de la propiedad actual y futuro (dólares anuales)	
2006	111,1	111,1
2020	110,6 (-0,5%)	108,5 (-2,3%)
2030	111,7 (0,5%)	108,7 (-2,2%)
2050	110,7 (-0,4%)	106,7 (-4,0%)
2070	112,3 (1,1%)	104,9 (-4,2%)
2095	112,2 (0,99%)	104,9 (-5,6%)

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2050 observamos un incremento de la temperatura media anual de 2,79°C y una disminución de 117,41mm en la precipitación acumulada. Estos cambios implican una disminución de 2,2% en el modelo II. El modelo I no captura el efecto de interrelación entre las variables de suelo, las variables de precipitación acumulada y las variables de temperatura, y por ello podríamos tener una estimación sesgada para el cambio porcentual en el ingreso por renta de la propiedad en 2050.

¹⁵ Los impactos son cambios en el ingreso por renta de la propiedad (dólares). Los cambios porcentuales respecto al año base se encuentran entre paréntesis.

Asimismo, para el año 2095 se presenta un aumento de la temperatura media anual de 5,25°C y una baja de la precipitación acumulada de 568mm, en relación a los valores medios históricos, lo anterior conlleva a una disminución de 5,6% del ingreso por renta de la propiedad en el modelo II.

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 el ingreso por renta de la propiedad para los municipios de Costa Rica 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 costarricenses.

Sin embargo, es posible recalcar que el efecto negativo en el ingreso por renta de la propiedad, que surge de manera conjunta por el aumento en la temperatura media anual y la baja en la precipitación acumulada anual se refleja a lo largo del territorio costarricense.

a) Reflexiones preliminares de la aplicación del enfoque ricardiano

El análisis efectuado a partir de los modelos base empleados revelan, bajo un nivel de confianza alto, que el ingreso por renta de la propiedad en Costa Rica es sensible al clima, ya que un incremento marginal en la temperatura promedio anual y una disminución en la precipitación acumulada anual reducen el ingreso por renta de la propiedad de los hogares rurales hasta en 6,2 dólares, aproximadamente.

El presente estudio también considera los impactos de futuros cambios en el clima, los cuales nos muestran un escenario desalentador para el ingreso por renta de la propiedad en Costa Rica. Los impactos de las proyecciones futuras predicen efectos negativos que van desde el 0,5% hasta cerca del 6% del ingreso por renta de la propiedad. De manera adicional, es posible observar que estos efectos muestran una dispersión considerable a través de las distintas regiones de Costa Rica.

Si bien es cierto que este trabajo no toma en cuenta la posible adaptación que los individuos puedan experimentar ante las variaciones de temperatura y precipitación, resulta importante subrayar el mensaje de impacto negativo atribuible a estas variables climáticas y es así una llamada de atención que debe ser tomada en consideración para desarrollar e implementar las medidas de política necesarias y adecuadas para enfrentar los efectos adversos de las variaciones climáticas sobre el sector rural de los hogares costarricenses.

FIGURA 2
DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE EL INGRESO POR ALQUILER DE LA PROPIEDAD PARA EL AÑO 2020

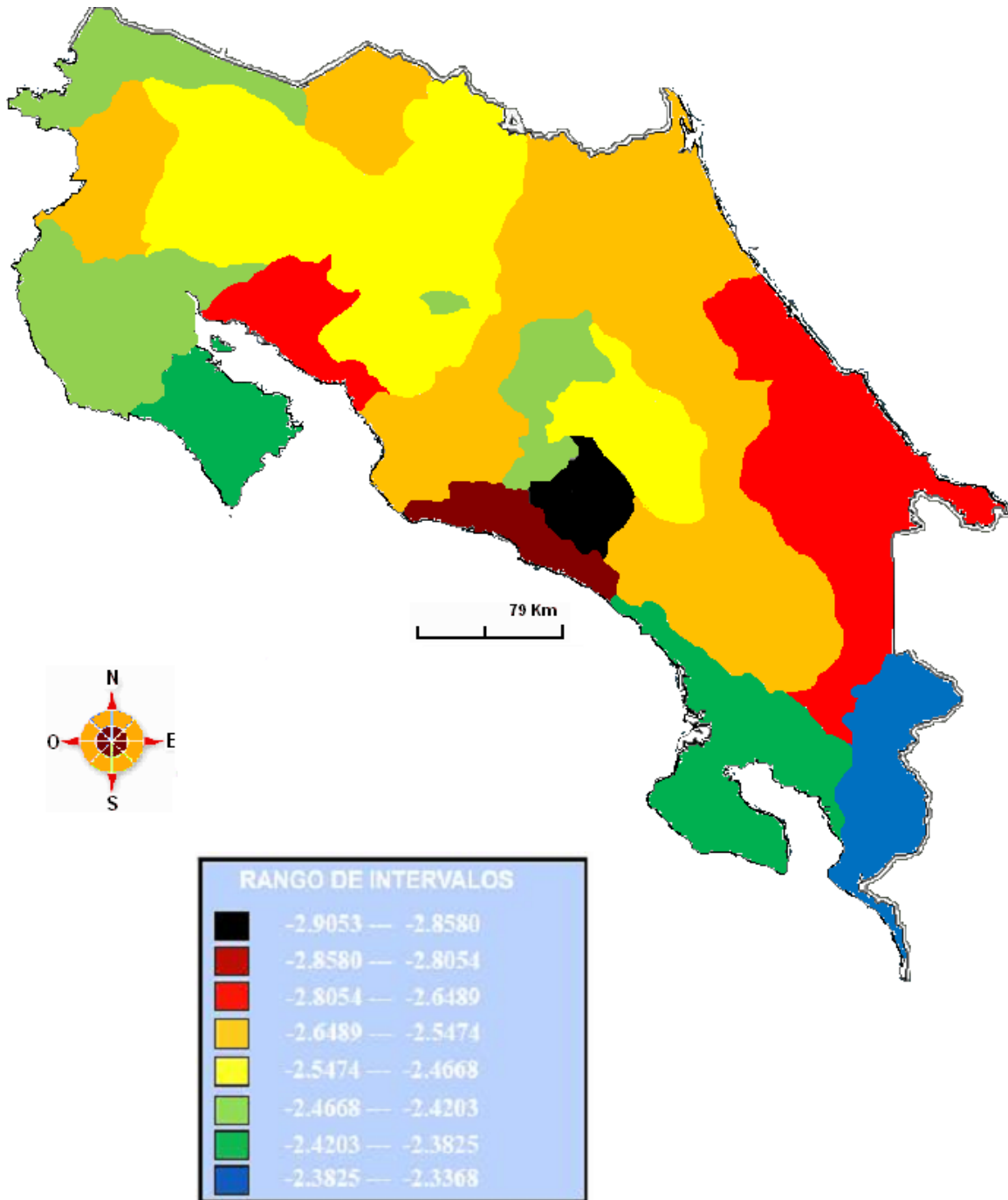


FIGURA 3
DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE EL INGRESO POR ALQUILER DE LA PROPIEDAD PARA EL AÑO 2050

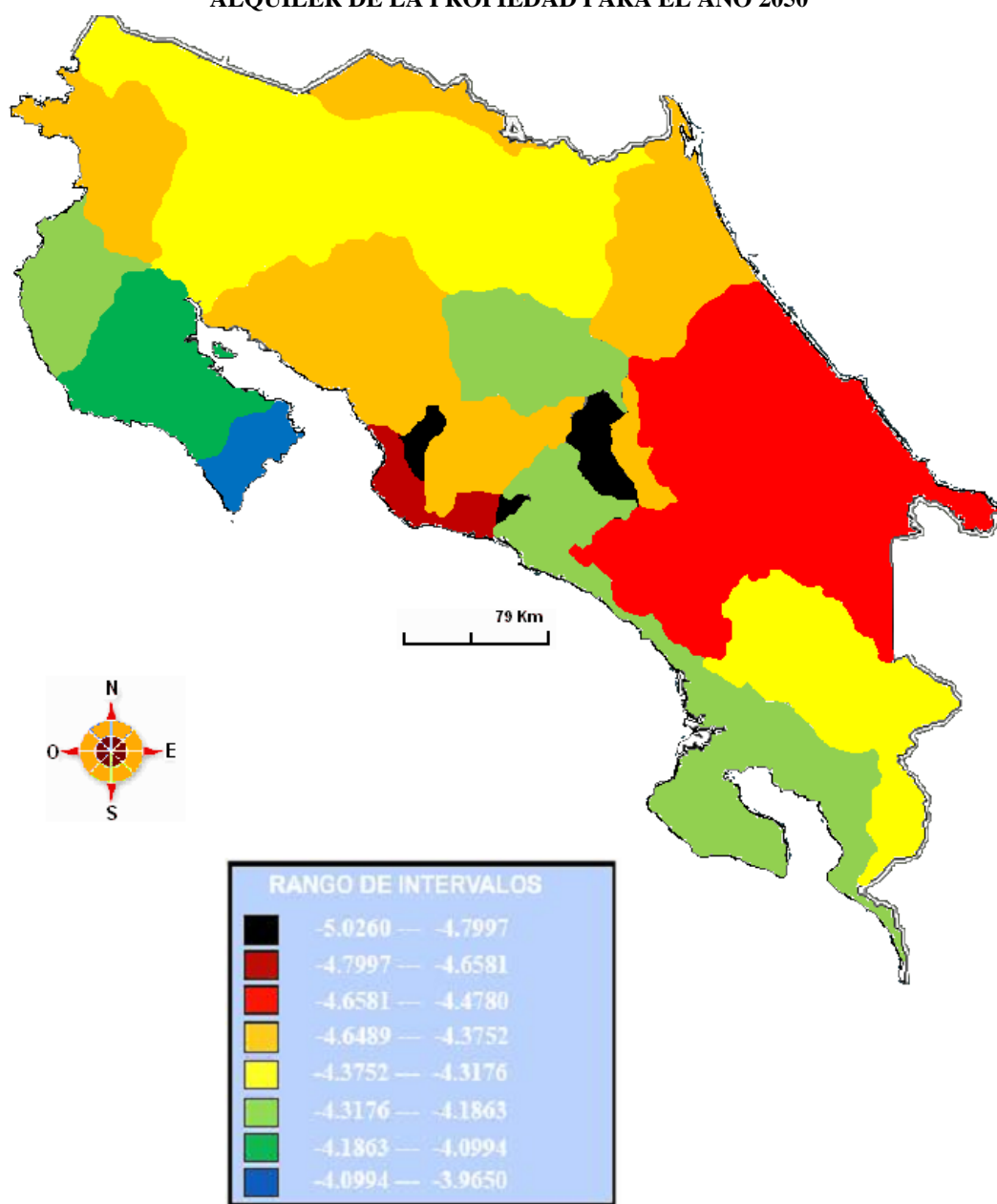
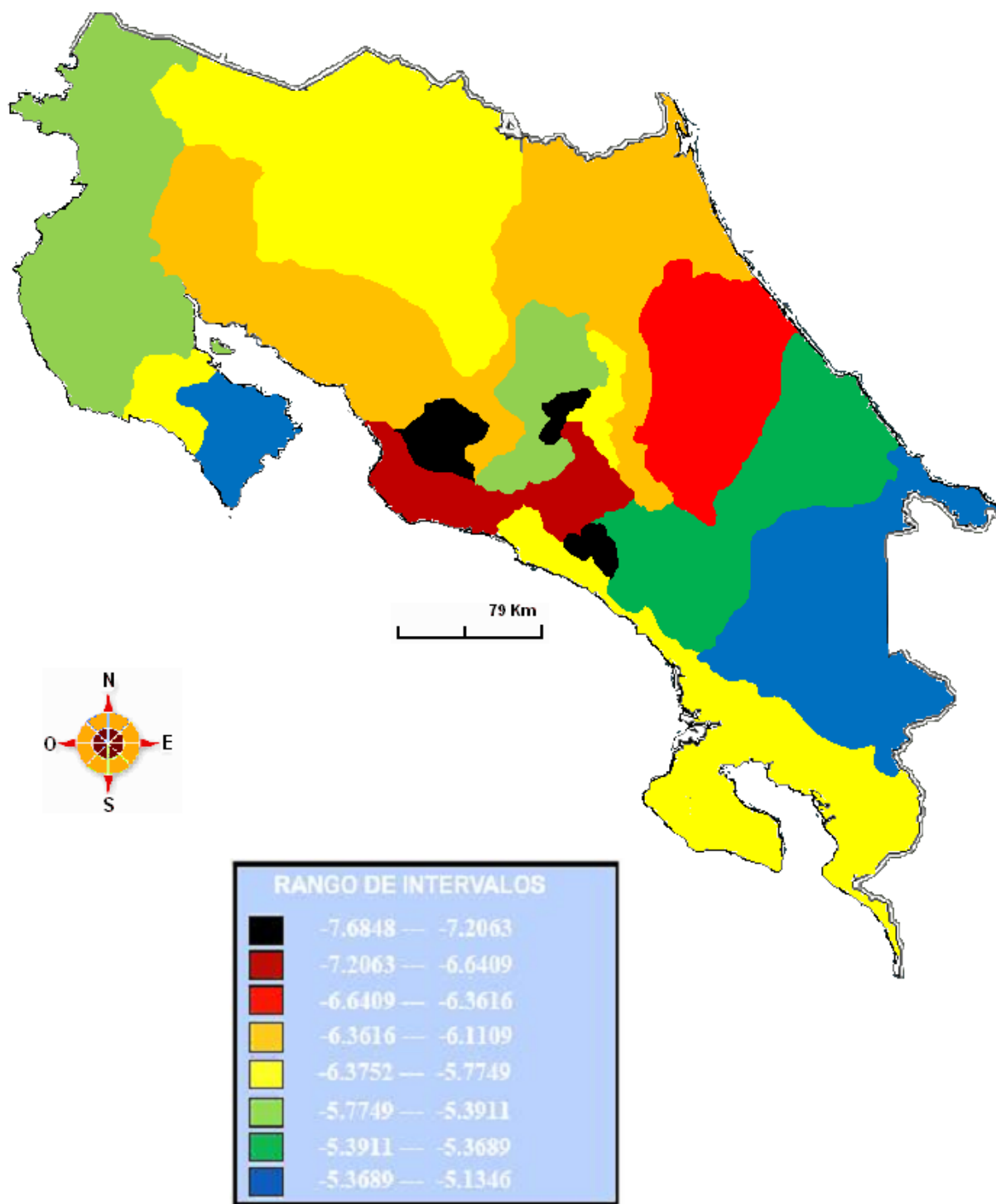


FIGURA 4
DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE EL INGRESO POR ALQUILER DE LA PROPIEDAD PARA EL AÑO 2095



VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se analizaron algunos de los efectos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario de Costa Rica. En particular se estudiaron los impactos sobre la producción del sector agropecuario en su conjunto, sobre los subsectores pecuario y cultivos en su conjunto, e individualmente sobre los cultivos de maíz, frijol y café. También se examinaron los efectos sobre el ingreso proveniente de la renta de la propiedad de los hogares rurales costarricenses.

Los resultados muestran que el cambio climático está teniendo ya efectos adversos sobre la producción de algunos cultivos. La temperatura que permite lograr los mayores rendimientos en la producción de maíz, frijol y café es probable que ya haya sido rebasada por lo que los climas más cálidos tenderían a reducir la producción de estos tres cultivos.

Aunque es probable que con el cambio climático existan efectos benéficos sobre algunos cultivos y plantas, sobre todo aquéllos que requieren mayores niveles de temperatura, en general a largo plazo, algunos sectores serían afectados, tal es el caso del pecuario y de todos los cultivos en su conjunto. Con esto, todo el sector agropecuario en su conjunto vería reducir su producción en virtud de que el nivel de temperatura que permite obtener los niveles óptimos es probable que también ya haya sido rebasado.

Las ganancias agrícolas se verían reducidas. Ante el incremento de una unidad en la temperatura media anual se presentaría una reducción en el ingreso recibido por concepto de alquiler de alrededor de 1,30 dólares mensuales, lo que equivale a una disminución del 1,2% en los ingresos que provienen del alquiler de la propiedad, este decremento se agudiza si se considera a los hogares rurales en deciles más bajos. Para los hogares rurales que se encuentran en los primeros ocho deciles del ingreso por alquiler de la propiedad se estima una caída cercana al 2%. Los impactos de las proyecciones futuras predicen efectos negativos que van desde el 0.5% hasta cerca del 6% del ingreso por renta de la propiedad. De manera adicional, es posible observar que estos efectos muestran una dispersión considerable a través de las distintas regiones de Costa Rica.

Como resultado de los cambios en la producción agropecuaria, en caso de no tomarse medidas, hacia 2100 las pérdidas acumuladas serían cercana a 4% del PIB de 2007 ante una tasa de descuento de 4%, y podrían ser aún mayores, entre 8% y 12% del PIB si la tasa de descuento fuera de 2%.

Si bien en el presente estudio hay elementos que no fue posible incluir en el análisis; los resultados son muy consistentes y muestran la necesidad de actuar oportunamente a través de mecanismos que impidan que las pérdidas sobre el sector puedan llegar a ser de las magnitudes que aquí se muestran. Será importante adoptar medidas que permitan aminorar las causas del cambio climático, pero más importante quizás, que se establezcan medidas de adaptación. El agrícola al ser un sector estratégico tendrá que tener importancia prioritaria en las medidas que se tomen.

La productividad del sector agropecuario en general es baja y podría serlo aún más ante los efectos que el cambio climático traerá, por ello es importante que se incrementen y destinen de forma eficiente los recursos hacia el campo. Un estudio reciente coordinado por la CEPAL, el BID y el IFPRI y elaborado por Celis (2008) muestra evidencia de que las inversiones en infraestructura rural tienen efectos sobre los ingresos de los hogares al permitirles desarrollar un mayor número de actividades laborales y destinar un mayor número de horas a dichas actividades, por lo que la productividad del sector podría incrementar.

También, será importante fomentar mecanismos que permitan que el crédito crezca de forma sostenida y que se atraigan mayores inversiones.

Un factor que será importante para elevar la productividad del agro es el capital humano. Aunque se han logrado avances en ese sentido, tal como la disminución de la pobreza en los últimos años, será importante reforzar las políticas orientadas a lograr que el factor trabajo sea más productivo. Como aquí se muestra, dicho elemento es muy relevante en la producción agropecuaria.

La aplicación de mecanismos de adaptación permitirá contener en cierta medida los impactos del cambio climático, por ello será importante fomentar la investigación a fin de aprovechar la tecnología aplicada en otros países o en algunas regiones de Costa Rica, 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. También se pueden emplear tecnologías para la conservación de los suelos, la retención de humedad y la reducción de riesgos de desastres.

Otro mecanismo que se puede emplear a fin de reducir los riesgos climáticos es el desarrollo de mercados de riegos tales como los *futuros* y los seguros agrarios. En el Plan Nacional de Alimentos se contempla aumentar la cobertura de los seguros de cosechas, destinando 4.000 millones de colones (Consejo Nacional de Producción, 2008).

Es importante que las medidas que se apliquen se hagan con rapidez y eficiencia; de no ser así se tendrían costos económicos y sociales importantes, los cuáles tendrían un mayor peso en los grupos de menores ingresos.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams Richard, Hurd B, Reailly 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.
- _____, y otros (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.
- Audesirk 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.
- 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>>
- Celis, R. (2008) "Costa Rica: Identificación de la combinación de inversiones públicas más apropiada durante el período de transición hacia la entrada en vigencia del CAFTA", CEPAL, BID, IFPRI.
- 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.
- _____, (2007), *Costa Rica: Evolución económica durante 2006 y perspectivas para 2007* (LC/MEX/L.795), agosto. 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.
- Consejo Nacional de producción (2008), "Plan Nacional de Alimentos" Costa Rica.

- Darwin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J. y Ranese, (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>.
- _____ (2008), "Wood energy" [en línea], organización internacional [fecha de consulta: 30 de junio de 2009] <www.fao.org/forestry/50644/en/>.
- _____ (2009), "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>>.
- Fleischer, A., I. Lichtman y R. Mendelsohn (2007). *Climate Change, Irrigation, and Israeli Agriculture: Will Warming Be Harmful?* World Bank, Policy Research Working Paper, No. 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.
- 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 pp. Disponible en <http://www.germanwatch.org/klima/cri.htm>.
- Gerald, Nelson (International Food Policy Research Institute) (2009), "Agriculture and climate change: An agenda for negotiation in Copenhagen" *IFPRI*
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) (2008), "Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples", 2007.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) (2005), "Potencial productivo agrícola de la región valles de Jalisco", *INIFAP, SAGARPA*.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2007), "Plan para la mitigación de Gases Efecto Invernadero y para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático", (mimeo), 100 pp.

- 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.
- 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, No. 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, No. 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., J. Palutikof, C. Hanson y J. Lowe (2008), "Squaring Up to Reality". *Nature* 2:68-71.
- 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.

- Rosenzweig, C. y M. Parry (1994), Potential Impact of Climate Change on World Food Supply, *Nature*, 367: 133-138.
- 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, No. 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, No. 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.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria) (2008), Información estadística agropecuaria para 2007.
- _____ (2008), Indicadores macroeconómicos agropecuarios, 1998-2007.
- _____ (2008), Balanza comercial, exportaciones e importaciones con cobertura agropecuaria, 2006-2007.
- _____ (2008), Boletín Estadístico Agropecuario número 19.
- Sergendon 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 (2005), “Centroamérica: desafíos y orientaciones estratégicas para el desarrollo agropecuario” en Comercio Exterior Vol. 55 [en línea], México [fecha de consulta: 13 de julio de 2009] <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/79/3/B_Serna.pdf>.
- Smit, B., D. McNabb y J. Smithers (1996), Agricultural Adaptation to Climatic Variation, *Climatic Change*, 33: 7-29.

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