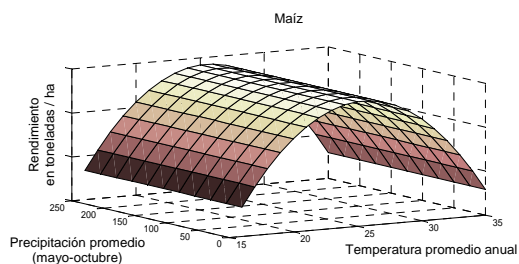
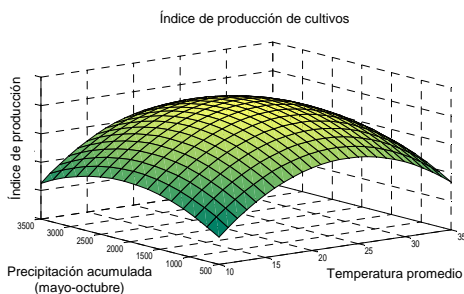
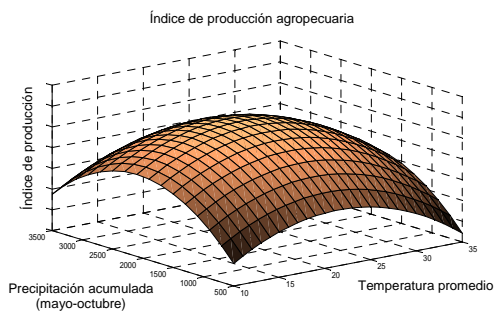


# PANAMÁ

## EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA

Jorge Mora  
Diana Ramírez  
Juan Luis Ordaz  
Alicia Acosta  
Braulio Serna



Este documento fue preparado por Jorge Mora, Diana Ramírez, Juan Luis Ordaz, Alicia Acosta, bajo la supervisión de Braulio Serna, Jefe de la Unidad de Desarrollo Agrícola de la Sede Subregional de la CEPAL en México.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores) y pueden no coincidir con las de la Organización.

---

LC/MEX/L.971

Copyright © Naciones Unidas. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas • México, D. F. • Agosto • 2010-035

---

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
I. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	5
1. Estudios sobre los impactos del cambio climático en Centroamérica .....	10
2. Estudios sobre los impactos del cambio climático en Panamá .....	12
II. EL SECTOR AGROPECUARIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	15
1. La contribución del agro y el medio rural a la economía panameña .....	15
2. Servicios ambientales .....	20
3. Panamá ante el cambio climático .....	21
III. METODOLOGÍAS .....	24
1. Enfoque de la función de producción .....	25
2. Enfoque Ricardiano .....	26
IV. EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO .....	29
1. Impacto en las funciones de producción agropecuaria .....	29
2. Impacto sobre la producción de maíz, banano y arroz .....	38
3. Impacto sobre el valor de la tierra. Datos y resultados del enfoque Ricardiano: El caso de Panamá .....	44
V. LOS ESCENARIOS FUTUROS: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO.....	50
1. Impactos económicos sobre la producción agropecuaria .....	50
2. Impactos económicos sobre los rendimientos de maíz, banano y arroz .....	54
3. Proyecciones e impactos sobre el valor de venta de las parcelas .....	58
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	62
BIBLIOGRAFÍA .....	64
ANEXOS .....	67
I. Escenarios climáticos .....	68
II. Impacto en las funciones de producción agropecuarias .....	69
III. Impacto sobre los rendimientos de maíz, banano y arroz.....	69

## RESUMEN

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

El objetivo del presente documento es examinar los impactos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario panameño. A lo largo del documento se discuten los resultados obtenidos acerca de los efectos en el sector considerando variaciones en la temperatura y precipitación. Básicamente, el análisis se centra en explicar los impactos que el cambio climático podría generar sobre la producción agropecuaria y sobre los ingresos producidos por concepto de venta de la tierra.

Los resultados obtenidos a partir de los índices de producción agropecuaria y de cultivos señalan que a mayores niveles de precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre originarían beneficios positivos sobre el sector debido a que el nivel que permite obtener la máxima producción aún no se había alcanzado en 2005. También es importante indicar que de experimentar disminuciones en la precipitación acumulada los efectos serían contrarios, es decir, los niveles de producción en ambos índices disminuirían. Asimismo, los ejercicios de sensibilidad realizados con los índices de producción agropecuaria, de cultivos y pecuaria, muestran que el calentamiento global ha generado que la temperatura registrada en 2005 no sea la más adecuada para crear efectos positivos a esta actividad, por el contrario, es posible apuntar que cada aumento marginal de la misma se traduciría en pérdidas para el sector en su conjunto.

Examinando los resultados a nivel de cultivos, es posible observar que en el caso del maíz, el arroz y el banano, la temperatura óptima que permitiría generar mayores rendimientos a los productores se ha rebasado, es decir, que de mantenerse los incrementos en la temperatura los rendimientos en estos cultivos sufrirían pérdidas considerables; lo anterior nos hace sugerir la intervención del gobierno con el objetivo de generar, mediante programas y proyectos, condiciones propicias para enfrentar de manera inmediata los efectos del cambio climático futuro. En lo que respecta a la precipitación, los ejercicios de sensibilidad muestran que para el maíz y el arroz sería posible obtener mejores rendimientos si los niveles de precipitación fueran menores a los registrados en 2006 en el territorio panameño.

Los hallazgos con respecto a la renta de la tierra sugieren que los hogares panameños son muy susceptibles a sufrir los estragos derivados del cambio climático. Por ejemplo, un aumento marginal en la temperatura promedio anual ocasionaría una reducción en el valor de venta de la parcela cercano a los 2.400 dólares. Análogamente, un incremento marginal en la precipitación acumulada anual ocasionaría también una disminución en el valor de venta de la parcela cercano a los 10 dólares en el peor de los escenarios. Las proyecciones sobre los impactos futuros pronostican efectos negativos considerables que podrían estar en el orden del 90% del valor de venta actual de las parcelas propiedad de los hogares rurales.

La literatura existente a la fecha muestra que los efectos del cambio climático podrían ser diferentes entre países y más aún dentro de sus propias regiones. En el caso del territorio panameño, al

---

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

considerar los pronósticos para el año 2100 y considerando una tasa de descuento de 2% los resultados muestran que las pérdidas podrían estar entre 18% y 19% del PIB, dependiendo del escenario climático que se considere. Una interpretación al respecto sugiere que a pesar de que en el corto plazo el sector podría verse incentivado, en el largo plazo se generarían daños severos y pérdidas de suma importancia para el sector.

De acuerdo con las estimaciones realizadas en este trabajo, es posible afirmar que los efectos en el agro panameño ocasionados por el calentamiento global han sido y serán cuantiosos en varios sentidos: disminuciones notables en la producción de los cultivos, en sus rendimientos y por ende en los ingresos de la población que depende de la actividad agrícola, ello sin considerar otro tipo de efectos negativos, tales como pérdidas humanas e insumos agrícolas que no se consideraron en el estudio. De esta forma, al ser Panamá un país con dependencia de esta actividad económica, es muy importante señalar la trascendencia que tienen y tendrán las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, debido a que, de no generarlas, se podría poner en serio riesgo el desarrollo y la subsistencia de las pequeñas poblaciones rurales que están subordinadas al sector. Dadas estas premisas, es necesario advertir con carácter urgente que el gobierno de Panamá deberá unir esfuerzos en materia ambiental y económica para generar y aplicar políticas públicas que ayuden al sector a protegerse de los estragos negativos del cambio climático.

## INTRODUCCIÓN

Las actividades que el ser humano ha realizado en su afán de satisfacer sus necesidades económicas, ya sea consciente o inconscientemente, han ocasionado la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), entre los que destacan el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (NO<sub>2</sub>). Estos gases han causado un aumento sustancial en la temperatura promedio del planeta. Sin embargo, recientemente se ha alertado públicamente sobre la idea de que la liberación de este tipo de gases se ha acelerado en los últimos dos siglos y tal situación se ha agravado, a tal grado, que los últimos 50 años (1950-2006) han sido los más cálidos, debido a que se han registrado las temperaturas más altas de la superficie mundial desde 1850.

Las opiniones también señalan que la presencia de estos gases combinados con el crecimiento de la población mundial y la pobreza de muchas áreas en el mundo, está y podría seguir provocando severos impactos negativos sobre varios sectores sociales y económicos. Así, por ejemplo, las economías más susceptibles de sufrir los estragos de este fenómeno son las que se encuentran en etapa de desarrollo y aquellas que se localizan cerca del ecuador y con latitudes bajas, donde las temperaturas tienden a ser más elevadas (Mendelsohn y otros, 2001). Otra situación importante es que los efectos del cambio climático serán distintos entre las diferentes regiones del planeta e incluso a nivel de zonas localizadas de los mismos países, pero, en mayor o menor medida, todos los lugares sufrirán las consecuencias de los cambios climatológicos. Obviamente, los más afectados serán los más pobres, a pesar de que son los que menos han contribuido a las causas de este fenómeno. Diversos estudios han estimado que sobre los países en vías de desarrollo recaerá aproximadamente entre 75% y 80% del costo de los daños provocados por la variación del clima (Banco Mundial, 2009).

Entre las actividades productivas afectadas más seriamente se encuentran la agricultura, la ganadería y, en general, aquellos sectores vinculados a éstas, pues se espera que el cambio climático genere (como consecuencia de las variaciones en las temperaturas, precipitaciones pluviales y deshielo en los glaciares) eventos climáticos extremos, las estaciones cambiantes, así como variaciones importantes en la disponibilidad de recursos naturales.

La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático, ya que las temperaturas más altas tienen un impacto directo sobre los rendimientos de cultivos y mayores precipitaciones podrían generar más hierbas y plagas dañinas para los mismos. Por lo anterior, los cambios en los patrones de las precipitaciones a corto plazo representarían pérdidas de cosechas, y en el largo plazo, una disminución en la producción. Cabe aclarar, no obstante, que es muy probable también que genere ciertas ganancias en algunos cultivos específicos y regiones del mundo. Sin embargo, se espera que los impactos globales del cambio climático en la agricultura sean negativos, amenazando la seguridad alimentaria mundial. Es probable que las poblaciones en desarrollo, que ya son vulnerables y que sufren inseguridad alimentaria, sean las más afectadas, ya que, por ejemplo en 2005, casi la mitad de la población económicamente activa (PEA) vivía en países en vías de desarrollo y podría ser el sector mayormente afectado (IFPRI, 2009<sup>a</sup>).

Cabe mencionar que la actividad agropecuaria ha contribuido en buena medida en este problema debido a que aporta alrededor del 13,5% de las emisiones anuales de los GEI, cifra superior si la comparamos con el 13,1% del transporte. Al mismo tiempo, la agricultura podría ser parte de la solución debido a que ofrece oportunidades prometedoras para la mitigación de las emisiones de GEI, a través de la disminución en las emisiones de carbono, manejo de suelos y la producción de biomasa.

Por ello, la agricultura es, y debe ser, una de las áreas incluida en las negociaciones internacionales sobre cambio climático, tales como la 15ª Conferencia de las Partes (COP 15) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) celebrada en Copenhague en diciembre de 2009, de tal manera que permita dar resultados positivos en cuanto a generación de políticas públicas para enfrentar el cambio climático. En caso contrario, se podrían poner en peligro las comunidades agrícolas más pobres y los pequeños agricultores en muchos países en desarrollo. Las políticas enfocadas al agro también son necesarias para permitir que los pequeños agricultores puedan participar en nuevas oportunidades económicas que podrían derivarse de dichas negociaciones (IFPRI, 2009b).

Los países de América Latina y, en particular, alguno de la región del Istmo Centroamericano tienen dos peculiaridades importantes que se relacionan con lo mencionado hasta ahora; la primera de ellas es que se caracterizan por depender fuertemente de la agricultura y, en segundo lugar, están gravemente expuestos a sufrir los efectos del calentamiento global debido a que su territorio se identifica por ser una pequeña franja angosta y rodeada por los océanos Pacífico y Atlántico, lo cual lo hace más susceptible a sufrir sequías, huracanes y deslizamientos frecuentes. En el caso particular de Panamá, además de ser dependiente de la agricultura, la pobreza extrema es otro grave problema y, por tanto, se esperaría que esta nación pudiera ser afectada de manera considerable por el cambio climático.

El presente trabajo pretende proporcionar algunas evidencias de los efectos que el cambio climático está generando y podría originar en la economía de Panamá. Para cumplir este objetivo, el documento está organizado de la siguiente forma: en el capítulo I se presenta una revisión de la literatura sobre algunos trabajos relacionados con los vínculos que guarda el cambio climático y la agricultura, incluyendo estudios de algunos países del mundo y de la región centroamericana; asimismo, se discuten las metodologías utilizadas en cada uno de ellos. En el segundo capítulo se muestra un panorama general sobre la situación actual del sector agropecuario y las estrategias adoptadas ante el cambio climático en Panamá. Los enfoques usados para estudiar los efectos del cambio climático son expuestos en el capítulo III, mientras que en el IV se estudian los posibles efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria, en particular aquellos cultivos más importantes en el país y, sobre los ingresos de los agricultores panameños. En el quinto capítulo se analizan los efectos económicos que el cambio climático originaría en la producción y en los ingresos de los agricultores y en el capítulo VI, se presentan las conclusiones y algunas recomendaciones que surgen a la luz del presente estudio.

## I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A lo largo de este apartado se discutirán los hallazgos encontrados en la literatura sobre los efectos del cambio climático en el agro de diversos países, poniendo un especial énfasis en los de la región centroamericana. Asimismo, se analizarán las diferentes metodologías usadas en la estimación de impactos al sector.

Los enfoques generalmente adoptados para calcular los efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario pueden resumirse en dos familias: espaciales y estructurales (McCarl y otros, 2001; Molua y Lambi, 2007 y Schimmelpfennig y otros, 1996). El primer método se caracteriza por observar la producción agrícola y el clima de las regiones y a partir de ello se estiman las diferencias, en tanto que el enfoque estructural mezcla las respuestas económicas proporcionadas por los productores agrícolas y las físicas de los cultivos. El uso de ambas técnicas puede permitir la generación de estudios mucho más integrales a partir de la complementariedad que existen entre una y otra.

Como hemos mencionado, la metodología seguida por el enfoque espacial permite determinar los efectos del cambio climático en el sector agropecuario a través de los contrastes encontrados entre las variables de la tierra, la producción agrícola y aquellas variables regionales que impliquen algún costo climático sobre el sector agropecuario. Este tipo de modelos se caracterizan por tomar como punto de partida los siguientes enfoques: Ricardianos (Mendelsohn y otros, 1994), los modelos de Equilibrio General Computable (CGE, por sus siglas en inglés) y modelos de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Una de las ventajas de este tipo de modelaciones es que permiten identificar los diferentes patrones espaciales de la producción usando alguna técnica estadística que ayude a comprender los posibles cambios existentes. Así, por ejemplo, si se quisieran estudiar los aumentos probables en la temperatura del planeta, el enfoque espacial sería buena herramienta para ayudar a comprender el por qué las regiones que poseen climas más fríos podrían adaptarse a las prácticas seguidas en regiones más cálidas y sus implicaciones. Uno de los supuestos de este tipo de modelos asume que las personas tienen la disposición y la capacidad de adoptar las prácticas y los cultivos prevalecientes en las regiones más cálidas.

La realización de este tipo de modelos son dependientes, en gran medida, de la disponibilidad de información y de la representatividad de la misma con respecto a las unidades geográficas, así como del soporte que puedan ofrecer las técnicas estadísticas para garantizar el aislamiento de los efectos que se pretendan medir; de esta manera, se podrían evaluar los efectos del cambio climático de unidades geográficas pequeñas, considerando variables importantes, tales como la calidad de la tierra.

Otra particularidad de este tipo de enfoques es que consideran que los ajustes biológicos, físicos y económicos impuestos por el cambio climático a plantas, cultivos y agricultores se realizan de manera automática. Este supuesto, hace innecesario modelar las conductas adaptativas de plantas, cultivos y agricultores que se relacionan con los costos de ajuste en el corto y mediano plazos, y basta considerarlas en el largo plazo. De esa forma es posible estimar en una segunda etapa los efectos del clima en la variable económica de interés de cierto tipo de cultivo. Los modelos inscritos dentro del enfoque espacial son variados. Sin embargo, el modelo Ricardiano ha adquirido una popularidad muy especial, pues afirma que en mercados competitivos, el valor de la tierra representa el valor presente de los ingresos netos esperados, derivados del uso eficiente de la tierra. En este sentido, mediante técnicas de regresión, el modelo Ricardiano emplea información desagregada y calcula los efectos de variaciones en el clima, de factores económicos y de factores no económicos en el valor de la tierra agrícola.



Durante los últimos años ha surgido una gran variedad de investigaciones que abordan los efectos del clima en el sector agropecuario. De esta manera, Mendelsohn y otros (1994) analizaron el efecto del cambio climático en valor neto de la tierra agrícola en Estados Unidos, para ello emplearon información de corte transversal a nivel de condados. Los hallazgos encontrados señalan que las mayores temperaturas a lo largo del año (excepto en la temporada de otoño), tienen un efecto negativo en los valores promedio de las tierras. Otro estudio que usó datos a nivel de condado en Estados Unidos fue Schlenker y otros (2006), estos autores utilizaron los indicadores climáticos, características del suelo y condiciones socioeconómicas como variables independientes; los resultados mostraron que el calentamiento global ocasiona pérdidas de ganancias que van de moderadas a grandes para los diferentes condados estadounidenses.

Por su parte, Maddison y otros (2007) generaron un modelo Ricardiano en once países africanos y definieron la percepción individual de los agricultores con relación al valor de la tierra como variable dependiente. Ellos hallaron que para el año 2050 algunos países africanos sufrirán pérdidas importantes en la producción agrícola. Paralelamente, Molua y Lambi (2007), estudiaron en 800 granjas agrícolas de Camerún los vínculos entre el clima y la ganancia neta de los cultivos, los resultados encontrados sugieren que la ganancia neta disminuye a medida que la precipitación decrece y la temperatura aumenta. Otra investigación importante al respecto es la de Mendelsohn y otros (2001), los autores emplearon el modelo Ricardiano para comparar la sensibilidad al cambio climático que podría sufrir Estados Unidos *versus* la India. Las estimaciones hechas proponen que la función Ricardiana de la India es mucho más sensible a sufrir los efectos negativos del calentamiento global que la función correspondiente a Estados Unidos. Como era de esperarse, encontraron evidencia de que el nivel de desarrollo tiene un efecto importante en la sensibilidad al cambio climático.

Esta situación pone de manifiesto que si el cambio climático ocurriera hoy, los productores agrícolas de países con climas cálidos y en vías de desarrollo serían los más afectados; no obstante, si este grupo de países iniciaran lo más pronto posible la generación de políticas públicas de adaptación al cambio climático, sus sistemas agrícolas podrían sufrir mejoras importantes y con ello los estragos negativos del cambio climático podrían minimizarse.

Asimismo, un estudio hecho en Sri Lanka (Seo y otros, 2005) encuentra que los incrementos en el nivel de temperatura afecta de manera negativa los niveles de ingreso neto de los productores agrícolas y una mayor precipitación los afecta de manera positiva. Trasladando estas consideraciones a escenarios climáticos y haciendo proyecciones para el año 2100, se obtuvo un rango de efectos que pueden ir desde una pérdida de 20% hasta una ganancia de 72% del valor actual de la tierra; los resultados más desalentadores (de pérdidas) se encontraron con simulaciones en las cuales los cambios en la temperatura son considerables, en tanto que los impactos positivos de incrementos en la precipitación no alcanzan a compensar tales pérdidas.

Al utilizar información municipal para Brasil y a nivel de condados para Estados Unidos, Mendelsohn y otros (2007) encontraron evidencias acerca de la importante influencia que tiene el cambio climático en la productividad agrícola y, consecuentemente, sobre el ingreso rural. El modelo Ricardiano usado permitió deducir los efectos que tiene un incremento de 10% en la temperatura sobre el valor de la tierra en Estados Unidos y Brasil; los efectos más severos son para el país sudamericano, el cual sufre una reducción de 33% en el valor de la tierra, mientras que Estados Unidos tan sólo de 13%. Otro efecto que midieron a partir de la simulación hecha fue sobre el ingreso rural; en este sentido, las pérdidas representarían mermas de 0,16% en el ingreso rural de Estados Unidos y 5,5% en el caso de Brasil. Estos hallazgos ponen en claro la trascendencia que tiene y tendrá en los años futuros el cambio climático como

determinante de los niveles de pobreza al considerar que el valor de la tierra y el ingreso neto agrícola son determinantes directos de los niveles de ingreso por habitante rural.

En el caso de región sudamericana, los argumentos anteriores también pueden ser aplicados debido a que Mendelsohn y Seo (2007), usando datos para 2.000 granjas en siete países de esta región, encontraron evidencia empírica sobre la sensibilidad que tiene el valor de la tierra a los cambios climáticos, así por ejemplo, los aumentos en temperatura afectaron negativamente el valor de la tierra, mientras una mayor precipitación ocasiona aumentos en el flujo de ingresos futuros de los productores. Por otra parte, bajo un escenario climático bastante severo el valor de la tierra se reducirá 30% para el año 2100. Otros efectos paralelos que el cambio climático podría generar involucrarían el tipo de actividad productiva (producción agrícola vs producción pecuaria) y tipo de irrigación (riego vs temporal) que los productores adoptarían.

Usando una muestra mayor a 2.000 granjas sudamericanas, Seo y Mendelsohn (2008<sup>a</sup>), confirman los resultados anteriores y pronostican que los productores agrícolas de la zona perderán, en promedio, hasta 62% de su flujo futuro de ingresos. Sin embargo, añaden que la sensibilidad de productores de temporal y riego varía; los primeros son más sensibles a cambios en temperatura y los segundos a la precipitación. En un análisis similar, Seo y Mendelsohn (2008b) estimaron que en promedio los productores grandes y pequeños perderán hasta 25% del valor de su flujo de ingresos para 2060 y hasta 50% en el escenario climático más severo correspondiente a 2100.

Una aplicación para México de este tipo de análisis fue realizada por Mendelsohn y otros (2009). Ellos encontraron resultados similares a los de la región sudamericana; las pérdidas pronosticadas para 2100 se encuentran entre el 42% y 54%, dependiendo de la severidad del escenario climático utilizado. El segmento de productores mayormente afectado sería el de temporal. Por otra parte, no se encontró evidencia suficiente que permitiera distinguir efectos diferenciados para pequeños y grandes productores. Finalmente cabe señalar que, en todos los casos, las pérdidas causadas por el cambio climático a los productores agrícolas son negativas.

Además de las mencionadas, otras extensiones del análisis Ricardiano se han podido aplicar a estudios de las decisiones adaptativas de los productores ante nuevos escenarios climáticos, como los cultivos agrícolas que se adoptarán (Seo y Mendelsohn, 2008c), las especies ganaderas (Seo y Mendelsohn, 2008), o bien el probable efecto en las decisiones de emigración de los hogares rurales (Mora y Yúnez, 2008).

Vale la pena mencionar, que los resultados encontrados en los estudios mostrados hasta el momento, son consistentes con los que usan modelos agronómicos de impacto<sup>2</sup>. Por ejemplo, Cline (2007) usó ambas metodologías y comparó los resultados obtenidos. Ambos modelos mostraron hallazgos similares, la producción agrícola global caerá 16% para 2080. Asimismo, Mendelsohn y otros (2001), apuntan a que los mayores efectos negativos recaerán en países en vías de desarrollo, con pérdidas cercanas al 25% y tan sólo de 6% en el caso de los países industrializados. Destaca también que el grupo de países más susceptibles de sufrir daños son los que se localizan cerca del ecuador y con latitudes bajas, donde las temperaturas tienden a ser más elevadas.

Por su parte, Darwin y otros (1995) señalan que al realizar estudios a nivel agregado, como por ejemplo a nivel país/región existen dos limitaciones que no se consideran: i) los efectos del cambio

---

<sup>2</sup> En dichos modelos se evalúa el efecto que el cambio climático puede tener en el rendimiento por hectárea de determinados cultivos.

climático en otras regiones; pues asumen que el clima fuera del área de estudio se mantiene constante, y ii) el papel del comercio mundial en diseminar los efectos entre las distintas regiones. Para subsanar este tipo de restricciones, los CGE ofrecen la posibilidad modelar la agricultura con respecto a otros sectores económicos y permiten la movilidad de recursos entre los mismos cuando existen los incentivos económicos necesarios para hacerlo. Pese a ello, y a que los CGE tienen la ventaja de tomar los precios como endógenos y consideran vínculos intersectoriales, una limitación importante es que lo hacen a costa de agregaciones bastante considerables (Schlenker y otros, 2006).

Un buen ejemplo de estudio desarrollado bajo el esquema CGE fue propuesto por Rosenzweig y Parry (1994), los autores examinaron las secuelas del cambio climático sobre la producción mundial de cereales y cómo éstos podrían distribuirse entre los países desarrollados y en desarrollo para el año 2060. El escenario planteado pronosticó que la producción mundial de cereales podría disminuir entre 1% y 8%, y los precios incrementarse entre 24% y 145%. Sin embargo, al incluir las innovaciones de los agricultores a nivel de granja para mitigar los impactos negativos del cambio climático, los efectos fueron menores; las variaciones en la producción mundial de cereal osciló entre -2,5% al 1% y la de los precios mundiales entre -5% a 3,5%.

Por otra parte, la década de los noventa marcó la pauta en la generación de estudios donde el especial centro de atención fueron los posibles impactos del cambio climático sobre la actividad pecuaria. Los principales hallazgos que se inscribieron en esta nueva línea dedujeron que el cambio climático global podría traer consigo reducciones en la ganancias, como consecuencia de notables disminuciones en el peso de los animales y probables reducciones en la producción de productos lácteos durante el verano en zonas relativamente cálidas, tales como el sur de Estados Unidos (Klinedinst y otros, 1993; Baker y otros, 1993). Además, aquellas actividades pecuarias más intensivas en capital, como la ordeña, podrían verse afectadas de manera negativa, a diferencia de las actividades que se realizan en zonas relativamente frías, en las que el ganado que pasta tiene mayores ventajas debido a su tipo de alimentación (Klinedinst y otros, 1993; Baker y otros, 1993).

Bajo este contexto, Seo y Mendelsohn (2008) desarrollaron un modelo Ricardiano estructural que toma en cuenta las decisiones de adaptación de los productores. Los resultados pronosticados señalan contrastes importantes para el año 2100, dependiendo del grupo de animales en cuestión. Por ejemplo, el ingreso neto derivado del ganado bovino para carne disminuirá entre 10% y 50% (dependiendo del escenario climático), en tanto que el ingreso neto proveniente de ganado bovino para leche se incrementará de 30% a 50%. Si se analizan estos resultados a lo largo del tiempo y de manera agregada, se nota que el ingreso neto ganadero presenta pérdidas a mediados de siglo XXI, pero conforme los productores se adaptan hacia especies más tolerantes, hacia finales de siglo el ingreso neto ganadero presenta incrementos significativos.

Asimismo, Seo y Mendelsohn (2006) realizaron un estudio para 11 países africanos. Los resultados apuntaron que el ingreso neto de grandes productores se reduce a medida que aumenta la temperatura, en tanto que el de los pequeños productores se incrementa conforme ésta se eleva. De manera más detallada, observaron que mientras los pequeños productores podrían ver incrementados sus ingresos hasta 116% para el año 2100, los grandes productores podrían tener pérdidas de alrededor de 24% para el año 2060. Los autores sugieren que estos resultados se deben a que los pequeños productores manejan especies tolerantes a altas temperaturas, mientras que los grandes productores ganaderos dependen principalmente del ganado bovino, el cual es menos tolerante a las altas temperaturas.

Los enfoques adoptados por los autores anteriores se inscriben dentro del análisis espacial, que puede ser mejorado sustancialmente cuando se integra con el enfoque estructural. Recordemos que este

último utiliza modelos interdisciplinarios para simular cambios en cultivos específicos. Cabe señalar que las principales premisas de las que parte el análisis estructural contemplan que tanto agricultores como consumidores minimizan costos o maximizan su bienestar sujeto a las restricciones climáticas impuestas en el modelo. Cuando se adoptan este tipo de enfoques se tiene la ventaja de obtener información detallada de las respuestas físicas, biológicas y económicas, así como los posibles ajustes. No obstante, su principal limitación estriba en que demanda múltiples deducciones para grandes áreas y sistemas diversos de producción mediante pocos lugares y cultivos (Schimmelpfennig y otros, 1996).

Las principales características que identificaron los primeros estudios del impacto del cambio climático en la agricultura, usando un enfoque estructural, fueron que éstos centraron su atención en tres aspectos que podrían resumirse de la siguiente manera: los efectos de las condiciones agroclimáticas en el crecimiento de las plantas, las causas en la producción regional de alimentos y los rendimientos económicos de dicha actividad para selección de cultivos y, finalmente, el comercio internacional y las políticas públicas.

Muchos de los estudios que usan el enfoque estructural parten de una función de producción empírica para predecir los efectos del clima sobre los cultivos<sup>3</sup>. El enfoque estructural, tiene como punto de partida la medición de las respuestas de los cultivos ante escenarios climáticos en los cuales se especifican promedios anuales por décadas o datos con una frecuencia diaria para un cierto conjunto de atributos climáticos, comúnmente, la temperatura y la precipitación son candidatos ideales.

Después de haber generado los efectos estimados, éstos se incluyen en los modelos económicos del sector agrícola, de tal manera que permitan simular cambios en la oferta de los cultivos y los precios del mercado. Entre los estudios pioneros de impacto que se inscriben en esta corriente metodológica se encuentran los de Warrick (1984) y Terjung y otros (1984). El primero de ellos usó modelos de regresión para simular incrementos en la temperatura, similares a los ocurridos en la década de los años treinta, el resultado básico e interesante que se encontró fue el hecho de que la producción de los cultivos declinaría. En tanto que la segunda investigación dedujo que las cantidades de agua para irrigación, si no existieran cambios tecnológicos, tendrían que ser mayores ante la elevación de la temperatura. Por su parte, Easterling y otros (1993) empleando los mismos datos que los dos estudios anteriores encontró que el cambio climático en Estados Unidos, en ausencia de modificaciones tecnológicas e incrementos en el CO<sub>2</sub>, provocaría reducciones importantes en la producción y con ello pérdidas económicas.

El comportamiento gradual del cambio climático y los diferentes mecanismos por los que los agricultores se adaptan al clima observado para tratar de mitigar sus efectos se fueron incorporando de manera explícita como variables en los modelos estructurales. Evidentemente, se comenzó a incorporar como variable relevante la adaptación humana al cambio climático, así como los efectos de factores no climáticos y no locales (Smit y otros, 1996). Además, los estudios subsecuentes a nivel de país/región expandieron el análisis económico de los efectos del cambio climático en la agricultura al incluir un mayor número de adaptaciones a nivel de granja, sustituciones en los insumos y productos, efectos en los precios de las materias primas, e impactos en el bienestar.

Al respecto, Adams y otros (1988) realizaron pronósticos sobre los efectos económicos del calentamiento global y en particular sobre la región oeste de Estados Unidos. Sus resultados mostraron que el cambio climático causado por el incremento en los niveles de CO<sub>2</sub> tendrá el potencial para modificar la estructura de la agricultura estadounidense, trayendo consigo importantes pérdidas económicas, superiores entre dos y 10 veces a cualquier otro problema ambiental. Por su parte, Darwin y

---

<sup>3</sup> Véase, por ejemplo, Adams y otros (1988), Finger y Schmid (2007), Gay y otros (2004).

otros (1995) evaluaron los efectos del cambio climático global sobre la agricultura mundial con base en un modelo que considera interacciones entre el clima, el sector agrícola, los recursos de agua, la producción, el comercio y el consumo. 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. Asimismo, mientras que en las regiones montañosas y del ártico se elevaría la cantidad de tierra cultivable, en las regiones tropicales decrecería la productividad agrícola ante una reducción en la humedad del suelo.

Un estudio reciente (de la Torre, Fajnzylber y Nash, 2009) realizado en países latinoamericanos concluye que el tamaño de los efectos sería diferente de país en país e incluso también a nivel de zonas dentro de los mismos. Por ejemplo, en el caso de México, algunas regiones podrían resultar beneficiadas por el cambio climático. Sin embargo, los hallazgos sugieren que los efectos negativos tienden a acrecentarse conforme el análisis se centra en el ecuador, con potenciales beneficios en el sur del continente.

Vale la pena mencionar que independientemente del enfoque metodológico adoptado, los estudios realizados al nivel de un país/región individual brindan las primeras estimaciones de cómo el cambio climático podría afectar los mercados agrícolas y la utilización de insumos. Los resultados de los mismos generalmente han descubierto que los efectos podrían ir de pequeñas a modestas reducciones en la producción de cultivos, pero con ganancias netas en el bienestar del agricultor una vez que éste se ha adaptado al cambio climático.

La importancia que tiene realizar estudios cada vez más integrales, así como la necesidad de contar con resultados robustos desde el punto de vista metodológico hace inevitable la combinación de ambos métodos. El presente estudio considera lo anterior y utiliza una combinación del enfoque estructural como el espacial. Antes de presentar la metodología a utilizar se describirán algunos de los estudios que han sido realizados previamente para el caso centroamericano y en particular para Panamá.

## **1. Estudios sobre los impactos del cambio climático en Centroamérica**

A pesar de que durante los últimos años los países de Centroamérica se han preocupado por incorporar en su economía nuevas actividades, como por ejemplo el turismo, la agricultura sigue siendo un componente importante en la economía de estos países. La importancia de esta actividad económica no solamente radica en que permite generar fuentes de empleos e ingresos a partir de la siembra de los cultivos, sino también desde la perspectiva de subsistencia y seguridad alimentaria de la población rural. En otras palabras, la alta dependencia de algunas economías centroamericanas a los productos agrícolas y la relación entre este sector y el clima generan la necesidad de revisar los trabajos y esfuerzos implementados sobre la sensibilidad que guarda este sector con respecto a los efectos negativos que podría generar el cambio climático.

Los estudios existentes a la fecha han pronosticado que los fenómenos climáticos extremos están aumentando, tanto en frecuencia como en intensidad debido al cambio climático que está experimentando nuestro planeta. Una forma de evaluar los desastres naturales y en qué medida los países están adoptando políticas públicas que conlleven a lograr los *Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)*, es a partir del *Índice Global de Riesgo Climático*, el cual permite analizar en qué medida los países han sido afectados por los impactos del cambio climático (tormentas, inundaciones, olas de calor, entre otros). De acuerdo con este indicador las cifras de 2007 muestran que los países más pobres dominan el ranking de los países más afectados, en donde las muertes y pérdidas económicas han sido el común denominador durante la década que va de 1998 al 2008.

Al analizar los impactos en dicha década, se nota que Honduras, Bangladesh y Nicaragua ocuparon las tres primeras posiciones en el *Índice Global de Riesgo Climático*. En cuanto a la región centroamericana, el aumento en la intensidad de los huracanes ha sido de los eventos más sufridos durante la última década, por ejemplo la región se vio seriamente afectada por severos huracanes: en 1998 (Mitch) y 2007 (Félix). Bajo este contexto, las principales recomendaciones sugeridas para Centroamérica contemplan las siguientes acciones: aumentar la conciencia y la comprensión de la adaptación, realizar y difundir marcos conceptuales, desarrollar estudios de casos, compartir experiencias y conocimientos, fomentar el diálogo sistemático y el intercambio de información y elaboración de planes de desarrollo conjuntos, así como elaborar estrategias de adaptación (Harmeling, 2007).

Por otra parte, las evaluaciones mundiales han concluido que existe la necesidad de disminuir las incertidumbres regionales que todavía persisten sobre el tema, por ello se han generado una serie de esfuerzos por abordar el problema. Así, uno de los estudios más completos que busca unir esfuerzos entre los países de la región es el *Central America Country Studies Project Team*. Los estudios incluidos en el proyecto involucran aspectos socioeconómicos, ambientales y climatológicos de la región, para poder llevar a cabo los objetivos fundamentales del proyecto, cada país ha discutido previamente sus respectivas áreas prioritarias. Uno de los análisis que comprende el proyecto es la vulnerabilidad del agua, la agricultura y los recursos costeros al cambio climático.

La metodología empleada contempla los siguientes puntos: i) identificación de cultivos sensibles (muy dependientes del clima) en la región; ii) definición de zonas de estudio; iii) recopilación de información; iv) empleo del modelo de validación y simulación del crecimiento de los cultivos, y v) estimación de la vulnerabilidad. Los cultivos más sensibles que fueron seleccionados en el análisis son el maíz, frijol y arroz como rubros de seguridad alimentaria, y el banano y el café como cultivos comerciales. En particular, las zonas incluidas en el estudio comprenden los siguientes territorios: Guatemala (costa sur, costa del atlántico), Belice (sur), El Salvador (costa, valles interiores, zonas altas), Honduras (sur, norte, occidente), Nicaragua (cuenca del pacífico, norte y centro), Costa Rica (atlántico, pacífico seco, pacífico húmedo, valle central) y Panamá (Chichebre, las Tablas, Chiriqu) (Interim Report on Climate Change Country Studies, 1995).

Otro estudio importante desarrollado para los países de Mesoamérica es el de Magrin y Gay (en Alfaro y Rivera, 2008), ellos plantean que, en caso de no poner atención en las secuelas del CO<sub>2</sub>, el rendimiento de los granos en la región podría alcanzar disminuciones hasta de 30% para el año 2080 si se considera un escenario bastante cálido. Asimismo, este estudio pronostica que la demanda de agua para irrigación se incrementará notablemente ante un clima más caliente y ocasionará mayor competencia entre el uso doméstico y el agrícola. Por otra parte, estos autores muestran que el cambio climático ocasionará la salinización y desertificación de las tierras agrícolas y que para 2050, estos fenómenos afectarán 50% de dichas tierras.

Otros efectos potenciales en la agricultura son expuestos por Fournier y Di Stefano (2004), ellos advierten que *El Niño* ha ocasionado menores lluvias, atraso en el inicio de las mismas, más altas temperaturas, reducción de la nubosidad, veranillos más prolongados, entre julio y agosto, y una mayor insolación. Este conjunto de eventos consecuentemente ha provocado efectos negativos para el sector, entre los cuales destacan; la ocurrencia de incendios forestales y pérdidas en la producción de granos y desfases en la ejecución de prácticas de manejo agrícola, como el control de malezas, plagas y enfermedades, fertilizantes y la recolección de las cosechas.

## 2. Estudios sobre los impactos del cambio climático en Panamá

En esta sección se presentan algunos de los estudios que han estimado los efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario panameño, así como los enfoques adoptados con respecto a este tema. Gran parte de lo que aquí se presenta toma como base la *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático* (PCNCC), por considerarse una de las evaluaciones más completas realizadas hasta la fecha<sup>4</sup>.

En 2001, Panamá presentó la PCNCC<sup>5</sup>, por medio de la cual busca, más allá de sus compromisos como miembro de la CMNUCC, incorporarse a la discusión sobre el tema del cambio climático global, para ello el documento incluye diferentes estudios de carácter nacional que buscan contribuir al debate en el tema y a su desarrollo nacional.

En general, la PCNCC contiene cuatro subproyectos: la caracterización general de Panamá; tomando como año base 1994, el Primer Inventario Nacional sobre Gases de Efecto Invernadero (PINGEI), las opciones de mitigación, y finalmente, los resultados del estudio sobre la vulnerabilidad de los impactos adversos y medidas de adaptación al cambio climático global. Los sectores incluidos fueron los más expuestos a sufrir impactos negativos frente al cambio climático, tales como los recursos marino-costeros, la salud humana, los recursos hídricos, la agricultura y los recursos forestales. No obstante, en este apartado solamente se expondrán los GEI derivados de la agricultura, la metodología empleada para generar escenarios y los hallazgos encontrados en lo que respecta a la vulnerabilidad al cambio climático y las medidas de adaptación del sector<sup>6</sup>.

En lo que respecta al PINGEI, se tomó como referencia 1994 y fue elaborado con la finalidad de alcanzar cuatro grandes objetivos:

- a) Cumplir con el compromiso internacional adquirido ante la CMNUCC;
- b) Determinar la disponibilidad nacional de información estadística para realizar estudios sobre el tema utilizando metodologías rigurosas propuestas en el ámbito internacional;
- c) Cuantificar el nivel de contribución de las actividades antropogénicas y procesos naturales relacionados con la emisión y fijación de los GEI, y
- d) Generar lineamientos que permitan la ejecución de diferentes acciones en el país, entre ellos, proyectos, programas y estrategias de mitigación del cambio climático global.

Después de una revisión nacional sobre la disponibilidad de información se determinó que los sectores socioeconómicos incluidos en el PINGEI serían: energía, procesos industriales, utilización de solventes, agricultura, cambio del uso de la tierra-silvicultura (CUTS, en adelante) y desperdicios. Mientras que los GEI para los que se midieron las emisiones fueron: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOX), y los compuestos volátiles distintos del metano (CVDM).

---

<sup>4</sup> Para mayores detalles sobre los resultados, véase Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM), 2000.

<sup>5</sup> Este ambicioso proyecto es dirigido por el gobierno de Panamá mediante la ANAM y financiado por el Fondo Mundial del Ambiente (FMAM), a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

<sup>6</sup> Las etapas que comprenden los estudios de vulnerabilidad-adaptación al cambio climático y medidas de adaptación son tres. Sin embargo, aquí solamente se hará mención a la etapa I, la cual únicamente incluye la detección de necesidades y las preocupaciones específicas de Panamá que tendrán que atenderse *a priori*, para posteriormente avanzar en las etapas II y III y con ello cumplir con el objetivo último de la CMNUCC.

En el caso de la agricultura y la ganadería, las fuentes generadoras de los GEI fueron: ganado doméstico, fermentación entérica y manejo del estiércol, cultivo de arroz, quema prescrita de sabanas, quema en el campo de residuos agrícolas y suelos agrícolas.

En lo que respecta al ganado doméstico y manejo de estiércol, las estimaciones realizadas sobre las emisiones de CH<sub>4</sub> originadas por la fermentación entérica y el manejo de estiércol resultaron en 81,7 Gg<sup>7</sup>. La mayor contribución fue hecha por el ganado bovino lechero y no lechero. No obstante, es posible que a partir de las excretas de los animales domésticos se produzca una cierta emisión de CH<sub>4</sub>.

Por su parte, el cultivo de arroz, durante su siembra y crecimiento bajo el régimen hídrico de inundación, emite CH<sub>4</sub> a la atmósfera. Las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de los arrozales resultaron en 7,2 Gg, donde los arrozales anegados participaron con sólo 2,8 Gg. En cuanto a las emisiones directas de N<sub>2</sub>O derivados los suelos dedicados a la producción animal y las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O procedentes del nitrógeno utilizado en la agricultura fueron de 8,8 Gg.

En Panamá, durante la quema de sabanas también se libera CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> y CO. Estos gases son considerados como emisiones antropogénicas. Las emisiones estimadas para los gases mencionados anteriormente procedentes de las quemas prescritas de sabanas son 1,1, 0,01, 1,1, 19,2 Gg, respectivamente. En lo que se refiere a la quema en el campo de residuos agrícolas, específicamente para el cultivo de la caña de azúcar y debido a que la cosecha se efectúa en forma semimecanizada en la mayoría de los ingenios azucareros del país, las emisiones más relevantes de CO para este subsector alcanzaron 19,2 Gg.

A partir de los resultados mostrados por parte del PINGEI, es previsible decir que, Panamá como país en vías de desarrollo y dada las condiciones climáticas que lo caracterizan, es vulnerable a sufrir los estragos derivados del cambio climático. Sin embargo, existen especialmente algunas áreas (tales como la agricultura), en la que los efectos podrían ser mucho más severos o desproporcionados y que para hacer frente a las necesidades de estos sectores se requerirá de mayor financiamiento y transferencia de tecnología.

En el caso particular de la agricultura se ha caracterizado, durante la últimas dos décadas, por sufrir eventos que han afectado seriamente su desempeño. Por ejemplo, en 1997 la producción fue afectada por el fenómeno del niño y un año más tarde por lluvias intensas y continuas que ocasionaron fuertes inundaciones que representaron de manera negativa a la producción, especialmente en las áreas rurales cercanas a ríos (fenómeno de la niña).

La metodología seguida para estimar la vulnerabilidad en la agricultura se dividió en dos etapas. En la primera, se realizó una caracterización general del clima actual en Panamá y se georreferenció en mapas, permitiendo hacer una regionalización según condiciones climáticas similares, considerando el período 1980-1998. En una etapa posterior y para medir los impactos en los rendimientos agrícolas, se diseñaron escenarios mediante un modelo biofísico que clasificó los rendimientos agrícolas en potenciales y reales. Los primeros definidos como aquellos donde todas las necesidades hídricas-nutricionales del mismo son satisfechas, en ausencia de plagas y enfermedades considerando las condiciones climáticas de las áreas estudiadas. Mientras que en los rendimientos agrícolas de secano se consideraron todas sus necesidades nutricionales, libres de plagas y enfermedades, con las condiciones de temperatura, radiación solar y precipitación características de la unidad de exposición.

Las regiones consideradas en el análisis se ubican en la zona arrocera de la Provincia de Coclé y la región maicera de Azuero en la Provincia de Los Santos y Herrera. La primera, fue seleccionada por

---

<sup>7</sup> La Metodología IPCC 1996, especifica que los GEI deben medirse en Gigagramos (Gg). Un gigagramo equivale a 1.000 toneladas.



poseer áreas mucho más vulnerable a las fluctuaciones en el clima para el cultivo de arroz que las zonas bajas de Chiriquí y por lo tanto, más sensible a sufrir pérdidas económicas cuantiosas. La segunda región, concentra 85% de la producción nacional de maíz producido de manera mecanizada. Los criterios usados para la selección de estos territorios fueron la dependencia de los hogares de estas actividades, su fuente de ingresos, así como el apoyo al encadenamiento productivo de otras labores; como la industria avícola y porcina.

Los resultados encontrados muestran los rendimientos reales para el cultivo de arroz con riego ante un cambio climático. El Escenario Climático para Panamá Húmedo de Baja Sensibilidad Climática (ECPWL) presenta los valores más altos en los siguientes tres años y en promedio superiores a 90%. Para el caso de arroz en seco, el Escenario Climático para Panamá Seco de Baja Sensibilidad Climática (ECPDL) y el ECPWL, presentan los mejores rendimientos, superiores a 90%. Al promediar los valores de rendimientos reales por año futuro y al compararlo con el actual, la tendencia en riego y en seco, es una disminución de los rendimientos futuros.

En cuanto a los hallazgos para el maíz, se puede decir que los rendimientos para este cultivo se ven favorecidos con los escenarios: ECPDL y ECPWL, bajo el primer escenario, los rendimientos podrían ser superiores a 100% y con el segundo estarían por arriba del 80%.

Derivado de estos resultados, las estrategias encontradas para hacer frente al cambio climático en el sector agropecuario durante los próximos años sugieren: i) una planificación estratégica del sector agropecuario de largo plazo que tome en cuenta las variaciones climáticas a diferentes niveles (regional, nacional y global); ii) generar estudios que permitan combatir plagas y enfermedades para un buen desempeño del sector; iii) experimentar la siembra de cultivos a partir de nuevas variedades que puedan adaptarse al cambio climático; iv) usar modelos de simulación climática que permitan evaluar los cultivos sobre bases climatológicas con menos incertidumbres, y v) continuar con la zonificación agroecológica de cultivos, considerando las variaciones derivadas del cambio climático.

Otro estudio que aborda los posibles impactos de un nuevo escenario climático en los rendimientos del arroz en Panamá es el de Buitrago (2002). La metodología empleada para medir los impactos en la productividad fue hecha a partir de un modelo ecofisiológico SIMPROC, el cual generó los escenarios que simularon el comportamiento del cultivo del arroz en un escenario de cambio climático con un aumento de la temperatura de 2,5 ° C. El uso de este enfoque permitió comprender las relaciones e interacciones entre los factores climáticos y la productividad del arroz. En tanto que para el diseño de escenarios climáticos se generaron a partir de un modelo de circulación general HADCM2.

Los resultados de las simulaciones hechas sugieren que los nuevos escenarios climáticos producirían eventuales impactos negativos para la producción de arroz en la República de Panamá. Sin embargo, es posible esperar mayor estabilidad en los rendimientos bajo condiciones de riego, sobre todo si se cambian las fechas de siembra y adecuando las prácticas agronómicas. Bajo este contexto, es previsible que el clima podría sufrir modificaciones que afectarían el comportamiento productivo del cultivo del arroz a tal grado que hará necesaria la implementación de estrategias de adaptación, las cuales deberán considerar un procedimiento estratégico que incluya una transformación productiva basada en tres programas: i) manejo racional de los recursos hídricos; ii) manejo integrado de las cuencas hidrográficas, y iii) alerta temprana.

La evidencia mostrada hasta el momento sobre los posibles impactos del cambio climático no parece ser del todo alentador, en particular los que corresponden a la agricultura. No obstante, la generación de información, a partir de otros resultados y usando metodologías alternas, podrían mostrar mayor claridad sobre los retos que enfrenta el sector y las diferentes estrategias a seguir, en especial para algunos cultivos básicos de la economía panameña (como el maíz, el arroz y frijol).

## II. EL SECTOR AGROPECUARIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

En 2008, los habitantes del sector rural panameño representaron 32,4% de la población total. Las familias que viven en esta área dependen en gran medida de la agricultura, ganadería y agroindustria, por ello se considera al sector agropecuario como un importante generador de empleos; además, su población emigrante genera un monto significativo de remesas. Por si fuera poco, en este mismo año el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) señaló que el sector agropecuario contribuyó con 6% al PIB (MIDA, 2009).

Los productos panameños dedicados al comercio exterior de mayor importancia son: melón, sandía, naranja, plátano y café, siendo este último muy demandado en Estados Unidos y Europa por su alta calidad. Debido a la gran importancia del medio rural y como complemento a las actividades agropecuarias, el gobierno de Panamá incentiva y promueve el agroturismo con la finalidad de generar mayores ingresos para la población rural, pues un rasgo característico de la población rural panameña es la fuerte situación de pobreza en que vive; sobre todo la población indígena que se encuentra con mayores problemas de nutrición, educación, salud, acceso a servicios de electricidad, transporte y agua potable.

Lo anterior evidencia a los sectores agropecuario y rural como muy vulnerables ante las manifestaciones de fenómenos de la naturaleza y podrían ser afectados con particular fuerza en un futuro inmediato, debido a que en los últimos años se han registrado numerosos decesos, miles de viviendas han quedado destruidas y gran cantidad de equipo y herramientas para la agricultura se ha perdido. Asimismo, recursos como el suelo y el agua figuran entre los principales afectados. Las pérdidas en producción de alimentos y materias primas han sido considerables y los servicios básicos se han visto seriamente perjudicados, provocando con ello cuantiosas pérdidas económicas en el sector.

Una forma de entender las graves consecuencias de los desastres naturales sobre el sector agropecuario y los efectos multiplicadores que podrían generar al resto de la economía es la siguiente: Por ejemplo, un efecto negativo de los huracanes en la economía panameña podría reducir la producción y, consecuentemente, una disminución de la actividad agropecuaria, mientras que los proveedores de insumos agrícolas registrarían reducciones en su demanda, así como la contratación de servicios relacionados con la mecanización agrícola; alterando el suministro de alimentos, materias primas y disminuyendo la demanda por servicios de comercialización.

La capacidad de ahorro se reduciría y, en consecuencia, también la inversión. Los ingresos derivados de las exportaciones agropecuarias caerían y repuntarían los egresos por importaciones de bienes y servicios; así, la balanza comercial y las reservas internacionales se verían seriamente afectadas y el sector financiero posiblemente sufriría las consecuencias de la morosidad, en tanto que los aseguradores se verían obligados a realizar erogaciones extraordinarias para indemnizar a los afectados. El gobierno, por su parte, se vería afectado en sus ingresos por concepto de impuestos, en tanto se encuentre en la necesidad de destinar recursos a la atención de la emergencia (Jiménez, 2001). Por estas razones vale la pena poner la mirada a la situación actual que guarda el sector agropecuario y determinar la susceptibilidad que tiene para hacer frente a posibles eventos naturales derivados del cambio climático.

### 1. La contribución del agro y el medio rural a la economía panameña

El sector agropecuario es trascendental para la economía de Panamá, ya que representa una fuente de abastecimiento de productos básicos para la población, así como por su importancia dentro de la economía. Aun cuando su participación ha tenido una ligera disminución en el período 2002-2008, para la

economía de Panamá el sector agropecuario representa 6% del PIB y junto con el sector agroindustrial alcanzaron alrededor de 10% (véase el cuadro 1).

**CUADRO 1**  
**PANAMÁ: PARTICIPACIÓN POR SECTOR EN EL PIB, 2002-2008**

	2002	2003	2004	2005	2006	2007 <sup>a</sup>	2008 <sup>a</sup>
PIB agropecuario / PIB total	7,5	7,9	7,4	7,1	6,8	6,2	6,0
PIB agroindustrial / PIB total	4,4	4,5	4,3	4,2	4,0	3,8	3,7
PIB ampliado / PIB total <sup>b</sup>	11,9	12,4	11,8	11,3	10,8	10,0	9,7

Fuente: sobre la base de cifras de la Contraloría General de la República.

<sup>a</sup> Cifras preliminares.

<sup>b</sup> Incluye el PIB agropecuario primario y de la rama de manufacturas, producción, elaboración y conservación de carne, pescado, frutas, legumbres, hortalizas, aceites y grasas; elaboración de productos lácteos; elaboración de productos de molinería, de almidones y de productos derivados del almidón y piensos preparados; elaboración de productos alimenticios; elaboración de bebidas; elaboración de productos de tabaco, curtido y adobo de cueros, fabricación de maletas, bolsos y otros; aserradero y acepilladura de madera; fabricación de productos de madera, corcho, paja y materiales trenzables y fabricación de papel y productos de papel.

Los datos del Censo Agropecuario en 2001 mostraron que Panamá tiene una superficie total de 2,5 millones de hectáreas, de las cuales 9,2% son dedicadas a la producción de cultivos temporales como arroz, maíz, sorgo, frijol, entre otros. En 5,3% de la superficie total se producen cultivos permanentes; principalmente caña de azúcar, piña, banano y café. La siembra de pastos ocupa el 44,3%; este alto porcentaje obedece a la existencia de ganado bovino en la región tropical y cuya base de alimentación es el pastoreo en grandes extensiones de pastizales de baja productividad.

A pesar de las grandes extensiones dedicadas a la agricultura y ganadería, en la actualidad, una de las preocupaciones más grandes que comparten los gobiernos de la región centroamericana es la posible crisis de alimentos que, entre otros factores, podría generarse por las precarias cosechas, la generación de biocombustibles, el incremento constante de precios en alimentos básicos y el aumento de la población. Para hacer frente a este problema, el gobierno panameño ha implementado una serie de programas enfocados en asegurar la estabilidad alimentaria y la autosuficiencia del sector agropecuario y garantizar a los consumidores alimentos a precios accesibles. Algunas de las acciones y programas emprendidos son los siguientes:

- a) Solidaridad alimentaria: pretende garantizar a la población el acceso a los productos alimenticios de primera necesidad;
- b) Marca Compita: a través del Instituto de Mercadeo Agropecuario (IMA) se compran productos de la canasta básica a los productores (externos o internos) y se establecen mecanismos de distribución, a fin de poder hacerlos llegar a los consumidores a precios accesibles;
- c) Aranceles: eliminación de aranceles a productos de la canasta básica, cuya producción es insuficiente para el abastecimiento de la demanda nacional;
- d) Subsidios: apoyos al transporte, gas doméstico y pago de impuestos a familias que se encuentran en pobreza y pobreza extrema;

e) Planes de respaldo a la producción: dos fondos que pretenden apoyar a los productores que no son sujetos viables de créditos bancarios; Fondo de Garantía y Fondo de Competitividad Agropecuaria, y

f) Seguro Agropecuario: mediante este seguro se pretende garantizar la continuidad de la actividad productiva, además de indemnizar a los productores por pérdidas a causa de lluvias, sequías, plagas, incendios, vientos y enfermedades<sup>8</sup>.

Otra estrategia seguida por el gobierno panameño en los últimos años es la búsqueda de nuevos mercados e implícitamente el aumento de sus exportaciones. En la actualidad destacan las fuertes exportaciones de frutas como piña, sandía y melón a países como Guatemala, El Salvador, China, Singapur, México, República Dominicana, Colombia, Honduras, Costa Rica, Nicaragua y Chile. Sin embargo, su socio más importante es Estados Unidos, el principal destino de sus exportaciones y proveedor de sus importaciones. Por ejemplo, en el período 2002-2008 las exportaciones agroalimentarias crecieron a una tasa promedio anual de 7,7%, en tanto que las agroindustriales disminuyeron en promedio 0,6%. Dentro de los productos agroindustriales que mostraron un incremento se encuentran las preparaciones de frutas y hortalizas y las preparaciones a base de cereales y harina (véase el cuadro 2).

Para estimular el sector agropecuario en el rubro de crédito, Panamá cuenta con el Banco de Desarrollo Agropecuario (BDA), institución que otorga financiamiento para el desarrollo de actividades agropecuarias y agroindustriales. Entre los rubros que financia el BDA están: normalización de la tenencia de la tierra, infraestructura y equipos, agroindustria, cultivos de exportación y reconversión de productores<sup>9</sup>. No obstante, en el lapso comprendido entre 2002-2008, el crédito otorgado al sector agropecuario ha sido muy bajo y por lo tanto insuficiente para satisfacer la demanda del sector, pues para todos los años considerados el crédito agropecuario sólo ha representado menos de 1% del total de créditos<sup>10</sup>.

A pesar de que la población rural ha disminuido en los últimos años y en 2008 constituyó 32,4% de la población total (véase el cuadro 3), las estadísticas sobre pobreza extrema en dicho sector presentadas en el VI Censo Nacional Agropecuario mostraron que ésta se acrecentó; tan sólo en 2007, 46,6% de la población rural se encontraba en esta situación. Parte del problema puede asociarse a los bajos niveles de educación y de incorporación tecnológica. La población rural e indígena es la que se encuentra más vulnerable y con mayores problemas de nutrición, educación, salud, acceso a electricidad, transporte y agua potable. Así por ejemplo, el nivel de educación de los productores agrícolas por género, indica que la primaria es el nivel educativo con mayor porcentaje tanto en hombres como en mujeres y el universitario el de menor en ambos casos.

<sup>8</sup> MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) (2009), “Programa de apoyo al consumidor” [en línea], República de Panamá [fecha de consulta: 12 de junio de 2009] <<http://webserv-mida.mida.gob.pa/MIDA/agrocompita/seguroagropecuario.pdf>>.

<sup>9</sup> BDA (Banco de Desarrollo Agropecuario) (2009), “Rubros Financiados” [en línea], República de Panamá [fecha de consulta: 10 de junio de 2009] <<http://www.bda.gob.pa/rubros.htm#b>>.

<sup>10</sup> CEPAL, sobre la base de cifras oficiales Contraloría General de la República, Superintendencia de Bancos y Banco de Desarrollo Agropecuario.

**CUADRO 2**  
**PANAMÁ: VALOR DE LAS PRINCIPALES EXPORTACIONES DE BIENES**  
**AGROPECUARIOS (2002-2008)**

								Tasas de crecimiento				
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 <sup>a</sup>	2006	2007	2008	2002-2008	
	(En millones de dólares)											
Exportaciones totales nacionales de bienes fob	759,6	804,9	891,1	963,1	1.021,9	1.120,5	1.144,0	6,1	9,6	2,1	7,1	
Exportaciones agroalimentarias <sup>b</sup>	614,3	701,9	767,4	835,2	868,8	949,9	959,4	4,0	9,3	1,0	7,7	
Exportaciones agroindustriales <sup>c</sup>	81,7	89,4	90,5	72,3	80,2	81,4	79,0	10,9	1,5	-2,9	-0,6	
Principales exportaciones Agroindustriales	71,7	76,5	73,5	54,8	67,2	62,4	64,9	22,7	-7,2	4,0	-1,7	
Azúcar	15,1	12,7	10,4	23,7	21,3	17,6	15,1	-10,1	-17,1	-14,1	0,1	
Cacao y sus preparaciones	0,6	2,4	1,2	1,2	1,4	2,3	1,7	21,8	58,2	-26,0	18,5	
Grasas y aceites	5,6	3,8	5,8	1,5	4,2	5,9	4,8	179,2	39,8	-19,0	-2,5	
Tabaco y sus manufacturas	0,3	0,7	1,1	0,5	1,1	0,8	1,3	135,3	-24,8	54,9	27,5	
Madera, carbón vegetal y Manufacturas	7,4	9,5	14,4	9,4	11,5	10,2	6,6	22,3	-11,2	-35,8	-1,9	
Preparaciones de carnes y pescado	22,2	22,6	24,9	5,8	6,9	6,6	7,9	18,7	-5,0	20,1	-15,9	
Preparaciones a base de cereales y harinas <sup>d</sup>	0,8	0,9	0,7	1,0	2,5	2,5	3,9	164,9	-1,3	56,3	30,2	
Preparaciones alimenticias diversas	12,6	10,0	5,4	1,7	1,3	1,2	1,8	-21,8	-6,4	50,5	-27,5	
Preparaciones de hortalizas y frutas	0,7	1,3	2,3	3,6	5,4	6,6	4,3	51,0	21,5	-34,2	36,1	
Alimentos preparados para animales	6,5	12,7	7,4	6,5	11,5	8,6	17,5	77,0	-24,6	102,3	18,0	
Exportaciones agropecuarias <sup>e</sup>	532,6	612,5	677,0	762,9	788,6	868,5	880,5	3,4	10,1	1,4	8,7	
Principales exportaciones Agropecuarias	494,2	583,1	646,9	711,3	741,6	801,1	835,6	4,3	8,0	4,3	9,1	
Banano	113,2	112,8	108,5	96,5	109,4	111,6	98,9	13,4	2,0	-11,4	-2,2	
Café sin tostar	9,3	12,2	11,0	13,6	13,4	16,3	15,4	-1,8	22,0	-5,5	8,7	
Bovinos	13,3	18,0	13,2	21,2	30,6	16,4	0,5	44,5	-46,3	-97,1	-42,5	
Piña	0,3	4,0	11,9	21,1	36,9	42,9	36,5	75,4	16,1	-14,8	123,5	
Melón	28,0	26,7	49,2	79,9	96,2	115,1	139,9	20,4	19,6	21,5	30,7	
Carne bovina <sup>f</sup>	14,7	9,6	14,0	15,4	17,4	13,9	36,7	13,1	-20,0	163,7	16,5	
Camarón	58,1	56,5	53,8	57,8	50,2	56,4	40,7	-13,1	12,2	-27,8	-5,8	
Langosta	9,8	8,2	11,1	16,4	13,8	4,9	2,6	-16,1	-64,2	-46,9	-19,8	
Sandías	12,7	20,9	21,7	38,1	70,2	87,4	96,8	84,1	24,5	10,7	40,2	
Otros pescados, crustáceos y moluscos <sup>g</sup>	234,7	314,3	352,5	351,3	303,4	336,2	367,7	-13,6	10,8	9,4	7,8	

Fuente: CEPAL, sobre la base de la Contraloría General de la República, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Sistema de Consulta de Estadísticas de Comercio Exterior.

<sup>a</sup> Cifras preliminares (millones de dólares).

<sup>b</sup> Incluye las exportaciones agroindustriales y agropecuarias.

<sup>c</sup> Se refiere a los capítulos 11, del 13 al 24 y el 44, relacionados con productos de molinería, gomas y resinas, materias trenzables y demás productos de origen vegetal, grasas y aceites, preparaciones de carnes, azúcares y artículos de confitería, cacao y sus preparaciones, preparaciones a base de cereales, preparaciones de hortalizas y frutas, preparaciones alimenticias diversas, bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre, residuos de la industria alimentaria, tabaco y sus manufacturas y madera, carbón vegetal y manufacturas de madera.

<sup>d</sup> Almidón, fécula o leche y productos de pastelería.

<sup>e</sup> Se refiere a los capítulos 01 al 12, con excepción del 11, relacionados con animales vivos, carnes, despojos y demás productos de origen animal, pescados, crustáceos y moluscos, leche y productos lácteos, plantas vivas y productos de la floricultura, legumbres, hortalizas y frutales, café, té, yerba mate y especias, cereales y semillas y frutos oleaginosos.

<sup>f</sup> Incluye carne bovina, fresca o refrigerada y deshuesada.

<sup>g</sup> Capítulo 03, no incluye camarones y langostas.

**CUADRO 3**  
**PANAMÁ: PRINCIPALES INDICADORES 2002-2008**  
*(En millones de personas)*

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Población total	3 057	3 113	3,17	3 228	3,28	3 333	3 387
Población rural	1,11	1 108	1 107	1 105	1 103	1,1	1 098
PEA	1 306	1 341	1 377	1 414	1 448	1 482	1 518
PEA rural	414	417	420	423	426	428	431
PEA rural mujeres	96	98	101	103	106	108	111
Salarios del peón agrícola (Balboas por jornal)	6,4	6,4	6,4	6,1	7,1	...	8,0
	Porcentajes						
Población rural / Población total	36,3	35,6	34,9	34,2	33,6	33	32,4
PEA rural/ PEA total	31,7	31,1	30,5	29,9	29,4	28,9	28,4
PEA rural mujeres/ PEA total	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Población rural en situación de pobreza	54,6	...	52,3	47,2	47,9	46,6	...

Fuente: Sobre la base de cifras de CEPAL/CELADE y de la Contraloría General de la República.

Además de los retos ya mencionados, la competitividad se agrega a ellos, pues durante los últimos años algunos productos han perdido participación en el mercado americano, entre ellos destacan los animales vivos, gomas y resinas, madera y sus manufacturas. En tanto que los productos que definitivamente se han dejado de exportar son los peces, además de productos de origen animal, plantas y flores, café sin tostar, yerba maté y especias, y tabaco y sucedáneos del tabaco.<sup>11</sup> De acuerdo con la clasificación que se realiza para analizar el crecimiento del comercio internacional, Panamá tiene competitividad para exportar a Estados Unidos los siguientes grupos de productos: semillas y frutos oleaginosos, productos de molinería, preparaciones a base de cereales, preparación de legumbres, hortalizas, frutas, bebidas, líquidos alcohólicos, alimentos balanceados y residuos (véase el cuadro 4).

**CUADRO 4**  
**PANAMÁ: COMPETITIVIDAD DE LAS EXPORTACIONES AGROALIMENTARIA A**  
**LOS ESTADOS UNIDOS, 2002-2007**

Código	Producto	Panamá
	Agropecuarios	
1	Animales vivos	Estrella menguante
2	Carne bovina fresca y refrigerada	No definido
3	Peces vivos	Retirada
4	Lácteos y miel	Oportunidad perdida
5	Demás productos de origen animal	Retirada
6	Plantas y flores	Retirada

(Continúa)

<sup>11</sup> Véase CEPAL, sobre la base de cifras del Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional (MAGIC), Estrellas nacientes: son mercados dinámicos y los productos ganan participación. Estrellas menguantes: mercado dinámico con menor participación de productos. Oportunidades Perdidas: mayor participación de productos en mercados estancados. Retirada: mercados estancados y los productos pierden participación.

**CUADRO 4** (continuación)

Código	Producto	Panamá
7	Legumbres y hortalizas	Oportunidad perdida
8	Frutos comestibles	Oportunidad perdida
9	Café sin tostar, té, yerba 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	No definido
15	Grasas y aceites animales o vegetales	No definido
16	Preparaciones de carne	Oportunidad perdida
17	Azúcares y artículos de confitería	Oportunidad perdida
18	Cacao y sus preparaciones	Oportunidad perdida
19	Preparaciones a base de cereales	Estrella naciente
20	Preparación legumbres, hortalizas y frutas	Estrella naciente
21	Preparaciones alimenticias diversas	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	Estrella menguante

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

## 2. Servicios ambientales

Los servicios ambientales se definen como las actividades que producen bienes y servicios para medir, prevenir, limitar, minimizar o reparar los daños ocasionados al agua, la atmósfera o el suelo, así como los problemas relacionados con los desechos, los ruidos y los ecosistemas<sup>12</sup>. Panamá es un país que presenta una serie de condiciones de logística comercial y posición geográfica que le permite incursionar en la explotación sustentable de servicios ambientales que a continuación se describen:

a) Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la fijación de carbono, dado que 35% del territorio panameño lo constituyen áreas protegidas y ocupa el segundo lugar de mayor densidad de vida natural por kilómetro cuadrado;

b) El medio rural contribuye con la provisión de servicios ambientales y tiene el gran reto de preservar y conservar el medio ambiente. Con la adhesión de Panamá a la Organización Mundial del Comercio (OMC) en 1997, se obtuvieron grandes posibilidades de desarrollo sustentable en el país, pero también se adquirieron nuevas obligaciones y tareas, como la concientización a la población de la importancia que tiene el proteger y salvaguardar la biodiversidad para las generaciones presentes y futuras;

<sup>12</sup> Definición de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) para servicios ambientales.



c) La generación de energía eléctrica a partir de biomasa en cinco ingenios (tres privados y dos estatales), dedicados a la producción de azúcar, alcohol y melaza, ubicados en la zona central y occidental del país. Panamá produce 53% de su energía a base de hidroeléctricas y el resto en termoeléctricas. El impacto a la biodiversidad por la construcción de éste tipo de plantas ha sido devastador, pues se han tenido que desviar e incluso secar ríos para poder alimentarlas.

Si bien los gobiernos comenzaron a impulsar las plantas micro hidroeléctricas bajo el argumento de que tenían menor impacto al medio ambiente, en el marco del protocolo de Kyoto y la promoción de mecanismos de desarrollo limpio (MDL), esto no se ha visto en el caso particular de Panamá, ya que con la construcción de éstas se ha violentado el objetivo primordial de dicho protocolo, que es el reducir la emisión de GEI, y

d) En recursos hídricos, Panamá es el país más estrecho del Istmo Centroamericano; sus ríos son de corta longitud, lo que provoca que descarguen al litoral costero. La nación cuenta con 51 cuencas hidrográficas, de las cuales 18 son del Atlántico y 33 del Pacífico, además de cinco embalses.

### 3. Panamá ante el cambio climático

#### a) Efectos del cambio climático en la agricultura en los últimos años

Las estadísticas mundiales sobre fenómenos naturales señalan que la presencia de desastres se ha intensificado recientemente. En el caso de Panamá, los dos tipos de desastres naturales que ocurren con más frecuencia son los deslizamientos e inundaciones durante la estación lluviosa, los cuales además de generar pérdidas humanas, daños a la infraestructura, también afectan considerablemente al sector agropecuario.

En el período 1990-2004 se contabilizaron casi 650 inundaciones y poco más de 250 deslizamientos. Tan sólo en 1998 se registraron las mayores incidencias; 137 y 49, respectivamente. Las provincias que más inundaciones ha padecido son: Panamá con 37% del total, Bocas del Toro con 11,6% y Chiriquí con 10,5%, mientras que las que menos incidencia de inundaciones han sufrido son Herrera con 3,9%, Colón con 5,1% y la Comarca de KunaYala con 3,2% (ANAM, 2006)<sup>13</sup>.

Los fenómenos naturales mencionados anteriormente (junto con otros, tales como huracanes, sequías, etc.), suelen manifestarse con particular dureza en la agricultura y el medio rural. Son estos sectores donde se han registrado el mayor número de muertos, miles de viviendas han quedado destruidas, pero sobre todo serias afectaciones a la agricultura. Esta situación podría no ser casual pues, como ya se ha mencionado, la pobreza —condición que afecta a pequeños productores agropecuarios— ha sido identificada como una de las principales responsables de esa fragilidad, lo cual puede entenderse como un círculo vicioso entre pobreza, vulnerabilidad y desastres. Así, los habitantes rurales que han optado por la agricultura como medio de subsistencia y en su mayoría de escasos recursos tienen dificultad para evitar, enfrentar, y resistir el impacto de un peligro natural<sup>14</sup>. Por ejemplo, la sequía de 2001 que afectó el agro

<sup>13</sup> En el caso de las inundaciones, éstas son ocasionadas de manera natural; en gran medida por incremento de las aguas que escurren sobre la superficie, debido a la pérdida de capacidad de infiltración de agua y a la obstaculización del flujo en los cursos de agua en las cuencas hidrográficas. Sin embargo, algunas actividades humanas han ocasionado que los asentamientos humanos se ubiquen en áreas aluviales propensas a inundaciones. Por su parte, los deslizamientos son generados por la combinación de múltiples factores, tales como: pendientes abruptas, condiciones del agua subterránea, suelos o rocas con baja resistencia, mal uso del suelo, erosión, sismos, y períodos largos de lluvias intensas.

<sup>14</sup> Véase Méndez, *op. cit.*



panameño muestra que las mermas por daños y pérdidas ascendieron a 26,3 millones de dólares, de los cuales el 62% estuvo representado por las pérdidas y 38% por los daños causados al sector (véase el cuadro 5).

**CUADRO 5**  
**PANAMÁ: DAÑOS Y PÉRDIDAS EN SECTOR AGROPECUARIO POR LOS DESASTRES, 2001**  
(En millones de dólares)

Año	Evento	Daños y pérdidas totales	Total	Agropecuario		Porcentaje		
				Daños <sup>a</sup>	Pérdidas <sup>b</sup>	Agropecuario/ total	Daños/ agropecuario	Pérdidas/ agropecuario
2001	Sequía	26,3	11,3	38,7	23,4	22,2	62,3	37,7

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

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

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

## b) Estrategias, políticas y programas frente al cambio climático

A partir de la segunda Conferencia Mundial del Clima realizada en 1990, la comunidad científica internacional reconoció el cambio climático global como una realidad del nuevo milenio, que tiene que ser combatida para garantizar la sostenibilidad de la vida en el planeta tanto para las generaciones presentes como las futuras. El gobierno de Panamá, se ha sumado a este esfuerzo y a los de la CMNUCC<sup>15</sup>. Como muestra de ello, a la fecha ha creado el Programa Nacional de Cambio Climático (PNCC), un Grupo Consultivo de Servicios Ambientales (GCSA) y la Fundación de Servicios Ambientales (FUPASA), que de manera conjunta, buscan emprender acciones para hacer frente al cambio climático.

Asimismo, en 1998 fue creada la ANAM, organismo intermediario entre el gobierno panameño y la CMNUCC, quien busca involucrar a los sectores gubernamental, privado y las organizaciones no gubernamentales en la generación de programas y medidas que incorporen cambio climático en el planeamiento para un desarrollo nacional sostenible.

Actualmente, la ANAM coordina 42 proyectos. Sin embargo, aquí sólo se abordarán tres, por considerarlos de suma importancia para mitigar los efectos del cambio climático. En particular se dará un especial énfasis a la Segunda Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático<sup>16</sup>.

i) Conservación de Ecosistema Cambio Climático y Desertificación. Busca promover, mitigar, compensar y controlar la desertificación en las zonas con la puesta en práctica del manejo sostenible en el uso del suelo, procurando restaurar ecosistemas a su integridad completa, estabilidad y sus funciones dentro del contexto regional. A través de capacitaciones en las áreas de biodiversidad, cambio climático y recursos hídricos, se pretende brindar las herramientas para mejorar el conocimiento y la toma de decisiones sobre el manejo y explotación de los recursos naturales;

ii) Fomento de Capacidades en Cambio Climático y Gestión de Cuencas Hidrográficas. La meta principal del proyecto es crear una agenda que permita fomentar las capacidades en Cambio Climático y Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas a nivel de América Latina y el Caribe, por medio de cursos regionales y nacionales de entrenamiento, seminarios, conferencias y talleres, y

<sup>15</sup> Mediante el cual se busca “lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático, para asegurar que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”.

<sup>16</sup> Para mayores detalles del proyecto véanse UCCD, 2007 y ANAM, 2009.

iii) Habilitación para la Segunda Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático: Cabe mencionar que éste es el principal proyecto que tiene en puerta la ANAM, pues busca resumir los avances que ha logrado Panamá en el cumplimiento de los compromisos asumidos ante la CMNUCC, así como las necesidades que aún prevalecen. El objetivo general es crear la Segunda Comunicación Nacional de acuerdo con las normas aprobadas por la Conferencia de las Partes en su Octava Sesión (Decisión 17/CP.8).

Los productos esperados de la Segunda Comunicación sobre Cambio Climático son<sup>17</sup>:

1) Circunstancias nacionales. Busca presentar la situación actual que guarda el país en temas como territorio, población, clima, situación económica, información de los diferentes sectores, evolución que han tenido en los últimos años variables socioeconómicas que hacen al país más vulnerable al cambio climático, un ejemplo palpable lo representa el crecimiento de la densidad de población sobre las costas de Panamá;

2) Inventario GEI. Actualizará el inventario GEI de la PCNCC del año 2000 y generará guías sobre las buenas prácticas para el cambio y uso de la tierra y silvicultura. Los GEI incluidos serán: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) por fuentes y la absorción por sumideros. Emisiones antropogénicas por fuentes de hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y emisiones antropogénicas por fuentes de otros gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, tales como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) y los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>);

3) Adaptación al cambio climático. Determinará las áreas prioritarias, así como los sectores más vulnerables (agrícola, marino costero, energético, forestal, salud humana, recurso hídrico). Para ello se harán evaluaciones integrales de vulnerabilidad y adaptación que incluyan las múltiples relaciones de las regiones prioritarias de tal manera que se incluyan los problemas ambientales (tales como la erosión costera, explotación y conservación de arrecifes, deforestación, manejo de desechos) con los demográficos, y su capacidad de respuesta de recursos financieros asociados, entre otros. Así por ejemplo, en el sector agricultura se harán evaluaciones que contemplen la vulnerabilidad de los cultivos ante el cambio climático y su relación con la seguridad alimentaria, y

4) Medidas de mitigación. Entre otras cosas, incluirá la realización de análisis, a base de metodologías y herramientas, que permitan estimar los costos e impactos potenciales de las diferentes tecnologías y prácticas para atenuar el cambio climático, haciendo un especial énfasis en los recursos técnicos utilizados, proyecciones de escenarios de mitigación utilizada para reflejar un futuro con mitigación de cambio climático como eje central.

Como se ha presentado a lo largo de este apartado, los fenómenos naturales se han intensificado recientemente originando que la población viva en condiciones de mayor vulnerabilidad, sobre todo la que habita el sector rural. Sin embargo, el gobierno de Panamá ha emprendido fuertes acciones de mitigación para hacer frente a este tipo de fenómenos naturales, pese a ello y considerando que las inundaciones y deslizamientos son los fenómenos más importantes, algunos retos que enfrenta son: a) evitar que los asentamientos humanos se establezcan en las áreas vulnerables a inundaciones y deslizamientos; b) controlar la deforestación y cuidar las fuentes de energía primaria, de manera que sean usadas con moderación, y c) integrar los sectores gubernamentales y privados, así como la sociedad en general para la solución de estos fenómenos identificados<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> La meta principal del proyecto es la de fortalecer la capacidad técnica e institucional, para asistir a Panamá en la incorporación de la temática del cambio climático en las prioridades de desarrollo sectoriales y nacionales y con ello cumplir sus compromisos como parte de la Conferencia de las Partes en la CMNUCC.

<sup>18</sup> Véase ANAM, *op. cit.*

### III. METODOLOGÍAS

La productividad agrícola está determinada fundamentalmente por cuestiones climáticas, ello indica que los posibles acontecimientos relacionados con el cambio climático podrían influir de manera significativa en el sector agrícola y con ello afectar los tipos de cultivos, su producción y las frecuencias e intensidad de las cosechas. Sin embargo, llevar a cabo este tipo de estudios resulta complejo pues deben tomarse en cuenta un conjunto de variables que pueden interferir, así como la idea de que el ser humano es capaz de adaptar su comportamiento ante los cambios (Adams y otros, 1999; Maddison y otros, 2007).

Como se mencionó anteriormente, una de las herramientas más frecuentemente utilizadas para realizar este tipo de análisis es la función de producción, que ayuda a estimar los diferentes tipos de efectos del clima, por ejemplo, los aumentos en la precipitación y temperatura sobre la producción agrícola. De acuerdo con Mendelsohn y otros (1994), deben tomarse algunas reservas en cuanto a su uso, ya que, al no incorporar las innovaciones de los productores para mitigar situaciones adversas de índole económica y ambiental, presenta una limitación importante que puede conducir a sobrestimaciones de los efectos negativos y consecuentemente a predecir severas reducciones en los rendimientos de los cultivos, las cuales pueden ir desde modificaciones tecnológicas hasta cambios en los precios de los insumos o en la disponibilidad de recursos.

Pese a ello, el enfoque en cuestión es bondadoso, pues permite medir los efectos sobre los diferentes cultivos. Por otra parte, ofrece escenarios climáticos confiables en cuanto a la relación entre los rendimientos de los mismos y las condiciones climáticas. También ayuda a identificar los valores máximos a partir de los cuales las condiciones climáticas se vuelven perjudiciales, así como los umbrales de temperatura y precipitación óptimos.

Un análisis mediante el cual es posible corregir el sesgo en las estimaciones basadas en la función de producción es el “enfoque Ricardiano”. Esta metodología es útil para estudiar cómo el clima afecta el valor neto de las tierras cultivadas. Esto se debe a las principales características que presenta; mide directamente los precios o ganancias agrícolas, y los impactos directos del clima en los diferentes cultivos, incluye la sustitución de diferentes insumos, la introducción de diferentes actividades y otras adaptaciones potenciales a climas distintos (Mendelsohn y otros, 1994). De esta manera, el enfoque permite analizar de manera más integral cómo los agricultores enfrentan los cambios futuros en el clima mediante la búsqueda de una mayor renta de la tierra (diferentes usos de la tierra). Vale la pena mencionar que una limitación importante es que este tipo de modelaciones no permite conocer los efectos sobre cultivos específicos.

Dadas las características de ambas metodologías, es posible considerarlas complementarias. A diferencia de muchos estudios que utilizan sólo una de ellas, en éste emplearemos ambas orientaciones, considerando sus limitaciones y tratando de obtener el mayor provecho de cada uno de ellos. En particular, el enfoque Ricardiano permitirá analizar los efectos sobre el valor de la tierra, mientras que la función de producción la utilizaremos para estudiar los resultados del cambio climático sobre la producción y los rendimientos de diferentes cultivos. A continuación se detalla una descripción de ambas técnicas.

## 1. Enfoque de la función de producción

En términos generales, la teoría económica muestra que una función de producción es una herramienta de análisis que permite relacionar las cantidades de factores que se requieren ( $\mathbf{X}$ ) y la forma en que se combinan para producir un bien determinado ( $Y$ ).

$$Y = f(X) \quad (1)$$

Una definición más elaborada se encuentra en Fleischer y otros (2007), estos autores señalan que una función de producción agrícola ( $Q$ ) puede expresarse como una combinación de variables endógenas, exógenas y de variables que representan la habilidad o capacidad de los agricultores. Asimismo, las variables endógenas ( $\mathbf{x}$ ) pueden incluir trabajo, capital y otros insumos. En tanto que las exógenas  $\mathbf{c}$  comprenden variables climáticas. Por su parte, las características de los agricultores ( $\mathbf{z}$ ) incluyen variables de capital humano.

En términos formales la función de producción agrícola seguiría la siguiente notación:

$$Q_t = f(x_t, c_t, z_t) \quad (2)$$

En este caso, el nivel de producción de un producto determinado estaría representado por  $Q_t$ , donde el subíndice  $t$  indica el año considerado.

Mientras que la función de beneficios de un agricultor que produce  $n$  cultivos en el período  $t$  podría asumirse como:

$$\pi_t = \sum_{j=1}^n [p_{jt} Q_{jt}(x_{jt}, c_t, z_t) - w_t x_{jt}] \quad (3)$$

En la ecuación (3)  $p_j$  expresa el precio del producto  $j$ ,  $Q_j$  es la función de producción del producto  $j$  y  $w$  es el vector de precios de los insumos.

Un supuesto subyacente a este tipo de modelación es que los agricultores buscan maximizar sus beneficios y, consecuentemente eligen aquella cantidad de insumos ( $\mathbf{x}^*$ ) que se les permita, dadas las variables exógenas. La cantidad óptima de insumos debe satisfacer la siguiente condición de primer orden para cada uno de los períodos estimados:

$$p_j (\partial Q / \partial x_j) = w \quad j=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Considerando los enfoques de funciones de producción antes descritos, en este estudio se examinan, en una primera parte, los efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria, la cual es representada a partir los índices de producción, para lograr tal propósito, la producción se consideró en tres grandes categorías: agropecuaria, de cultivos y pecuaria. Considerando la ecuación (2), es posible modelar cada uno de los índices de producción, mediante las siguientes especificaciones econométricas:

$$Agropecuaria_t = \alpha_1 + C_t \alpha_2 + Z_t \alpha_3 + X_t \alpha_4 + \varepsilon_{1t}, \quad t=1, \dots, T \quad (5)$$

$$Cultivos_t = \beta_1 + C_t \beta_2 + Z_t \beta_3 + X_t \beta_4 + \varepsilon_{2t}, \quad t=1, \dots, T \quad (6)$$

$$Pecuaria_t = \delta_1 + C_t \delta_2 + Z_t \delta_3 + X_t \delta_4 + \varepsilon_{3t}, \quad t=1, \dots, T \quad (7)$$

Los coeficientes que han de ser estimados están representados por  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$  y  $\delta_i$  y los  $\varepsilon_{it}$  son los términos de error de cada una de las ecuaciones de los índices de producción respectivos.

Posteriormente se realiza un análisis de los efectos del cambio climático sobre el rendimiento de tres productos agrícolas: maíz, arroz y banano. Las ecuaciones a estimar para estos tres cultivos asumen la siguiente forma:

$$Maiz_t = \alpha_1 + C_t\alpha_2 + Z_t\alpha_3 + X_t\alpha_4 + u_{1t}, \quad t=1, \dots, T \quad (8)$$

$$Arroz_t = \beta_1 + C_t\beta_2 + Z_{it}\beta_3 + X_{it}\beta_4 + u_{2t}, \quad t=1, \dots, T \quad (9)$$

$$Banano_t = \delta_1 + C_t\delta_2 + Z_{it}\delta_3 + X_{it}\delta_4 + u_{3t}, \quad t=1, \dots, T \quad (10)$$

De esta forma  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$  y  $\delta_i$  representan los coeficientes que siguen a cada una de las matrices que contienen las variables explicativas y los  $u_{it}$  constituyen los términos de error para estos modelos.

Realizada la estimación de las funciones de producción es posible proceder a estimar el efecto sobre las distintas variables dependientes (índices de producción o rendimientos de cultivos) ante las variaciones de uno o más factores, tales como la temperatura y precipitación. Consecuentemente, es posible estimar el rendimiento máximo por cultivo y los valores óptimos de cada uno de los factores que permitirían tal evento.

Mientras tanto, el rendimiento de los productos cultivados o el valor de los mismos son determinados por las variables climáticas (exógenas). De esta manera, mayores niveles de temperatura conllevan aumentos en la demanda de agua necesaria para el crecimiento de las plantas y, en consecuencia, pueden aumentar o disminuir la producción de un cultivo determinado. En lo que respecta a la precipitación, ésta tiene un papel diferente dependiendo de si se trata de áreas irrigadas o no; así por ejemplo, en áreas que no cuentan con riego el agua necesaria para los cultivos proviene directamente de la precipitación, antes y durante la época de crecimiento.

El propósito fundamental de esta investigación es medir la relación entre los rendimientos de los cultivos y las condiciones climáticas. Por lo tanto, aun cuando la función de producción no captura por completo la adaptación y estrategias de mitigación de los agricultores para enfrentar el cambio climático, sí ofrece resultados auténticos y posibilita, al basarse en variables observadas, la estimación directa de la relación de variables climáticas y rendimientos agrícolas.

## 2. Enfoque Ricardiano

Mediante el empleo de algunas herramientas económico-matemáticas es posible pronosticar los efectos que el cambio climático ha tenido en el pasado sobre la productividad agrícola. Así por ejemplo, mediante el uso de un modelo de evaluación ambiental, Mendelsohn (2007) pudo señalar que uno de los efectos del cambio climático durante el período de 1960 a 2000 ha sido un incremento de 2% a 4% en la producción agrícola global. Sin embargo, aclara que estos resultados deben tomarse con reserva, pues el cambio climático en un futuro puede ser benéfico hasta cierto punto. No obstante, a partir de un incremento en la temperatura de 2,5° C podrían generarse efectos adversos. A continuación, se detalla la forma en que se estima un modelo Ricardiano, que representa una metodología importante para realizar este tipo de cálculos.

El modelo Ricardiano fue propuesto por David Ricardo, quien planteó que el valor de la tierra muestra su productividad neta mediante el ingreso neto de la tierra. Los supuestos de los cuales parte asumen que los productores agrícolas maximizan el ingreso neto ( $\pi$ ). Una de las primeras aplicaciones de este enfoque fue realizada para explicar la variación del valor de la tierra entre diferentes zonas climáticas (Mendelsohn y otros, 1994). A partir de entonces ha sido uno de los enfoques líderes en el análisis de los efectos directos del cambio climático en la productividad agrícola. El modelo Ricardiano puede ser expresado a partir de la siguiente formulación:

$$\pi = \sum P_j Q_j(x, c, z) - \sum w_x x \quad (11)$$

Se asume que  $P_j$  es el precio de mercado del cultivo  $j$ ,  $\mathbf{x}$  un vector de insumos,  $\mathbf{w}_x$  el vector de precios de los insumos,  $\mathbf{c}$  un vector de variables climáticas y  $\mathbf{z}$  representa un vector de otras variables que afectan la producción del cultivo  $j$ . Para maximizar el ingreso neto de cada cultivo, los productores eligen  $\mathbf{x}$ , considerando las características intrínsecas a la unidad de producción (temperatura, precipitación, tipo de suelo, acceso a mercados, entre otros), así como el precio de mercado de los productos. De esta manera se obtiene la función óptima, la cual puede ser expresada como:

$$\pi^* = f(P_j, c, z, w_x) \quad (12)$$

Utilizando la especificación anterior, es posible determinar cómo los cambios en variables exógenas contenidas en  $\mathbf{c}$  y  $\mathbf{z}$  afectan la productividad neta de la tierra. Así, el valor de la tierra (LV) representa el valor presente del flujo de ingresos netos, cuya notación es:

$$LV = \int_0^{\infty} \pi_t^* \cdot e^{-rt} dt \quad (13)$$

Describimos  $r$  como la tasa de interés del mercado.

Frecuentemente se utilizan dos formas para estimar el modelo Ricardiano. En la primera es posible tener como variable dependiente el ingreso neto anual y la segunda consiste en utilizar el valor de la tierra como variable dependiente. Aplicar una u otra estrategia depende en buena parte de la disponibilidad de información. Cabe aclarar que se considera una mejor medida el valor de la tierra, ya que refleja la expectativa de ingresos en un horizonte de varios años, mientras que el ingreso neto anual sólo ofrece un resultado anual que puede variar año tras año. Debido a que el cambio climático es un fenómeno de largo plazo, es posible capturar sus efectos de una mejor manera a partir del valor de la tierra. En lo que respecta al ingreso neto anual estará afectado, más bien, por fenómenos climáticos del año al que se haga referencia, un plazo muy corto para asociar cualquier resultado al cambio climático.

Considerando el trabajo de Seo y Mendelsohn (2008<sup>a</sup>), el modelo anterior puede expresarse económicamente como:

$$LV = \beta_0 + \beta_1 \cdot T + \beta_2 \cdot T^2 + \beta_3 \cdot P + \beta_4 \cdot P^2 + \beta_5 T \cdot P + \sum_j \delta_j \cdot z_j + e \quad (14)$$

Asumimos que la variable dependiente es el valor de la tierra por hectárea, la temperatura y precipitación están representadas por  $T$  y  $P$ , respectivamente. Con frecuencia es común distinguir las diferentes temperaturas y precipitaciones que se presentan a lo largo de las estaciones del año. Asimismo,  $\mathbf{z}$  caracteriza el conjunto de variables socioeconómicas y características de suelos relevantes,  $\beta_k$  y  $\delta_j$  son parámetros a ser estimados y  $e$  expresa el término de error.

Por su parte los términos cuadráticos manifiestan la idea de que el valor de la tierra puede no responder de manera lineal ante cambios en variables climáticas. Una interpretación a esta expresión, es la siguiente; a bajos niveles de temperatura, la decisión óptima del productor puede ser cultivar trigo, no obstante, conforme la temperatura aumenta, la rentabilidad marginal del trigo es decreciente hasta alcanzar un punto en el que se vuelve negativa. De esta manera, el productor puede tomar como decisión óptima la adopción un nuevo cultivo adaptable a temperaturas mayores. Análogamente, una interpretación similar puede aplicarse a los cultivos sensibles a la precipitación pluvial. Teniendo en cuenta estas premisas, el modelo Ricardiano asume un comportamiento adaptativo de los productores a lo largo del ciclo productivo intertemporal (Mendelsohn y otros, 1994).

Así, el cambio en el valor de la tierra debido a un cambio marginal en alguna de las variables climáticas, temperatura (T) por ejemplo, puede estar representado por:

$$\frac{\partial LV_i}{\partial T} = \beta_1 + 2 \cdot \beta_2 \cdot T + \beta_3 \cdot P \quad (15)$$

La misma lógica puede ser empleada para las variables de precipitación. De esta manera y si la información lo permite, es posible determinar diferentes niveles de sensibilidad al cambio climático de los productores a partir de una caracterización de sus distintos perfiles. Mientras que 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.

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

$$\Delta LV = LV(C_1) - LV(C_0) \quad (16)$$

Cuando se ha estimado la relación funcional del valor de la tierra y las variables climáticas, simplemente se evalúa la función Ricardiana en uno y otro escenario climático para cuantificar el monto monetario por el cual el valor de la tierra, o flujo neto de ingresos, será afectado. Así por ejemplo, si  $\Delta LV < 0$ , entonces habrá evidencias de que el cambio climático traerá efectos negativos en la rentabilidad agrícola.

Como se ha señalado anteriormente, la principal limitación del modelo Ricardiano radica en el uso de la estática comparada. El resultado que muestra la ecuación (16) tiene como soporte el hecho de que el resto de las variables explicativas, tales como las cuestiones sociodemográficas, no cambian entre los escenarios  $C_0$  y  $C_1$ . Es decir, asume situaciones tales como que cualquier cambio en los niveles de educación entre  $t = 0$  y  $t = 1$  no tendrá efectos en la productividad de la tierra. Asimismo, el enfoque Ricardiano, ha sido criticado por la falta de inclusión dentro de su análisis, de los cambios en los precios agrícolas, así como por no incluir medidas, por parte de los productores, con respecto al costo de adaptación al cambio climático.

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

A lo largo de este capítulo se examinan los potenciales efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria panameña. En principio, los resultados se muestran a nivel agregado, es decir, para el total de la producción del sector. Posteriormente, se examinan a nivel de actividades; tanto para la producción pecuaria como para la de los cultivos en su conjunto. Por otra parte, se presentan algunos pronósticos sobre los probables efectos en los cultivos prioritarios: el maíz, el arroz y el banano. El estudio comprende hasta el año 2100. De manera adicional y tomando como base de las estimaciones el análisis Ricardiano se ofrecen los resultados de los efectos sobre el valor de venta de las parcelas.

El Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) generó la información necesaria sobre las dos principales variables meteorológicas empleadas en la investigación: temperatura y precipitación.

Cabe destacar que los resultados aquí presentados a pesar de que ofrecen una amplia visión de cómo serán los efectos aproximados en caso de que los mecanismos para incentivar la producción no se mejoren, es necesario poner en claro que al no ser estimaciones puntuales, debido a que están planteadas bajo escenarios probables, es previsible que estos puedan modificarse si los escenarios climáticos cambian.

##### 1. Impacto en las funciones de producción agropecuaria

El cambio climático produce modificaciones tanto en la temperatura como en la precipitación. Para la agricultura ambas variables desempeñan un papel determinante, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos depende fundamentalmente de estos factores. A continuación se presentan las estimaciones de las funciones de producción. Mediante este análisis se brinda un panorama de los posibles efectos del cambio climático en el sector agropecuario.

Como se mencionó anteriormente, el análisis se basa en la construcción de funciones de producción generadas mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y examina el efecto directo de las variables climáticas sobre la producción. Dicha relación se utiliza para proyectar cómo se comportarían los rendimientos ante modificaciones de las variables climáticas. En el siguiente capítulo se exhiben los impactos económicos consecuencia del cambio climático utilizando los modelos climáticos A2 y B2.

##### a) Datos

Se utilizaron datos del período 1961-2005, consistentes en 45 observaciones anuales. Las estadísticas descriptivas se muestran en el cuadro 6. Las variables de interés son los índices de producción agropecuaria<sup>19</sup>, producción de cultivos, y producción pecuaria, tipo Laspeyres, construidos por la FAO<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> Que incluye la producción agrícola, referida como cultivos, y la pecuaria.

<sup>20</sup> 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.



Igualmente se recurrió a las siguientes variables de control: superficie cultivada, superficie provista de riego, PEA rural, PEA total y población total. Estas variables provienen de la base FAOSTAT<sup>21</sup> y de CELADE.

**CUADRO 6**  
**PANAMÁ: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, 1961-2005**

	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Índice de producción agropecuaria <sup>a</sup>	45	78,71	18,19	41,00	106,00
Índice de producción de cultivos	45	99,62	14,81	63,00	118,00
Índice de producción pecuaria <sup>b</sup>	45	59,09	26,10	22,00	106,00
PEA (miles de habitantes)	45	782,45	313,40	378,16	1 414,50
PEA rural (miles de habitantes)	45	315,36	75,87	191,93	422,99
Población (miles de habitantes)	45	2 119,30	617,88	1 161,47	3 228,19
Superficie cultivada (hectáreas)	45	303 558,60	25 584,46	251 165,00	361 213,00
Superficie provista de riego (miles de hectáreas)	45	28,16	8,82	14,00	43,00
Precipitación acumulada anual en la época de lluvia (mm)	45	1 836,66	247,22	1 267,45	2 357,09
Temperatura promedio (°C)	45	25,32	0,42	23,96	26,02
Temperatura máxima (°C)	45	30,87	0,63	29,13	32,14

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> 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 uno.

<sup>b</sup> Los índices de producción pecuario son calculados a partir de los datos de producción de animales domésticos, que tienen en cuenta el equivalente en carne de animales vivos exportado, pero excluye el equivalente en carne de animales vivos importado.

## b) Resultados

Las funciones de producción se estimaron por medio 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 variable tierra (factor relevante en la producción agropecuaria). Igualmente, se incluyeron variables de control relacionadas con el factor trabajo: la PEA rural, la PEA total y población. 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.

## c) Índices de producción agropecuaria

La producción agropecuaria es sensible a alteraciones en las variables climáticas. Las proyecciones climáticas anticipan que el clima mundial sufrirá severas variaciones en el futuro (véase el Anexo 1). El propósito de este trabajo es, mediante el modelo de funciones de producción y el análisis Ricardiano, exponer la sensibilidad del sector agropecuario a las variaciones climáticas.

<sup>21</sup> FAO, División de Estadísticas, FAOSTAT.

Se estimaron distintas ecuaciones de índices de producción agropecuaria con diferentes medidas de precipitación acumulada y temperatura. Sólo se presentan aquellas que fueron las más robustas metodológicamente. Para cada función de producción la variable dependiente es el índice de producción restringido por la superficie cultivada.

i) Producción agropecuaria. Las estimaciones de la función de producción agropecuaria se muestran en el cuadro 7. Los signos de las variables son los esperados. Los términos lineales son positivos y los cuadráticos son negativos, estos últimos sirven para identificar los puntos a partir de los cuales las variables climáticas pueden tener efectos adversos (véanse los gráficos 1, 2 y 7). Con el fin de mostrar la robustez de las especificaciones se modificaron las variables explicativas (PEA rural, PEA total y población), la forma funcional (lineal o logarítmica), así como dos medidas de temperatura (promedio anual y máxima anual).

Los coeficientes relacionados con la precipitación son significativos en la mayoría de los casos; los relacionados con la temperatura no son significativos de forma individual. Lo anterior puede deberse a la colinealidad que se introduce al incluir los términos cuadráticos. La prueba F de significancia conjunta indica que en su conjunto todas las variables son relevantes. 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.

Para mostrar el comportamiento de la producción ante variaciones en las variables climáticas se eligió la especificación lineal (especificación (1) del cuadro 7) con precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre y temperatura promedio anual. Para la construcción de esta función se utilizó como variables de control la PEA rural y la superficie provista de riego.

En los gráficos 1 y 2 se presentan los impactos de variaciones en la temperatura y en la precipitación sobre la producción agropecuaria por separado. En estas gráficas se mantienen las variables de control constantes con los valores de 2005, para aislar el efecto del clima sobre la producción agropecuaria.

La temperatura promedio en Panamá en 2005 fue de 25° C, superior a aquella que permite obtener la producción máxima, alrededor de 21° C. Las proyecciones de cambio climático indican incrementos en la temperatura que podrían aumentar el riesgo de pérdidas en el sector al disminuir la producción agropecuaria. El gráfico 1 muestra cómo la temperatura de 2005 se ubica en la parte decreciente de la función, señal de que los efectos negativos del calentamiento global podrían ya estar ocurriendo.

**CUADRO 7**  
**PANAMÁ: ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

Ecuaciones	PEA rural			Población total	PEA total
	Lineal		Logarítmico	Lineal	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre	0,00046590 (1,906) *	0,00047650 (2,368) **	0,00156700 (1,763) *	0,00037570 (1,623)	0,00050660 (2,337) **
Precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre <sup>2</sup>	-0,00000011 (1,686) *	-0,00000011 (2,130) **	-0,00000037 (1,549)	-0,00000009 (1,408)	-0,00000012 (2,108) **
Temperatura promedio	0,05248150 (0,077)		0,15073430 (0,047)		
Temperatura promedio <sup>2</sup>	-0,00122510 (0,089)		-0,00388700 (0,061)		
Temperatura máxima		0,56571860 (1,220)		0,42729340 (0,829)	0,65424020 (1,316)
Temperatura máxima <sup>2</sup>		-0,00929710 (1,231)		-0,00699120 (0,832)	-0,01073420 (1,325)
Observaciones	45	45	45	45	45
<b>R<sup>2</sup></b>	0,83	0,83	0,85	0,80	0,81
<b>Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadísticos F)</b>					
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	5,78 ***	6,64 ***	4,98 **	4,95 **	6,45 ***
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	0,35	1,06	0,51	0,37	1,09
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	3,8 **	4,28 ***	3,49 **	2,72 **	4,06 **
Prueba de significancia conjunta de la ecuación	30,07 ***	31,39 ***	35,73 ***	25,88 ***	27,48 ***
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>					
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	1 **	1 **	2 **	3 **	3 **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1 **	1 **	2 **	3 **	1 **

Fuente: Elaboración propia.

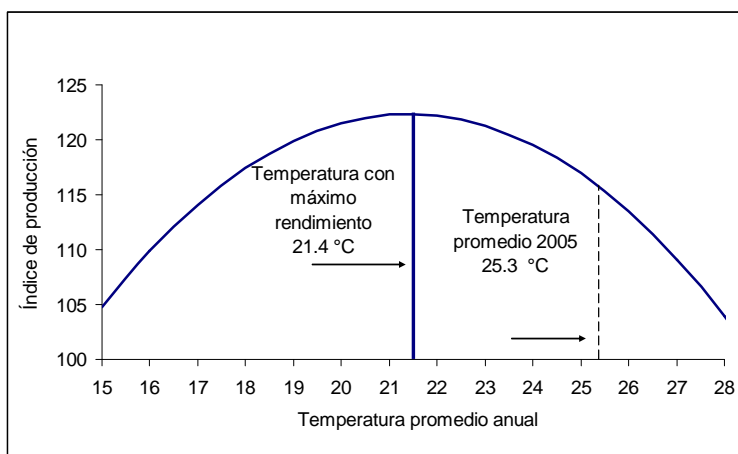
\* Estadísticamente significativo al nivel de 10%.

\*\* Estadísticamente significativo al nivel de 5%.

\*\*\* Estadísticamente significativo al nivel de 1%.

Todas las ecuaciones se estimaron constante y superficie provista de riego.

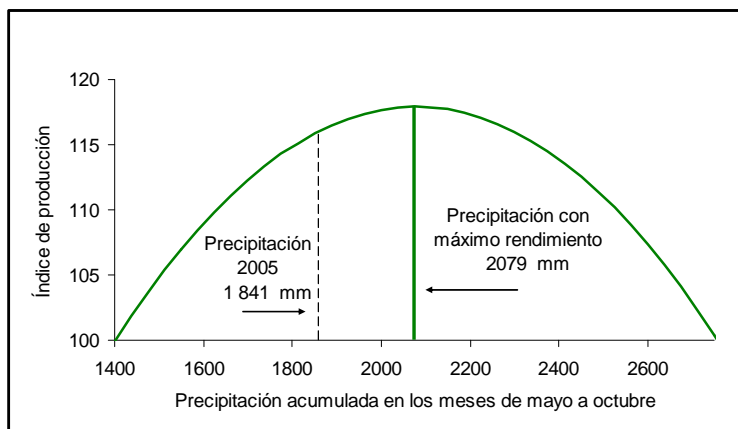
**GRÁFICO 1**  
**PANAMÁ: PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el gráfico 2 muestra el comportamiento de la producción agropecuaria ante variaciones en la precipitación. Este gráfico ilustra el nivel de precipitación que presentó Panamá en el año 2005, el cual es inferior al nivel que optimiza la producción. En caso de que la precipitación disminuya en el futuro implicaría un menor nivel de producción.

**GRÁFICO 2**  
**PANAMÁ: PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

ii) Producción de cultivos. Los resultados de las diferentes ecuaciones para los cultivos en su conjunto se presentan en el cuadro 8. Con el fin de mostrar la estabilidad de los coeficientes y la robustez de las estimaciones, igual que en el caso de la producción agropecuaria, se utilizaron diferentes medidas de temperatura, dos formas funcionales y diferentes variables relacionadas con el factor trabajo. Igualmente las pruebas de cointegración permitieron descartar la posibilidad de regresiones espurias.

Los resultados sugieren la presencia de rendimientos decrecientes en las funciones de producción. Es decir, a bajos niveles de temperatura o precipitación se estimula la producción pero a partir de cierto nivel la producción empieza a decrecer. Lo anterior se puede observar en los gráficos 3, 4 y 7. Con el fin de ser

consistentes con los resultados presentados anteriormente se eligió la especificación lineal (1') del cuadro 8, para analizar el comportamiento de la producción de cultivos ante variaciones climáticas.

**CUADRO 8**  
**PANAMÁ: ÍNDICE DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS**

Ecuaciones	PEA rural			Población total	PEA total	
	Lineal		Logarítmico	Lineal		
	(1')	(2')	(3')	(4')	(5')	
Precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre	0,0009062	0,0009202	0,0024444	0,0005451	0,0008803	
	-2,5780000 **	-2,7850000 ***	-2,0570000 **	-1,7170000 *	-2,5750000 **	
Precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre <sup>2</sup>	-0,0000002	-0,0000002	-0,0000006	-0,0000001	-0,0000002	
	-2,3010000 **	-2,4850000 **	-1,8220000 *	-1,4130000	-2,2770000 **	
Temperatura promedio	0,2634216		0,3003722			
	-0,1990000		-0,0700000			
Temperatura promedio <sup>2</sup>	-0,0055369		-0,0071242			
	-0,2100000		-0,0840000			
Temperatura máxima		1,2604490		0,7039601	1,2040330	
		-1656,0000000		-0,9960000	-	
Temperatura maxima <sup>2</sup>		-0,0207269		-0,0115180	1536,0000000	
		-1,6720000		-0,9990000	-0,0197840	
Observaciones	45	45	45	45	45	
R <sup>2</sup>	0,43	0,48	0,46	0,58	0,46	
<b>Pruebas de significancia conjunta de variables (estadísticos F)</b>						
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	8,7 ** *	10,01 ***	6,27 ***	8,80 ***	9,68 ** *	
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	0,34	2,02	0,48	0,53	1,63	
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	5,46 ** *	6,77 ***	4,20 ***	4,85 ***	6,23 ** *	
Prueba de significancia conjunta de la regresión	4,85 ** *	5,82 ***	5,49 ***	8,56 ***	5,48 ** *	
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>						
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2 **	2 **	2 **	3 **	3 **	**
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	2 **	1 **	2 **	3 **	2 **	**

Fuente: Elaboración propia.

\* Estadísticamente significativo al 10%.

\*\* Estadísticamente significativo al 5%.

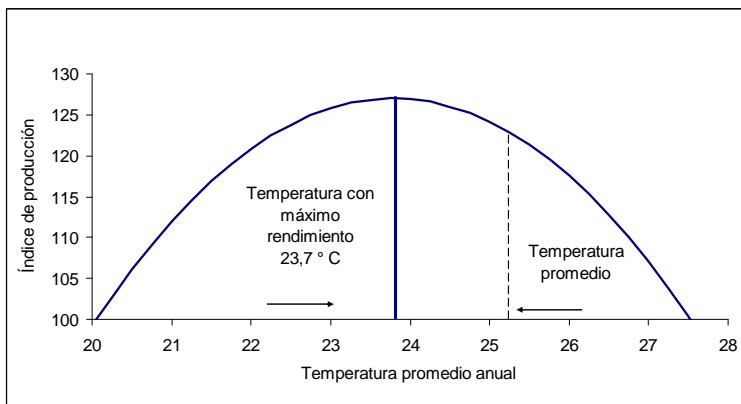
\*\*\* Estadísticamente significativo al 1%.

Todas las ecuaciones se estimaron incluyendo una constante y la superficie provista de riego.

El gráfico 3 muestra las variaciones en la producción de cultivos como consecuencia de cambios en la temperatura promedio. La temperatura de Panamá en 2005, es probable que sea mayor al nivel que

permite obtener la producción máxima de cultivos. Las altas temperaturas pueden estar ocasionando pérdidas en el sector agrícola, acrecentándose considerablemente en el futuro.

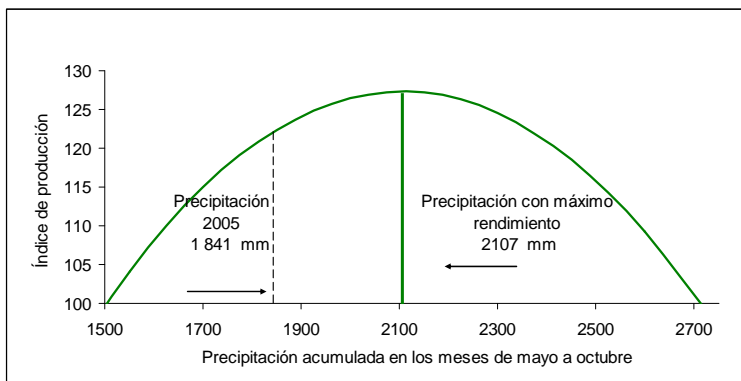
**GRÁFICO 3**  
**PANAMÁ: PRODUCCIÓN DE CULTIVOS ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados, la precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre que se presentó en Panamá en 2005 es inferior a la lluvia que permite obtener la producción óptima. Las proyecciones climáticas indican gran variabilidad en ésta, afectando directamente a la producción.

**GRÁFICO 4**  
**PANAMÁ: PRODUCCIÓN DE CULTIVOS ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

iii) Producción pecuaria. Los resultados de las ecuaciones estimadas se presentan en el cuadro 9. Ni la temperatura ni la precipitación son significativas, pero los signos son los esperados. Sin embargo, sólo se graficó la respuesta de la producción pecuaria ante cambios en precipitación y temperatura para efectos ilustrativos.

**CUADRO 9**  
**PANAMÁ: ÍNDICE DE PRODUCCIÓN PECUARIA**

Ecuaciones	PEA rural			Población total	PEA total
	Lineal		Logarítmico	Lineal	Logarítmico
	(1'')	(2'')	(3'')	(4'')	(5'')
Precipitación acumulada en los Meses de mayo a octubre	0,00007130	0,00011670	0,00068730	.0003244	.000119
	-0,30900000	(0,512)	(0,727)	(1,569)	(0,588)
Precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre <sup>2</sup>	-0,00000002	-0,00000003	-0,00000017	-	-0,00000003
	-0,318	-0,505	-0,655	-1,518	-0,581
Temperatura promedio	0,24717310		0,23642790		
	-0,285		-0,067		
Temperatura promedio <sup>2</sup>	-0,00514590		-0,00563750		
	-0,298		-0,081		
Temperatura máxima		0,09421100		.3603387	.0732673
		-0,180		-0,760	-0,158
Temperatura maxima <sup>2</sup>		-0,00154110		-	-0,001176
		-0,181		0,00592400	-0,155
				-0,768	
Observaciones	45	45	45	45	45
R <sup>2</sup>	0,89	0,88	0,94	0,89	91
<b>Pruebas de significancia conjunta de variables (estadísticos F)</b>					
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	0,06	0,13	0,62	1,37	0,17
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	0,50	0,02	0,49	0,43	0,03
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>					
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2 **	2 **	3 **	1 **	3 **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1 **	1 **	1 **	1 **	1 **

Fuente: Elaboración propia.

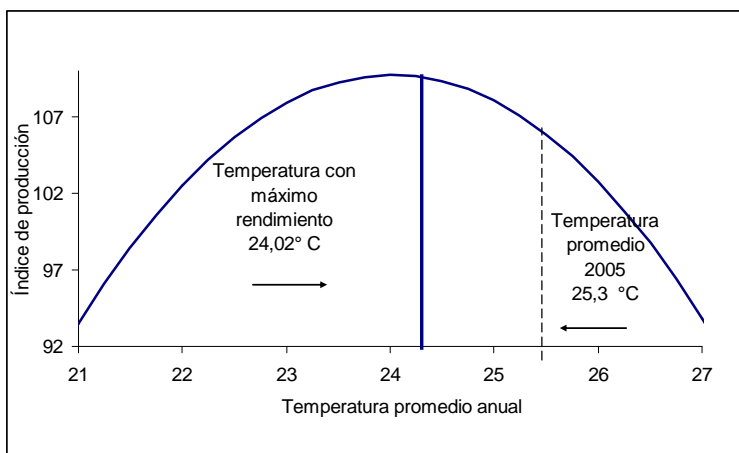
\*Estadísticamente significativo al nivel de 10%.

\*\*Estadísticamente significativo al nivel de 5%.

\*\*\*Estadísticamente significativo al nivel de 1%.

Todas las ecuaciones se estimaron incluyendo constante.

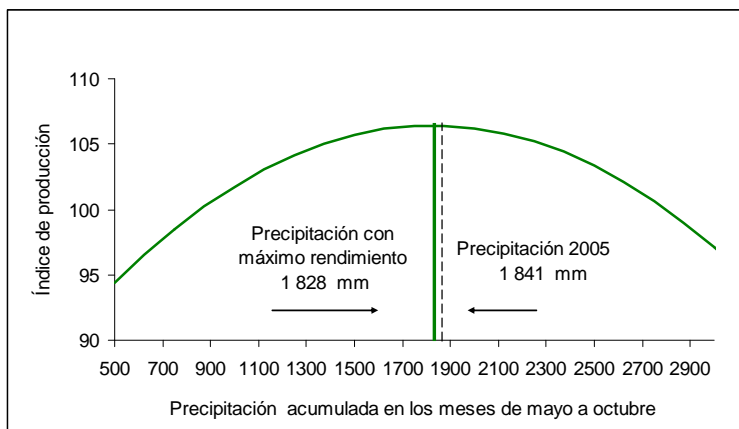
**GRÁFICO 5**  
**PANAMÁ: PRODUCCIÓN PECUARIA ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al efecto de la precipitación sobre la producción pecuaria, éste es indirecto, pues sequías o inundaciones repercuten sobre la producción de cereales y forrajes, afectando la disponibilidad de alimentos para los animales. Se observa en el gráfico 6 que el nivel de precipitación de 2005 optimiza la función de producción pecuaria.

**GRÁFICO 6**  
**PANAMÁ: PRODUCCIÓN PECUARIA ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**

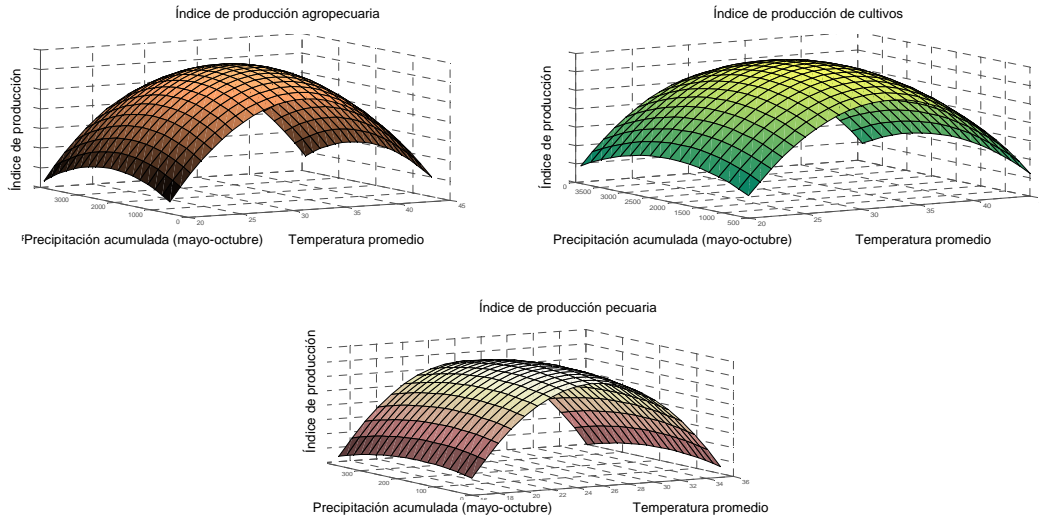


Fuente: Elaboración propia.

Debido a la inclusión de los términos cuadráticos, las funciones de producción agropecuarias presentan una forma cóncava. La producción tiende a incrementarse hasta un nivel óptimo, a partir del cual se exhiben rendimientos decrecientes (véase el gráfico 7). Los cálculos fueron realizados manteniendo las variables de control constantes en valores de 2005 y no considerando 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, banano y arroz

En Panamá el maíz, el banano y el arroz son tres productos de los más importantes en la alimentación de la población y en la economía del país. En esta sección se analizan los posibles efectos del cambio climático sobre la producción de los mismos. Las estimaciones, se realizaron también con el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), teniendo como base teórica una función de producción.

Para los tres cultivos la variable de interés son los rendimientos, medidos en toneladas producidas por hectárea. El procedimiento para el análisis consiste en encontrar un modelo que sea robusto metodológicamente para explicar el comportamiento de los rendimientos; ello a partir de información de variables climáticas (temperatura y precipitación) y de otras variables de control relacionadas con el factor trabajo, para el período 1961-2006. La relación estimada se utiliza para proyectar cómo se comportarían los rendimientos ante modificaciones en las variables climáticas.

Al estimar las relaciones se emplean diferentes expresiones de cada una de las variables climáticas y se consideran aquellas con las que los rendimientos muestren tener mayor correlación. Las expresiones de la precipitación más adecuadas en los diferentes modelos de esta sección fueron: precipitación promedio anual, y precipitación promedio en el período de mayo a octubre; en tanto que la expresión utilizada de temperatura fue la temperatura promedio anual. En todos los casos se incluyeron los cuadrados de dichas variables climáticas a fin de aproximar los puntos a partir de los cuales el clima puede tener efectos adversos. En el cuadro 10 se presentan las estadísticas descriptivas.

Para la estimación de los rendimientos se emplearon, para los cultivos que se analizan, cuatro especificaciones que consideran a la PEA rural y a la población total de forma lineal y logarítmica.

Un elemento que no fue posible incorporar es la potencial adaptabilidad de los agricultores al cambio climático, en virtud de que no se contó con información de variables que así lo permitieran. 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 sobrestimación de los efectos del cambio climático.

**CUADRO 10**  
**PANAMÁ: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS MODELOS**  
**DE RENDIMIENTOS 1961-2006**

	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Rendimientos del maíz <sup>b</sup>	46	1,046	0,218	0,675	1,461
Rendimientos del banano <sup>b</sup>	46	46,296	3,889	31,800	54,500
Rendimientos del arroz <sup>b</sup>	46	1,826	0,509	1,053	3,006
Precipitación promedio anual (mm)	46	224,367	29,558	176,756	316,521
Precipitación promedio en los meses de mayo a octubre (mm)	46	305,787	40,801	211,242	392,848
Temperatura promedio anual (° C)	46	25,327	0,413	23,961	26,018
Población Económicamente Activa rural (miles de habitantes)	46	317,759	76,763	191,930	425,680
Población (miles de habitantes)	49	2 219,939	685,222	1159,000	3444,000
Superficie provista para riego (miles de hectáreas)	46	28,478	8,993	14,000	43,000

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> Se refiere a 46 observaciones anuales correspondientes al período 1961-2006.

<sup>b</sup> Toneladas por hectárea.

#### a) El caso del maíz

Los resultados para la estimación de los rendimientos del maíz se presentan el cuadro 11. En este caso, las variables climáticas que se utilizaron son la precipitación promedio en el período de mayo a octubre y la temperatura promedio anual.

La temperatura y la precipitación parecen incentivar la producción en niveles relativamente bajos y desincentivarla en niveles relativamente altos puesto que en el mayor de los casos ambas variables tienen coeficientes positivos mientras sus cuadrados son negativos. Aunque no en todos los casos las variables son estadísticamente significativas de forma individual, de forma conjunta se obtiene significancia estadística en algunos casos. La no significancia estadística que se registra puede obedecer a que los términos lineales y cuadráticos de las variables climáticas están altamente correlacionados, lo que puede generar colinealidad en el modelo. No obstante, es preferible incluir los cuadrados a fin de capturar efectos no lineales. Las pruebas de cointegración permiten descartar la presencia de regresiones espurias.

Para analizar los efectos del clima sobre la producción del maíz se consideró la especificación (4) del cuadro 11, debido a su mayor robustez. 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.

**CUADRO 11**  
**PANAMÁ: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS POR HECTÁREA DEL MAÍZ**

Ecuaciones	PEA rural		Población total	
	Lineal (1)	Logarítmico (2)	Lineal (3)	Logarítmico (4)
<b>Variables</b>				
Precipitación promedio en período mayo-octubre	0,000378 (0,1)	-0,0022129 (0,54)	0,0019956 (0,43)	0,00037 (0,09)
Precipitación promedio en período mayo-octubre <sup>2</sup>	-0,0000007 (0,13)	0,000003 (0,46)	-0,000003 (0,43)	-0,0000009 (0,14)
Temperatura promedio anual	4,75 (1,55)	5,98 (1,71) *	3,08 (0,82)	6,231581 (1,76) *
Temperatura promedio anual <sup>2</sup>	-0,0935367 (1,55)	-0,1177692 (1,7)	-0,0598292 (0,81)	-0,122614 (1,75) *
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,9073</b>	<b>0,881</b>	<b>0,8603</b>	<b>0,8782</b>
<b>Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)</b>				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	0,07	0,59	0,09	0,19
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	1,39	1,78	1,29	2,1
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	0,79	1,54	0,66	1,31
Prueba de significancia conjunta de todo el Modelo	45,05 ** *	34,33 ** *	28,7 ** *	33,46 ** *
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>				
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	3 **	4 **	3 **	5 **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	0 *	2 **	0 *	2 **

Fuente: Elaboración propia.

Valores absolutos del t-estadístico entre paréntesis.

\* Estadísticamente significativo a nivel 10%.

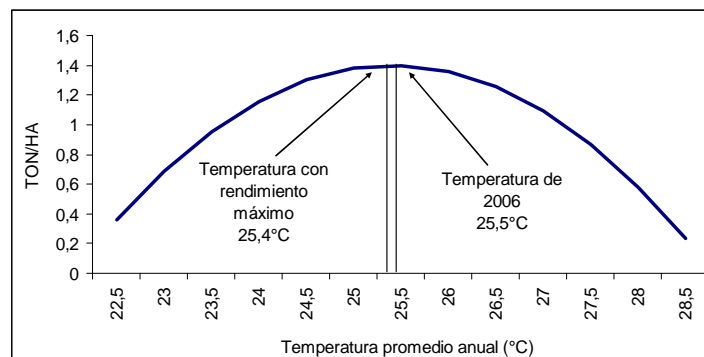
\*\* Estadísticamente significativo a nivel 5%.

\*\*\* Estadísticamente significativo a nivel 1%.

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

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.

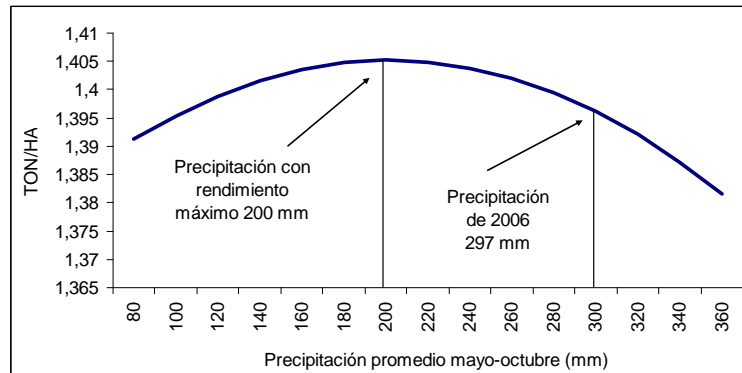
**GRÁFICO 8**  
**PANAMÁ: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 9 se presentan las proyecciones de los rendimientos del maíz, con base en las variaciones de la precipitación. Este gráfico debe tomarse como ilustrativo ya que, como se mostró antes, la precipitación no resultó estadísticamente significativa en los modelos. De acuerdo con lo que se muestra en dicho gráfico, 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**  
**PANAMÁ: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

#### b) El caso del banano

Los resultados de la estimación para los rendimientos del banano se presentan en el cuadro 12. En este caso se emplearon como variables climáticas la precipitación promedio anual y la temperatura promedio anual. Además de los términos lineales se emplearon los cuadrados de dichas variables. Aunque de forma individual la precipitación y la temperatura no muestran significancia estadística en todos los casos, de forma conjunta sí la muestran, lo que sugiere que ambas variables pueden ser relevantes para explicar el comportamiento de la producción de banano. Tanto la temperatura como la precipitación parecen mostrar un comportamiento cóncavo con respecto a los rendimientos de este producto, 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.

En el gráfico 10 se presentan las proyecciones de los rendimientos del banano ante variaciones en la temperatura, realizadas a partir de los coeficientes estimados con base en la especificación elegida (3') del cuadro 12. Como ahí se muestra es probable que para este cultivo 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.

**CUADRO 12**  
**PANAMÁ: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS POR HECTÁREA DEL BANANO**

Ecuaciones	PEA rural		Población total	
	Lineal (1')	Logarítmico (2')	Lineal (3')	Logarítmico (4')
<b>Variables</b>				
Precipitación promedio anual	0,293187 (1,74) *	0,2594877 (1,57) *	0,303836 (1,74) *	0,2364101 (1,43)
Precipitación promedio anual <sup>2</sup>	-0,0005676 (1,6)	-0,0005024 (1,45)	-0,0005893 (1,61)	-0,0004541 (1,31)
Temperatura promedio anual	75 (0,83)	89,4 (1,00)	62 (0,67)	107 (1,17)
Temperatura promedio anual <sup>2</sup>	-1,49 (0,83)	-1,77 (1,00)	-1,22 (0,66)	-2,12 (1,16)
<b>R<sup>2</sup></b>	0,583	0,5984	0,5573	0,6005
<b>Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)</b>				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	2,46 *	2	2,42 *	1,8
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	0,42	0,61	0,36	0,82
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	1,4	1,27	1,29	1,26
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	4,89 ***	5,22 ***	4,41 ***	5,26 ***
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>				
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	2 **	2 **	5 **	3 **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1 **	1 **	1 **	3 **

Fuente: Elaboración propia.

Valores absolutos del t-estadístico entre paréntesis.

\* Estadísticamente significativo a nivel de 10%.

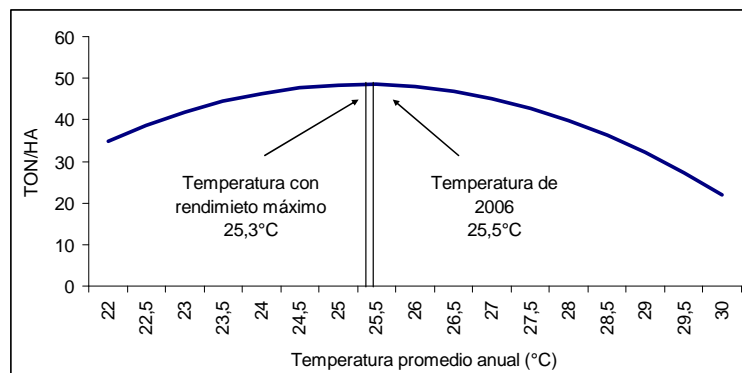
\*\* Estadísticamente significativo a nivel de 5%.

\*\*\* Estadísticamente significativo a nivel de 1%.

Todos los modelos se estimaron con constante, con la variable superficie provista para riego 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.

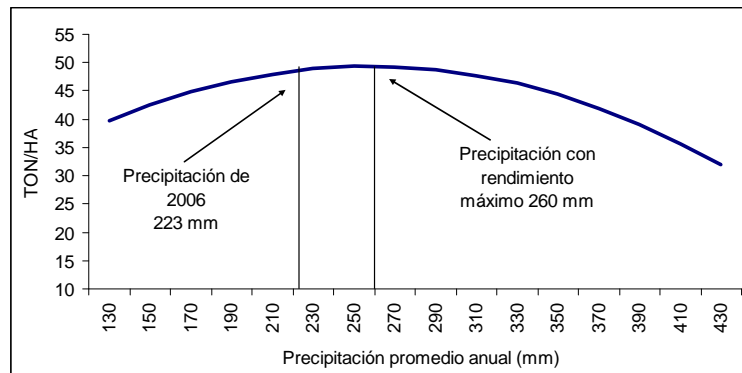
**GRÁFICO 10**  
**PANAMÁ: RENDIMIENTOS DEL BANANO ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 11, en el que se muestran los posibles rendimientos del banano ante diferentes niveles de precipitación, se sugiere que mayores niveles de precipitación a los de 2006 podrían ser benéficos para este producto, no obstante, la ganancia sería relativamente baja, ya que estaría por alcanzarse el nivel que permite obtener los mayores rendimientos.

**GRÁFICO 11**  
**PANAMÁ: RENDIMIENTOS DEL BANANO ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

### c) El caso del arroz

En el caso del arroz, las variables climáticas relevantes para la estimación de la función de producción fueron la precipitación promedio en los meses de mayo a octubre y la temperatura promedio 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 13. Como ahí se muestra, sólo la temperatura indica significancia estadística de forma individual. La precipitación que de forma individual no parece ser estadísticamente significativa, al analizarse en conjunto con las otras variables del modelo sí parece ser relevante.

Con el objetivo de mostrar consistencia con los casos anteriores, y dada su robustez, se escogió la especificación que considera a la población total de forma logarítmica, es decir, la 4'' del cuadro 13. Con base en ella se realizaron proyecciones de comportamiento de la producción a diferentes niveles de temperatura y precipitación.

**CUADRO 13**  
**PANAMÁ: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS POR HECTÁREA DEL ARROZ**

Ecuaciones	PEA rural		Población total	
	Lineal (1'')	Logarítmico (2'')	Lineal (3'')	Logarítmico (4'')
<b>Variables</b>				
Precipitación promedio en período mayo-octubre	0,005339 (0,56)	0,002 (0,2)	0,0116 (1,3)	0,0061294 (0,65)
Precipitación promedio en período mayo-octubre <sup>2</sup>	-0,000009 (0,65)	-0,000004 (0,31)	-0,00001 (1,37)	-0,0000113 (0,75)
Temperatura promedio anual	15,42 (1,94)	15,56 (1,84)	14,28 (1,98)	16,93 (2,12)
Temperatura promedio anual <sup>2</sup>	-0,305 (1,94)	-0,3074212 (1,84)	-0,2824489 (1,98)	-0,3348371 (2,12)
<b>R<sup>2</sup></b>	0,88450,	0,8718	0,9045	0,8858

(Continúa)

CUADRO 13 (Continuación)

Ecuaciones	PEA rural				Población total			
	Lineal (1 <sup>o</sup> )		Logartímico (2 <sup>o</sup> )		Lineal (3 <sup>o</sup> )		Logartímico (4 <sup>o</sup> )	
<b>Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)</b>								
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	0,88		2		1,35		1,12	
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	1,88		1,79		1,97		2,29	*
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	1,41		1,5		1,6		1,74	
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	39,3	***	35	***	48,34	***	39,76	***
<b>Prueba de cointegración de Johansen</b>								
Número de Vectores de cointegración por el estadístico de la traza	4	**	3	**	3	**	2	**
Número de Vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1	**	1	**	1	**	1	**

Fuente: Elaboración propia.

Valores absolutos del t estadístico entre paréntesis.

\* Estadísticamente significativo a nivel de 10%.

\*\* Estadísticamente significativo a nivel de 5%.

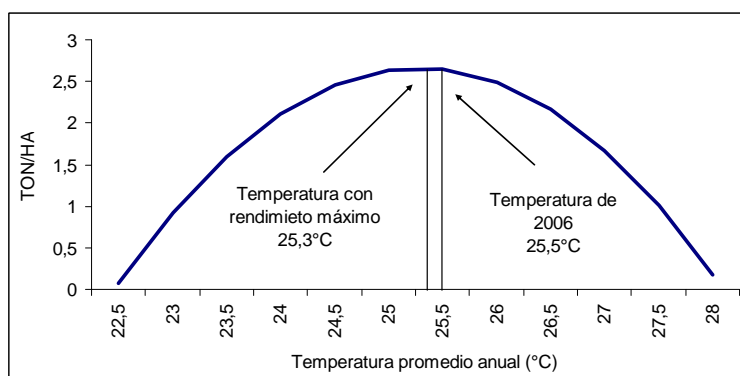
\*\*\* Estadísticamente significativo a nivel de 1%.

Todos los modelos se estimaron con constante, con la variable superficie provista para riego 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.

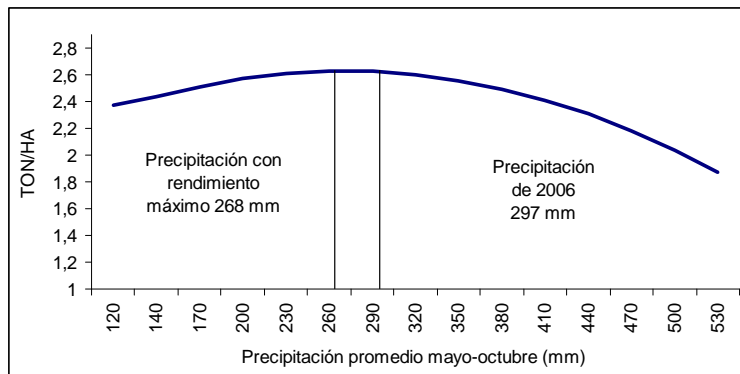
En el gráfico 12 se revela que es probable que el nivel de temperatura que permite los mayores rendimientos para este cultivo también ya haya sido rebasado, por lo que es factible que el cambio climático ya esté teniendo efectos adversos sobre este cultivo. El gráfico 13 sugiere que el nivel de precipitación de 2006 es ligeramente superior a aquél que permite lograr los mayores rendimientos, por lo que niveles de precipitación ligeramente inferiores a los de 2006 podrían ser benéficos para el cultivo del arroz.

**GRÁFICO 12**  
**PANAMÁ: RENDIMIENTOS DEL ARROZ ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA**



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 13**  
**PANAMÁ: RENDIMIENTO DEL ARROZ ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

### 3. Impacto sobre el valor de la tierra. Datos y resultados del enfoque Ricardiano: El caso de Panamá

#### a) Datos

Los datos económicos y sociodemográficos fueron obtenidos de la Encuesta de Niveles de Vida 2003 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La información de estas encuestas tiene cobertura nacional a nivel hogar e individuo. Hemos considerado las fincas o parcelas propias, de esa forma tenemos una muestra de 1.127 hogares rurales. Los datos meteorológicos, de temperatura y precipitación, 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), y los datos de las características de suelos fueron obtenidos a partir de información de FAO (2003). Estos datos comprenden información a nivel municipal y fueron incorporados a la base obtenida mediante los códigos por municipio correspondientes.

La variable dependiente que consideramos en este caso es el valor en el cual se vendería la finca o parcela propia. Este valor fue reportado por los hogares rurales que participan en actividades agropecuarias. Dicha variable se emplea en este estudio como *proxy* para medir el valor de la tierra.

#### b) Resultados

En el cuadro 14 se muestran las estadísticas descriptivas empleadas en el modelo Ricardiano. El conjunto de variables se presentan en tres grupos: sociodemográficas, agrícolas y climáticas. El cuadro 14 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 valor de venta de la parcela. Las variables climáticas sólo se presentan para el total de la muestra, 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 4,5 miembros, y la escolaridad promedio del jefe del hogar es de 1,7 años, lo cual es bastante similar con la escolaridad media del hogar sin incluir al jefe cuyo valor es 1,6.



Observamos que un jefe de hogar que se ubica en los últimos dos deciles del valor de venta de la parcela tiene 16,7% más años de escolaridad que quienes se ubican en los primeros ocho deciles. Contrariamente a esta variable, el número de miembros de los hogares que se localizan en los últimos dos deciles es menor en 8,7% con respecto al número de integrantes registrados para los primeros ocho deciles.

La edad promedio de los jefes de hogar es 52,6 años para la muestra total, siendo 52,9 años para los hogares que se ubican en los primeros ocho deciles del valor de venta de la parcela y 51,7 años para los hogares situados en los últimos dos deciles. Por otra parte, el número promedio de cuartos en el hogar registrado en la muestra es de 2,9 años, siendo mayor para los hogares que se sitúan en los últimos dos deciles del valor de venta de la parcela con 3,1, lo que representa 3,2% más cuartos para esas familias, con relación a los hogares ubicados en los primeros ocho deciles, y que tienen una media de tres cuartos.

En cuanto al género de los jefes de hogar, se puede observar que no existen diferencias apreciables entre los primeros ocho deciles y los últimos dos deciles de nuestra variable dependiente, y tenemos que en promedio 90% de los jefes de hogar son de género masculino. De igual forma, encontramos que el número medio de hogares con alumbrado público y que cuentan con una caseta de teléfono en sus comunidades no varía sustancialmente cuando comparamos entre ambos grupos de deciles para el valor de venta de la propiedad.

El valor de venta de la parcela en los últimos dos deciles, 142.725,1 dólares, sobrepasa por mucho el valor reportado para los primeros ocho deciles, 1.958,7 dólares. Específicamente se tiene una diferencia de casi 73 veces. Curiosamente, podemos observar que el número de parcelas con sistema de irrigación prácticamente no difiere entre ambos grupos de deciles, lo que podría indicarnos que el valor de venta de las fincas o parcelas no depende directamente de esta característica.

En el cuadro 14 se muestran 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. Como era de esperar, 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 se tiene 24,8° C y 2.355,2 mm/mo, respectivamente.

**CUADRO 14**  
**PANAMÁ: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS**

	Total de hogares en la muestra		Valor de venta de la parcela en los primeros ocho deciles		Valor de venta de la parcela en los últimos dos deciles	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
<b>Socio-demográficas</b>						
Tamaño del hogar	4,5	2,9	4,6	2,9	4,2	2,5
Educación promedio del hogar sin jefe (años)	1,6	0,9	1,5	0,8	1,8	1
Educación del jefe del hogar (años)	1,7	2,5	1,6	2,4	2,5	2,8
Número de cuartos	2,9	1,4	3	1,5	3,1	1,3
Edad del jefe del hogar	52,6	15,4	52,9	15,5	51,7	15,3
Género del jefe del hogar (dummy: 1 = masculino)	0,9	0,3	0,9	0,3	0,8	0,4
Alumbrado público (dummy: 1 si la comunidad tiene alumbrado público)	0,6	0,5	0,6	0,5	0,8	0,4
Caseta telefónica (dummy: 1 si la comunidad cuenta con el servicio de caseta de teléfono)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
<b>Variables agrícolas</b>						
Valor de venta de la parcela	29 937,1	164 120,8	1 958,7	2 693,2	142 725,1	346 453,1
Parcelas irrigadas (dummy: 1 si hay irrigación)	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3
<b>Variables climáticas</b>						
Temperatura mínima promedio anual (Celsius)	24,8	1,7	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio anual (Celsius)	26,7	1,9	.	.	.	.
Temperatura promedio anual (Celsius)	25,6	1,7	.	.	.	.
Temperatura promedio en estación lluviosa (Celsius)	25,5	1,6	.	.	.	.
Temperatura promedio en estación seca (Celsius)	25,6	1,8	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio en estación lluviosa (Celsius)	26,6	1,8	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio en estación seca (Celsius)	26,4	1,8	.	.	.	.
Temperatura mínima promedio en estación lluviosa (Celsius)	24,9	1,7	.	.	.	.
Temperatura mínima promedio en estación seca (Celsius)	24,9	1,8	.	.	.	.
Precipitación promedio anual (mm/mo)	196,3	51,6	.	.	.	.
Precipitación acumulada anual (mm/mo)	2 355,2	619,7	.	.	.	.
Precipitación promedio en estación lluviosa (mm/mo)	286,1	66,9	.	.	.	.
Precipitación promedio en estación seca (mm/mo)	52,7	35	.	.	.	.
<b>Tamaño de la muestra</b>		1 127		903		224

Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Niveles de Vida 2003, Panamá.

El cuadro 15 muestra los resultados de cuatro estimaciones realizadas utilizando la muestra completa de los hogares que reportaron actividad agrícola y tomando como variable dependiente el valor de venta por hectárea de la finca o parcela propias.

**CUADRO 15**  
**ESPECIFICACIONES LINEALES Y LOG-LINEALES DEL MODELO RICARDIANO:**  
**EL CASO DE PANAMÁ**

Variables	Lineales		Log-lineales	
	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo IV
Temperatura media anual	-7 152,9 (-2,08) **	-9 377,8 (-2,48) **	-0,093 (-2,24) **	-0,079 (-1,77) *
Precipitación acumulada anual	-3,4 (0,35)	-3,9 (0,39)	-0,0001 (1,05)	-0,0003 (-2,82) ***
Miembros mayores de 15 años en el hogar	3 152,0 (-1,65) *	2 946,1 (1,53)	-0,067 (-2,9) ***	-0,066 (-2,9) ***
Edad del jefe de hogar	2 807,7 (1,32)	2 501 (1,17)	0,017 (0,66)	0,013 (0,53)
Edad del jefe de hogar al cuadrado	-21,8 (1,14)	-19,5 (1,01)	-0,0001 (0,58)	-0,0001 (0,55)
Escolaridad del jefe de hogar (años)	5 517,3 (-2,5) **	5 267,9 (-2,37) **	0,122 (-4,56) ***	0,097 (-3,7) ***
Techo (dummy: 1 si el techo es de loza)	11 335,9 (0,21)	-359,1 (0,01)	1,156 (1,80) *	0,571 (0,9)
Número de cuartos en el hogar	3 241,7 (0,85)	3 167,3 (0,82)	0,202 (-4,36) ***	0,179 (-3,95) ***
Caseta telefónica (dummy: 1 si la comunidad cuenta con caseta de teléfono)	-3 022,3 (0,28)	1 584,8 (0,14)	0,272 (-2,07) **	0,373 (-2,8) ***
Luvisols		1 6361,3 (0,72)		0,971 (-3,62) ***
Nitosols		3 315,8 (0,27)		-0,229 (1,6)
Histosols		4 6127,3 (-1,94) *		0,906 (-3,23) ***
Andosols		-1 2234,6 (0,45)		1,692 (-5,28) ***
Constante	106 834,6 (0,94)	168 393,6 (1,41)	9,131 (-6,65) ***	9,37 (-6,65) ***
Estadístico F	2,08 **	1,78 **	8,39 ***	10,7 ***

Fuente: Elaboración propia.

El número de la muestra es de 1 127 hogares.

Valores absolutos del t estadístico entre paréntesis.

\* Estadísticamente significativo a nivel de 10%.

\*\* Estadísticamente significativo a nivel de 5%.

\*\*\* Estadísticamente significativo a nivel de 1%.

El modelo I considera variables sociodemográficas y dos variables climáticas: temperatura media anual y precipitación acumulada anual. En el modelo II se introducen variables *dummy* de características de suelos a nivel municipal, y en los modelos III y IV se retoman las mismas especificaciones, pero empleando la variable dependiente con logaritmo natural para homogeneizar el comportamiento de las variables presentes en el modelo.

En todos los casos el impacto de la temperatura media anual sobre el valor de la parcela es negativo y significativo. Bajo el modelo IV, tanto los efectos de la temperatura media y la precipitación acumulada anuales son significativos, además es posible señalar que la especificación global en cada uno de los casos posee significado estadístico.

En el modelo I el valor de venta de la finca o parcela propia disminuye en 7.152,9 dólares ante un incremento de 1° C en la temperatura media anual. Dicho efecto representa casi 24% del valor promedio de venta de la finca de los hogares rurales panameños. Aunque es importante distinguir entre los diferentes hogares rurales, por ejemplo, si se considera a los hogares que se encuentran situados en los últimos dos deciles del valor de venta de la finca, entonces el efecto marginal negativo representa tan sólo 5%, mientras que para los hogares de los primeros ocho deciles significaría más del 100% de pérdida. En el modelo II encontramos algo similar, solamente que el efecto marginal es más agudo, pues el valor de venta de la finca descendiendo hasta los 9.377,8 dólares, lo que representa una disminución de 31,3%.

Las variables que distinguen a los diferentes tipos de suelo: luvisols, nitosols, histosols y andosols, no presentan evidencia estadística robusta y directa para afirmar un impacto diferenciado sobre el valor de venta de la finca. Pese a que cuando se estima el modelo con logaritmo en la variable dependiente se encuentra que el tipo de suelo histosols eleva el valor de venta de la parcela, este resultado es estadísticamente significativo para los modelos III y IV.

Los coeficientes estimados de algunas variables sociodemográficas incluidas en nuestras regresiones son significativos, a saber, la variable número de miembros mayores de 15 años en el hogar, la escolaridad del jefe del hogar y el número de cuartos, lo cual parece alentar nuestra intuición sobre la relación entre el valor de venta de la finca o parcela propias, y el conjunto de factores considerados. Nuestras estimaciones podrían no reflejar la significancia estadística esperada debido al número de observaciones en la muestra o a la posible heterogeneidad de los datos empleados. En cualquier caso, la consistencia de los signos a lo largo de las cuatro especificaciones y la significancia global de cada modelo nos permiten afirmar una robustez cualitativa.

En el cuadro 16 se presentan los efectos marginales de las variables climáticas sobre el valor de venta de la finca o parcela de los hogares panameños. Los efectos anuales de la precipitación acumulada y la temperatura media se calcularon para la muestra total, empleando un nivel de confianza de 95%. El incremento en 1° C de la temperatura media implica una disminución de 7.153, 9.378, 2.809 y 2.374 dólares bajo los modelos I, II, III y IV, respectivamente. En otras palabras, existe evidencia para afirmar la presencia de un impacto negativo que va de 2.374 a 7.153 dólares en el valor de venta de la parcela. Si consideramos el promedio de los efectos marginales, 5.428 dólares, entonces la caída del valor de venta de la finca o parcela propia, respecto de su valor medio observado, es de aproximadamente 18,1%.

Por otra parte, y como efecto complementario al impacto de la elevación de la temperatura media anual, se estima que el incremento de una unidad adicional en la precipitación acumulada anual implica una disminución aproximada promedio de 5,2 dólares.

**CUADRO 16**  
**EFFECTOS MARGINALES DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS SOBRE EL VALOR**  
**DE VENTADA LA PARCELA**

Variables	Lineales		Log-lineales	
	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo IV
	Marginales			
Temperatura promedio anual	-7 152,90 (-2,08) **	-9 377,80 (-2,48) **	-2 809,01 (-2,24) **	-2 373,51 (1,77)*
Precipitación acumulada anual	-3,36 (0,35)	-3,86 (0,39)	-3,64 (1,05)	-9,98 (2,82) ***

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: Valores absolutos del t estadístico entre paréntesis

\* Estadísticamente significativo a nivel de 10%.

\*\* Estadísticamente significativo a nivel de 5%.

\*\*\* Estadísticamente significativo a nivel de 1%.

Nota 2: Los efectos marginales para los términos cuadráticos se calculan tomando en cuenta el valor medio de las variables y los coeficientes reportados en el cuadro 15.

## **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 Panamá. 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<sup>22</sup> promedio (ECHM, GFDL, HADGEM)<sup>23</sup>, A2 HADGEM y B2 HADCM3<sup>24</sup>. El escenario A2 es un escenario donde 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<sup>25</sup>.

### **1. Impactos económicos sobre la producción agropecuaria**

Con base en los coeficientes de las especificaciones (1 y 1') (véanse los cuadros 7 y 8) de las funciones de producción agropecuaria y de cultivos, en esta sección se calculan los impactos económicos en el sector. Estos impactos son ocasionados por las variaciones en precipitación y temperatura a consecuencia del cambio climático. El cálculo de los impactos económicos se realizó con base en los escenarios climáticos A2 y B2. Comparando el nivel de producción esperado según los escenarios climáticos y un escenario en el cual el clima ya no varía a través del tiempo.

El enfoque de la función de producción permite observar la sensibilidad de la producción ante cambios en las variables climáticas, así como cuantificar el impacto económico ocasionado por cambios en estas variables en los próximos años. Con el fin de aislar el efecto de la temperatura y la precipitación sobre la producción agropecuaria, las estimaciones suponen que el resto de las condiciones se mantienen constantes.

El cuadro 17 exhibe el resultado de las estimaciones de las proyecciones de la producción agropecuaria y de cultivos entre 2006 y 2100. En los gráficos 14 y 15 se observan las trayectorias de la producción, que en este caso son claramente decrecientes.

La suma de los impactos se consideró a diferentes horizontes de 2006 hasta 2100, expresadas con relación al PIB de 2007. Considerando los escenarios climáticos A2 y B2, y una tasa de descuento de 4% de forma acumulada hacia 2050, las pérdidas serían de 4% y 7% del PIB de 2007, respectivamente. Contabilizando los impactos negativos acumulados hacia 2100 con la misma tasa de descuento, las pérdidas económicas acumuladas representarían 8% y 9% del PIB. Ante una tasa de descuento de 2% las pérdidas se incrementarían a 19% en el escenario A2 y 18% en el B2.

---

<sup>22</sup> Escenarios conformados por un conjunto de variables (PIB, demografía, tecnología, energía, emisiones) que son internamente consistente.

<sup>23</sup> German High Performance Computing Centre Climate and Earth System Research (ECH); Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL); Hadley Centre Global Environmental Model (HADGEM).

<sup>24</sup> HadCM3 Third Hadley Centre Coupled Ocean-Atmosphere GCM.

<sup>25</sup> Los costos como porcentaje del PIB agropecuario se presentan en los anexos II y III.

**CUADRO 17**  
**PANAMÁ: IMPACTOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA,**  
**2020, 2030, 2050, 2070, 2100**  
*(En porcentaje del PIB de 2007)*

Año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)				Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
	Producción agropecuaria							
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	1,92	1,71	1,48	1,15	4,33	4,01	3,65	3,09
2030	3,81	3,13	2,46	1,63	6,39	5,52	4,66	3,56
2050	9,99	6,73	4,26	2,11	13,97	10,04	6,98	4,22
2070	20,33	11,33	5,86	2,32	21,27	13,25	8,09	4,37
2100	46,85	19,42	7,61	2,42	38,41	18,48	9,22	4,43
	Producción de cultivos							
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	1,46	1,30	1,13	0,87	3,22	2,99	2,72	2,31
2030	2,90	2,38	1,88	1,24	4,78	4,13	3,49	2,67
2050	7,83	5,26	3,30	1,62	10,69	7,65	5,29	3,18
2070	16,49	9,11	4,65	1,80	16,68	10,28	6,20	3,30
2100	39,99	16,25	6,19	1,89	30,95	14,64	7,14	3,35

Fuente: Elaboración propia.

Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

En el cuadro 18 se consideran los impactos en el sector agropecuario pero como promedios anuales en distintos períodos de tiempo, en este cuadro podemos observar que tomando como referencia el escenario A2 y una tasa de descuento de 4%, el promedio de pérdidas anuales de 2006 hasta 2020 serían de 0,11% del PIB de 2007; sin embargo, si tomamos como referencia las pérdidas promedio de 2070 a 2100, las pérdidas promedio anual serían de 0,06%. En el cuadro 18 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 pérdidas anuales mayores ocurrirán en el período 2006-2020.

Los gráficos 14 y 16 muestran las proyecciones de la producción agropecuaria a partir de los escenarios A2 y B2, se observa que ambas trayectorias son decrecientes, en mayor medida la que se presenta según el escenario A2. 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 (véase el Anexo I). En los gráficos se observa que independientemente del escenario climático, la producción irremediablemente disminuiría en los próximos años.

**CUADRO 18**  
**PROMEDIOS ANUALES DE IMPACTOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA**

*(En porcentaje del PIB de 2007)*

Año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)				Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
	Producción agropecuaria							
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2006 -2020	0,14	0,12	0,11	0,08	0,31	0,29	0,26	0,22
2020 - 2030	0,19	0,14	0,10	0,05	0,21	0,15	0,10	0,05
2030 - 2050	0,31	0,18	0,09	0,02	0,38	0,23	0,12	0,03
2050 - 2070	0,52	0,23	0,08	0,01	0,36	0,16	0,06	0,01
2070 - 2100	0,88	0,27	0,06	0,00	0,57	0,17	0,04	0,00

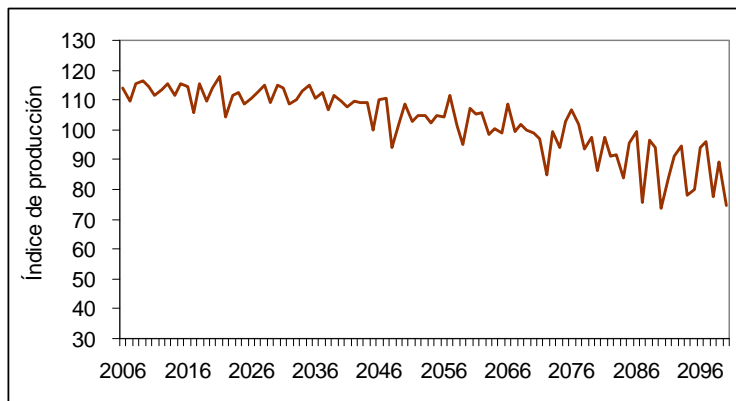
  

	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2006 -2020	0,10	0,09	0,08	0,06	0,23	0,21	0,19	0,17
2020 - 2030	0,14	0,11	0,08	0,04	0,16	0,11	0,08	0,04
2030 - 2050	0,25	0,14	0,07	0,02	0,30	0,18	0,09	0,03
2050 - 2070	0,43	0,19	0,07	0,01	0,30	0,13	0,05	0,01
2070 - 2100	0,78	0,24	0,05	0,00	0,48	0,15	0,03	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

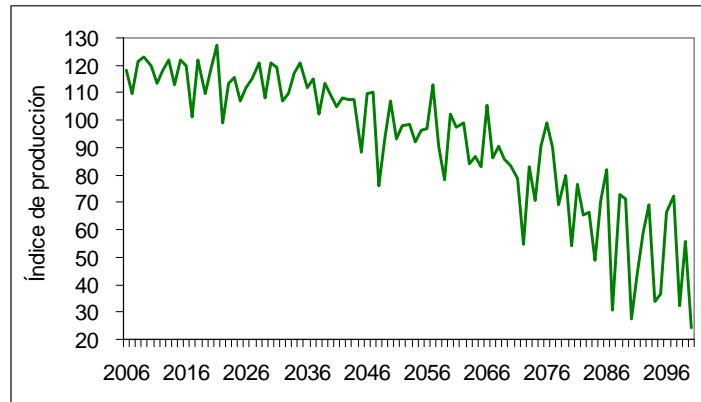
**GRÁFICO 14**  
**PANAMÁ: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2, 2006-2100**



Fuente: Elaboración propia.

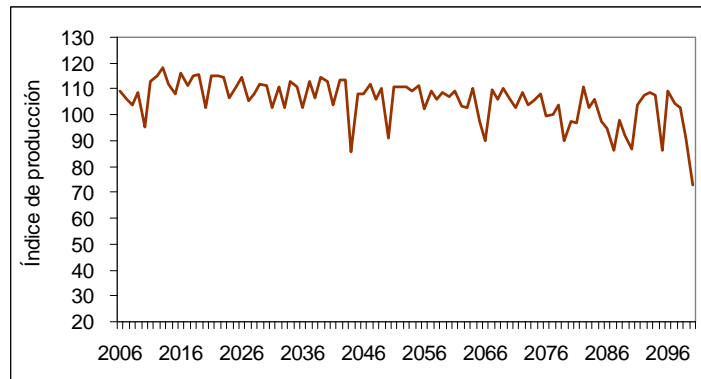


**GRÁFICO 15**  
**PANAMÁ: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2, 2006-2100**



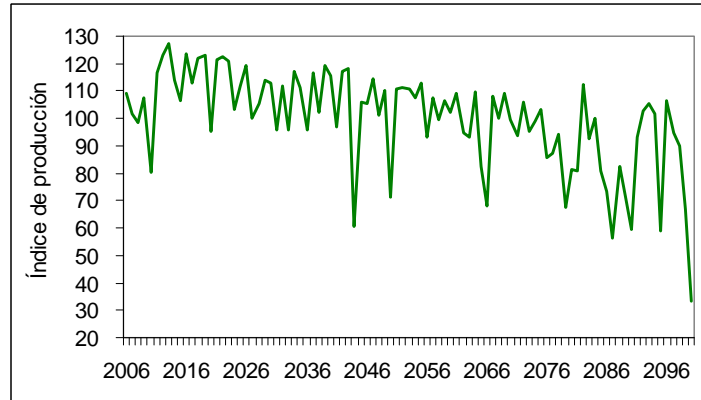
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 16**  
**PANAMÁ: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO B2, 2006-2100**



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 17**  
**PANAMÁ: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO B2, 2006-2100**



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 19 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. Tomando como referencia el escenario A2 y una tasa de descuento de 2%, las pérdidas acumuladas a 2100 ocasionadas por incrementos en la temperatura representarán 12% del PIB de 2007. En el caso de la precipitación, las pérdidas representarían 7%.

**CUADRO 19**  
**PANAMÁ: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: 2020, 2030, 2050, 2070**  
**Y 2100 PROMEDIOS ANUALES**  
*(En porcentaje del PIB de 2007)*

Año	Escenario A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)				Escenario B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)			
	Cambios en temperatura y precipitación							
	Producción agropecuaria		Producción de cultivos		Producción agropecuaria		Producción de cultivos	
	Tasa de descuento (r)		Tasa de descuento (r)		Tasa de descuento (r)		Tasa de descuento (r)	
	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
2020	1,71	1,48	1,30	1,13	4,01	3,65	2,99	2,72
2030	3,13	2,46	2,38	1,88	5,52	4,66	4,13	3,49
2050	6,73	4,26	5,26	3,30	10,04	6,98	7,65	5,29
2070	11,33	5,86	9,11	4,65	13,25	8,09	10,28	6,20
2100	19,42	7,61	16,25	6,19	18,48	9,22	14,64	7,14
	Cambios en temperatura							
	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
2020	1,28	1,10	0,98	0,85	1,03	0,91	0,79	0,70
2030	2,11	1,66	1,63	1,29	1,99	1,56	1,54	1,21
2050	4,29	2,78	3,42	2,20	4,08	2,64	3,24	2,08
2070	7,09	3,76	5,88	3,06	6,33	3,42	5,16	2,74
2100	11,93	4,80			9,25	4,06	7,77	3,32
	Cambios en precipitación							
	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
2020	0,43	0,38	0,32	0,28	2,98	2,73	2,19	2,02
2030	1,02	0,80	0,75	0,59	3,54	3,10	2,60	2,28
2050	2,44	1,48	1,84	1,11	5,96	4,35	4,41	3,21
2070	4,24	2,11	3,22	1,59	6,92	4,67	5,13	3,45
2100	7,49	2,81	5,68	2,13	9,23	5,16	6,87	3,82

Fuente: Elaboración propia.

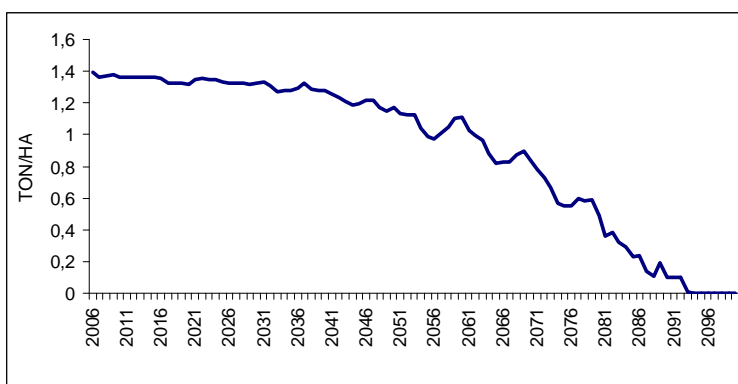
Las cuantificaciones de los impactos basados en los escenarios climáticos brindan un panorama general del comportamiento de la producción agropecuaria ante cambios en precipitación y temperatura, pero hay que considerar que las estimaciones presentadas no incluyen adaptación alguna ni cambios externos.

## 2. Impactos económicos sobre los rendimientos de maíz, banano y arroz

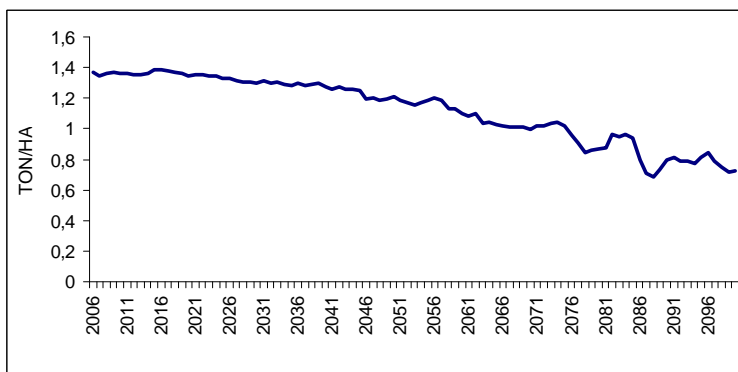
Con base en los escenarios A2 y B2 y las estimaciones obtenidas en el capítulo anterior, y mostradas en el cuadro 11, a partir de la especificación (4) se proyectó la producción del maíz entre 2006 y 2100. En el gráfico 18 se presentan estos resultados. Las trayectorias en la producción son decrecientes, en mayor medida en el escenario A2, el cual muestra incluso que hacia fines del período los rendimientos podrían ser prácticamente nulos. Es probable que no se de una situación como esa ya que los agricultores podrían adaptarse; sin embargo, de mantenerse las condiciones actuales de producción los rendimientos del maíz sí podrían verse afectados de forma importante ante el cambio climático.

Los costos que se desprenden de las estimaciones mostradas en el gráfico 18 se presentan en el cuadro 20, que se calcularon comparando los niveles de producción esperados ante los escenarios A2 y B2, y un escenario en el que el clima se mantuviera en los niveles actuales. Como ahí se aprecia, los costos económicos acumulados del cambio climático hacia 2100 serían equivalentes a perder alrededor de un punto porcentual del PIB de 2007 ante una tasa de descuento de 2%, pero a menores tasas de descuento las pérdidas podrían incrementarse.

**GRÁFICO 18**  
**PANAMÁ: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL MAÍZ, 2006-2100**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2**



**A PARTIR DEL ESCENARIO B2**



Fuente: Elaboración propia.

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

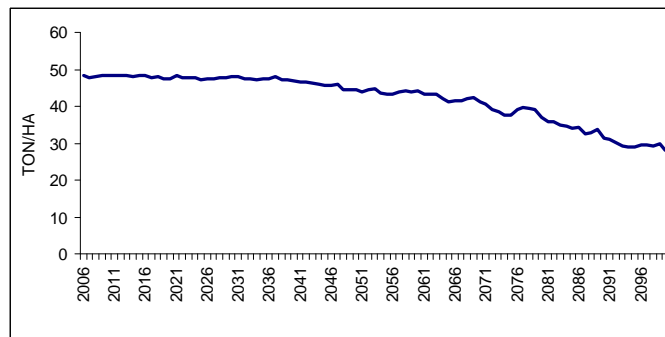
Año	Escenario A2				Escenario B2			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02
2030	0,1	0,08	0,06	0,04	0,09	0,07	0,06	0,04
2050	0,33	0,22	0,13	0,06	0,31	0,2	0,12	0,06
2070	0,95	0,49	0,22	0,07	0,75	0,39	0,19	0,06
2100	3,14	1,15	0,37	0,08	1,81	0,72	0,26	0,07

Fuente: Elaboración propia.

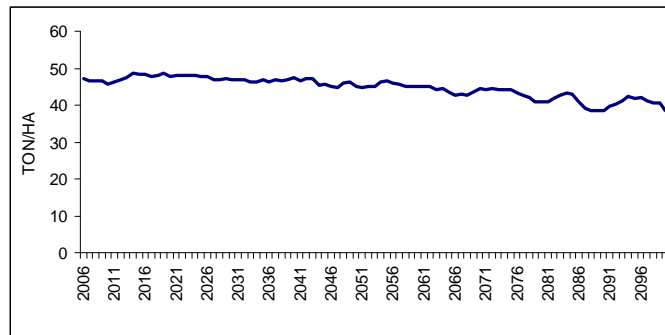
En el caso del banano, a partir de las estimaciones mostradas en el cuadro 12 (especificación 3') y los dos escenarios climáticos, A2 y B2, se proyectó la producción entre 2006 y 2100, lo cual se muestra en el gráfico 19. Los resultados de dicho gráfico sugieren que la producción del banano tendería a disminuir en los años siguientes, mayormente ante un escenario más cálido como el A2.

**GRÁFICO 19**  
**PANAMÁ: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTO DEL BANANO, 2006-2100**

**A PARTIR DEL ESCENARIO A2**



**A PARTIR DEL ESCENARIO B2**



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 21 se presentan los efectos económicos que resultarían de esta evolución en la producción del banano. Hacia 2100 los costos económicos acumulados, en términos del PIB de 2007, serían cercanos a medio punto porcentual del PIB ante una tasa de descuento de 2%, pero podrían ser mayores si la tasa de descuento es menor.

Las proyecciones para el arroz que se realizaron a partir de los dos escenarios climáticos (A2 y B2) y la especificación 4' del cuadro 13 se presentan en el gráfico 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, incluso nulas hacia fines del período. Ello sucede porque no se está capturando, como ya se ha comentado, la posible adaptación de los agricultores ante el cambio climático.

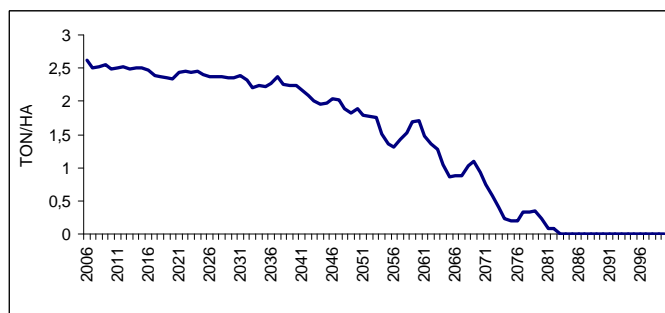
Los costos económicos acumulados hacia 2100 que se predicen de los resultados mostrados en el gráfico 20 serían de entre 4% y 5% del PIB en ambos escenarios, con una tasa de descuento de 2%, como se muestra en el cuadro 22.

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

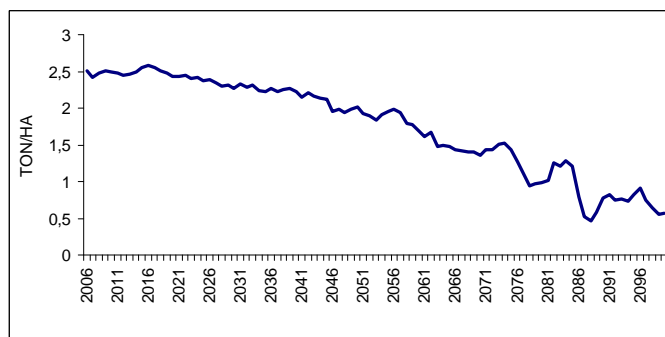
Año	Escenario A2				Escenario B2			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,03	0,03
2030	0,02	0,02	0,01	0,01	0,06	0,05	0,04	0,03
2050	0,11	0,06	0,03	0,01	0,16	0,11	0,07	0,04
2070	0,35	0,17	0,07	0,02	0,32	0,18	0,10	0,05
2100	1,22	0,43	0,13	0,02	0,73	0,31	0,12	0,05

Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 20**  
**PANAMÁ: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL ARROZ, 2006-2100**  
**A PARTIR DEL ESCENARIO A2**



**A PARTIR DEL ESCENARIO B2**



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 22**  
**PANAMÁ: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA**  
**PRODUCCIÓN DEL ARROZ COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007**

Año	Escenario A2				Escenario B2			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,34	0,30	0,26	0,19	0,31	0,28	0,25	0,20
2030	0,65	0,53	0,41	0,27	0,66	0,54	0,42	0,28
2050	1,84	1,23	0,77	0,37	1,77	1,20	0,76	0,38
2070	4,59	2,44	1,19	0,42	3,82	2,10	1,07	0,42
2100	11,60	4,61	1,66	0,45	8,46	3,52	1,38	0,44

Fuente: Elaboración propia.

### 3. Proyecciones e impactos sobre el valor de venta de las parcelas

En esta sección se emplean los resultados de las regresiones que se presentaron en el cuadro 15 del capítulo anterior, con objeto de explorar de qué manera los cambios futuros en el clima pueden afectar el valor de venta de las fincas o parcelas propias de los hogares rurales de Panamá. Los resultados muestran que las valoraciones sobre el valor de comercialización varían a lo largo de los municipios panameños. Los efectos marginales estimados muestran que un pequeño cambio en la temperatura media anual afecta negativamente, en promedio, al precio de las parcelas de los hogares rurales de Panamá.

El objetivo en este apartado es medir la magnitud de los impactos a partir de la manifestación del cambio climático 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 valor de venta de las fincas o parcelas propias mediante las variables temperatura y precipitación. En este punto es necesario señalar que no se han tomado en cuenta los cambios probables en precios, población, inversión y tecnología.

Nuestra proyección considera un escenario climático de precipitación acumulada y temperatura media anual para los municipios panameños. El modelo empleado para predecir las anomalías del clima en años futuros es el Miroc de alta resolución bajo el escenario A1B. En particular, para evaluar el efecto futuro del clima sobre el valor de venta de las fincas o parcelas propias se han considerado como puntos de corte los siguientes 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 25,6° C y 2.355,2 mm, respectivamente, si bien es importante comentar que la distribución de los cambios en temperatura y precipitación varían a lo largo de los municipios de Panamá.

Inicialmente, se calcula el valor esperado del valor de venta de las fincas o parcelas propias para cada hogar mediante los modelos de regresión comentados en la sección 3 del capítulo anterior, y posteriormente se estima el impacto total promedio para 2020, 2030, 2050, 2070 y 2095, como se indica en la ecuación 16 del apartado de metodologías empleadas en este estudio.

En el cuadro 23 se presenta el monto del valor de venta de las fincas o parcelas propias estimado junto con la variación porcentual, con respecto al monto promedio de 2003; lo anterior para cada uno de los años de corte 2020, 2030, 2050, 2070 y 2095. Podemos observar que el impacto promedio esperado hacia el futuro es negativo, previendo una disminución significativa en el valor de venta de las fincas para los distintos periodos, justo como se había constatado cuando se calcularon los efectos marginales en el capítulo anterior.

En las proyecciones para 2020, empleando el modelo I, se encuentra que un aumento de la temperatura media anual de 1,08° C y una disminución de la precipitación acumulada de 31,93 mm, con relación a los valores medios históricos, implican una disminución de 25,5% del valor de venta de las fincas, mientras que el modelo II, que incluye variables por tipo de suelo predice una baja del orden de 33,5%.

El efecto sobre la variable dependiente se agudiza cuando consideramos el modelo loglineal. En ese caso las proyecciones para 2020 implican una disminución de 92,7% del valor de venta de las fincas, con el modelo sin distinguir por tipo de suelo, y de 91,6% cuando se incluyen las variables por tipo de suelo. La diferencia entre la especificación lineal y loglineal es alrededor de sesenta puntos porcentuales, lo cual puede deberse a la heterogeneidad del valor de venta de las fincas que puede capturarse mediante el modelo loglineal, con relación al modelo lineal.

Para el año 2050 observamos un incremento de la temperatura media anual de 1,3° C y una disminución de 102,3 mm en la precipitación acumulada. Estos cambios implican una disminución de 53,2% en el modelo I, el cual no captura el efecto de interrelación entre las variables de suelo, las variables de precipitación acumulada y las variables de temperatura, y por ello cuando se incorporan los tipos de suelos en el modelo II encontramos una caída de hasta 70%, la cual se acentúa aún más bajo las especificaciones no lineales, véanse las columnas de los modelos III y IV del cuadro 23.

Asimismo, para el año 2095 se presentaría un aumento de la temperatura media anual de 4,5° C y una baja de la precipitación acumulada de 708,2 mm, con relación a los valores medios históricos, lo anterior conllevaría a una disminución de 94,2% del valor de venta de las fincas sin considerar los tipos de suelo, y una caída de 91,8% bajo el modelo IV que toma en cuenta las características del suelo panameño.

En los modelos lineales I y II, el efecto promedio para la venta de las fincas o parcelas propias es mayor a 100%, en ese caso las especificaciones nos hablan de un valor nulo de las fincas o parcelas, un pronóstico completamente devastador, dicho efecto puede originarse por la falta de inclusión de cuestiones adaptativas en el modelo. No obstante, en este punto debemos matizar y comentar que los dos primeros modelos no capturan efectos heterogéneos entre las diferentes variables y que los modelos III y IV son más adecuados para tratar las variaciones a largo plazo, aunque observemos que los últimos dos modelos predicen caídas similares que se acercan a 100%, lo que reduce casi a cero el valor de las fincas o parcelas propias.

Estos resultados se pueden explicar en la medida en que nuestras proyecciones asuman que el resto de las variables se mantienen constantes, ya que estamos visualizando cuál sería el valor esperado de la venta de las fincas o parcelas propias cuando situamos nuestro contexto actual con mayores niveles de temperatura y menor precipitación acumulada.

De manera adicional, los resultados obtenidos se presentan gráficamente en los mapas de las figuras 1, 2 y 3, donde se muestra la distribución de los cambios en el valor de venta de la finca para los municipios de Panamá para los años 2020, 2050 y 2095. En estas figuras es posible visualizar en gran medida la variación del valor de venta de las fincas para el período comprendido a lo largo del siglo XXI.

Asimismo, hemos utilizado la especificación empleada en el cuarto modelo, ya que se trata de un esquema parsimonioso que incorpora las variables climáticas relevantes de temperatura y precipitación en conjunto con las diferencias existentes por tipo de suelo. Por su parte, las variables sociodemográficas incluidas permiten enriquecer el efecto estimado sobre el valor de venta de la propiedad sin recurrir a efectos no lineales entre las diferentes variables empleadas. Los resultados del impacto en el valor de venta de la finca se han realizado a nivel municipal. Nótese que en estas figuras es posible observar el efecto diferenciado a lo largo de las comunidades panameñas.

En algunos casos el efecto conjunto por el aumento en la temperatura media anual y la baja en la precipitación acumulada anual no es necesariamente negativo, pues el cambio climático podría ser aleatoriamente benigno para algunas zonas. Este comportamiento refleja naturalmente las redistribuciones

de temperaturas y precipitaciones causadas por el cambio climático debido a que la nueva combinación precipitación-temperatura podría producir externalidades marginales positivas, lo que se refleja en impactos positivos, véase la figura 1 (colores verde y azul). No obstante, en promedio el efecto a lo largo del territorio panameño es negativo.

**CUADRO 23**  
**IMPACTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL VALOR DE VENTA DE**  
**LA PARCELA DE HOGARES RURALES PANAMEÑOS**

Año	Lineales		Log-lineales	
	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo IV
Valor de venta de la parcela (En dólares)				
2003	29 937,10	29 937,10	29 937,10	29 937,10
2020	22 311,70	19 907,20	2 196,70	2 518,90
	-(25,5%)	-(33,5%)	-(92,7%)	-(91,6%)
2030	18 699,40	14 964,50	2 158,30	2 703,40
	-(37,5%)	-(50,0%)	-(92,8%)	-(91,0%)
2050	14 017,40	8 959,40	1 992,10	2 396,40
	-(53,2%)	-(70,1%)	-(93,3%)	-(92,0%)
2070	6 463,70	-1 214,70	1 874,50	2 545,70
	-(78,4%)	-(104,1%)	-(93,7%)	-(91,5%)
2095	-223,3	-10 041,40	1 732,80	2 443,10
	-(100,7%)	-(133,5%)	-(94,2%)	-(91,8%)

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1 se observa que existen municipios (color amarillo a negro) que representan aproximadamente el 85%, y sufren alguna pérdida esperada en el valor de venta de las fincas o parcelas propias. De este grupo de municipios, 40% (colores naranja, rojo, café y negro) sufren alguna pérdida esperada mayor al valor promedio de venta de las parcelas propias, lo que representa una pérdida importante en el valor de venta de las mismas.

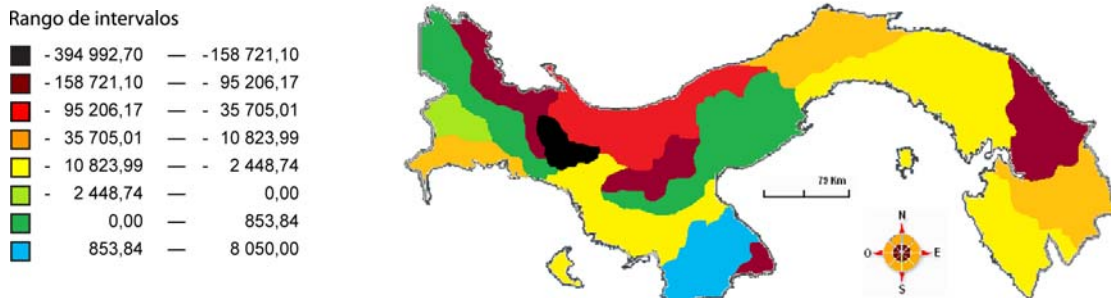
El comportamiento que se visualiza en la figura 1 es análogo para las figuras 2 y 3, donde se presenta la situación geográfica para los años 2050 y 2095, respectivamente. En cada caso, el efecto promedio es negativo y superior a 90% de disminución para el valor de venta de la parcela.

Resulta importante comentar que el efecto promedio negativo sobre el valor de venta de las fincas o parcelas propias se atribuye tan sólo a variaciones en la temperatura media y precipitación acumulada anuales. El resto de las variables explicativas empleadas en las proyecciones se asumen constantes. Es decir, no podemos olvidar que ambas variables se encuentran relacionadas en una cadena ecológica mayor, y por ende, que la magnitud estimada por nuestro modelo calcula un decremento que probablemente es inferior al que podría realmente observarse en el futuro si no se emplean medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático.

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 tanto a la temperatura media anual y a la precipitación acumulada anual, lo anterior representa 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 panameños.

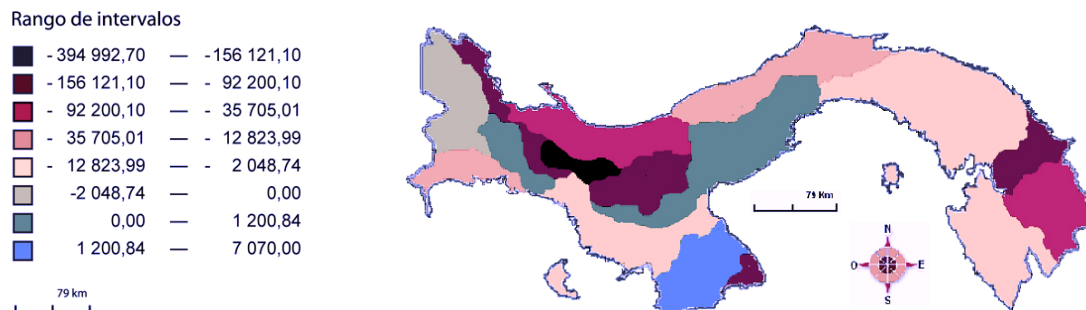


**FIGURA 1**  
**PANAMÁ: DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL**  
**SOBRE EL VALOR DE VENTA DE LA PARCELA 2020**



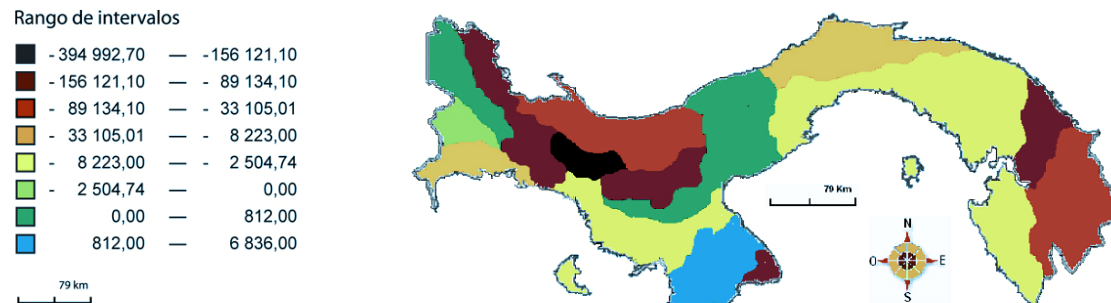
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 2**  
**PANAMÁ: DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL**  
**SOBRE EL VALOR DE VENTA DE LA PARCELA 2050**



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 3**  
**PANAMÁ: DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL**  
**SOBRE EL VALOR DE VENTA DE LA PARCELA 2095**



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los límites y los nombres que figuran en estos mapas no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tanto las estadísticas históricas como la literatura existente a la fecha muestran que el cambio climático está y seguirá generando efectos adversos para diversas actividades económicas en distintas zonas del mundo. La región centroamericana y particularmente Panamá no ha sido la excepción, pues los desastres naturales ocurridos en los últimos años, tales como los deslizamientos e inundaciones durante la estación lluviosa han dejado muestra de ello. Por ejemplo, tan sólo en el período 1990-2004 en Panamá se contabilizaron casi 650 inundaciones y poco más de 250 deslizamientos; que además de haber causado serios daños al sector agropecuario, también generaron pérdidas humanas y graves deterioros a la infraestructura física (ANAM, 2006).

Las simulaciones realizadas en este trabajo revelan los eventuales efectos que tendría el cambio climático sobre el sector agropecuario panameño. Así, los índices de producción obtenidos a partir de la división del sector en tres categorías: agropecuaria, cultivos y pecuaria, expresan consistencia al apuntar que la temperatura registrada en 2005 no es la más óptima para la productividad del sector agropecuario, ya que un aumento marginal de la misma generaría pérdidas para este sector. Por otra parte, nuestras modelaciones generadas a partir de los índices de producción ofrecen clara evidencia de que la precipitación pluvial, en principio, podría ser benéfica debido a que los incrementos en dicha variable permitirían generar mayores niveles de producción.

En lo referente a los escenarios planteados para el año 2100, arrojan resultados que manifiestan que las pérdidas del sector podrían estar entre 18% y 19% del PIB (teniendo en cuenta una tasa de descuento de 2%). Una interpretación al respecto sugiere que el corto plazo podría verse incentivado, no obstante, en el largo plazo se podrían generar severos daños y pérdidas al sector.

Los hogares panameños son muy susceptibles a sufrir los estragos del calentamiento global, puesto que al estudiar los efectos del cambio climático sobre la renta de la tierra, observamos que un aumento marginal en la temperatura promedio anual ocasionaría una reducción de la renta de la tierra cercana a los 2.400 dólares. Asimismo, un incremento en la precipitación acumulada anual de 1 mm se espera que genere una reducción en la renta de la tierra de 10 dólares, lo anterior considerando los resultados de la cuarta especificación empleada en el modelo Ricardiano de este estudio. Las estimaciones realizadas sobre los efectos futuros predicen impactos adversos sobre la renta de la tierra por lo que los ingresos derivados a partir de ésta podrían disminuir de manera sustancial.

Observando únicamente los resultados obtenidos para el sector agrícola, los hallazgos encontrados sugieren que en 2006 la temperatura registrada es superior al nivel óptimo en el cultivo del maíz, razón por la cual se puede recomendar que la modernización tecnológica y la investigación podrían ser herramientas importantes para que este cultivo se adapte a climas más cálidos. De manera similar, en lo que se refiere al cultivo del arroz, nuestro análisis de susceptibilidad ofrece evidencia empírica de que la temperatura actualmente se encuentra por encima de la óptima, es decir, a mayores incrementos en ésta esperaríamos mayores efectos negativos en la producción de este cultivo. En cuanto a la variable de precipitación, mejores rendimientos para el maíz se obtendrían si las precipitaciones fueran menores a las que actualmente se presentan en el territorio panameño.

Como se ha mostrado hasta ahora, el sector agropecuario es fuertemente sensible al cambio climático, debido a que los incrementos en la temperatura, aunados a los cambios registrados en la precipitación, en general, originarán efectos hostiles para el sector y particularmente para los que viven en situación de pobreza. Por esta razón, este rubro debe y deberá ser una de las áreas prioritarias en las

discusiones nacionales e internacionales sobre las medidas de mitigación y adaptación. En lo que respecta a las segundas, un buen escenario para llevar a tal efecto fueron las negociaciones de la 15ª Conferencia de las Partes (COP 15) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrada en Copenhague en diciembre de 2009. En caso de no dar la debida importancia a este sector, se podrían poner en peligro las comunidades agrícolas más pobres y los pequeños agricultores no solamente de Panamá, sino de muchos países en desarrollo (IFPRI, 2009b).

En lo que se refiere a los esfuerzos nacionales, Panamá como parte de la CMNUCC ha generado varios proyectos en los últimos años con la finalidad de fortalecer el desarrollo económico y ambiental ante el calentamiento global. Debido a ello se han tenido logros importantes, no obstante, los esfuerzos parecen ser insuficientes; por lo que cada vez más tendrán que dedicarse mayores recursos económicos y humanos para lograr tal fin. Así, la creación del Programa Nacional de Cambio Climático (PNCC) que intenta integrar a los grupos ambientales, sociales y de gobierno es uno de los esfuerzos más loables al respecto. Sin dejar de lado también, la Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, que permitió tener un primer acercamiento con los problemas y los retos que enfrenta el territorio en esta materia, así como la creación de organismos dedicados a estudiar esta área, tales como la Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM) en 1998. En el futuro inmediato, la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático promete ser uno de los proyectos más alentadores, profundos y rigurosos que permitirán generar políticas de apoyo al sector.

Bajo este contexto, los principales retos que Panamá afronta son: elaborar programas que impidan establecer asentamientos irregulares en territorios con alta vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos, generar medidas que permitan obtener blindaje en las zona forestales para evitar la deforestación y, finalmente integrar a los sectores gubernamental y privado, así como buscar mecanismos que permitan a la sociedad integrarse en la solución de estos problemas. Los retos que hoy enfrenta Panamá en materia de cambio climático son arduos y gigantescos, pese a ello existen áreas de oportunidad que deben ser aprovechadas.

Dentro de estas áreas se encuentra efectuar medidas que permitan incluir a los que menos tienen en programas de capacitación y modernización tecnológica; para ello deberán tomarse en cuenta el medio en que viven y producen. También es necesario la inversión en capital físico que se ocupen de las cuestiones hidrogeológicas de Panamá; de tal manera que permita a los hogares del sector rural panameño tener acceso a mayores mercados de insumos, y con ello reducir sus costos de transacción y mejora en sus ingresos, además, de que se podría incentivar el flujo de mayores inversiones al sector.

Otra estrategia importante sería estimular el sector agropecuario a partir del rubro de créditos, pues si bien Panamá cuenta con el BDA, el crédito otorgado al sector ha sido muy bajo y por lo tanto insuficiente para satisfacer la demanda y por ende el crecimiento del mismo. Lo anterior ayudaría a generar mayor certidumbre en la población rural sobre la tenencia de la tierra, además de que apoyaría la modernización en la agroindustria y en los cultivos de exportación.

## BIBLIOGRAFÍA

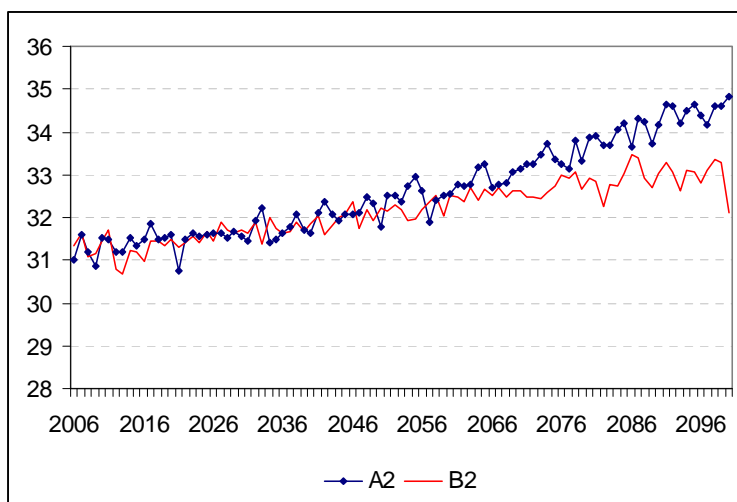
- Adams Richard, Hurd B, Reailly J. (1999), "A review of impacts to U.S. agricultural resources", preparado para el Pew Center on Global Climate Change.
- \_\_\_ y otros (1988), Implications of Global Climate Change for Western Agriculture, *Western Journal of Agricultural Economics*, 13 (2): 348-356.
- 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.
- ANAM (Autoridad Nacional de Ambiente) (2000), "Primera comunicación nacional sobre cambio climático. Informe final".
- \_\_\_ (2006), "Indicadores de la República de Panamá 2006: Desastres naturales". Disponible en: [http://www.anam.gob.pa/joomla/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=402&lang=es](http://www.anam.gob.pa/joomla/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=402&lang=es).
- \_\_\_ (2009), Proyecto; "Habilitación para la segunda comunicación nacional sobre cambio climático". disponible en: [http://www.anam.gob.pa/joomla/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=56](http://www.anam.gob.pa/joomla/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=56).
- 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>>
- Buitrago A. M. (2002), "Escenarios de cambio climático y evaluación de sus posibles impactos en el comportamiento productivo del cultivo del arroz en la República de Panamá", Tesis para optar al Grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental, Santiago de Chile, Universidad de Chile.
- Cline, W. R. (2007), *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*, Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics, Washington, D.C.
- Darwin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J. y Ranases, (1995), *World Agriculture and Climate Change. Economic Adaptations*, United States Department of Agriculture.
- De la Torre, P., P. Fajnzylber y J. Nash (2009), *Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Easterling, W. E., P. R. Crosson, N. J. Rosenberg, M. S. McKenney, L. A. Katz y K. M. Lemon (1993), Agricultural Impacts of and Responses to Climate Change in the Missouri-Iowa-Nebraska-Kansas Region, *Climatic Change*, 24(1-2), 23-62.
- Finger, R. y S. Schmid (2007), "Modeling Agricultural Production Risk and the Adaptation to Climate Change" (inédito).
- Fleischer, A., I. Lichtman y R. Mendelsohn (2007), *Climate Change, Irrigation, and Israeli Agriculture: Will Warming Be Harmful?* World Bank, Policy Research Working Paper, N° 4135.
- Fournier, L. y J. di Stefano (2004), Variaciones climáticas entre 1988 y 2001 y sus posibles efectos sobre la fenología de varias especies leñosas y el manejo de un cafetal con sombra en ciudad Colón de Mora, Costa Rica, *Agronomía Costarricense*, 28 (001): 101-120.
- Gay, C. y otros. (2004), "Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz (México)" (inédito).
- 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>.
- IFPRI (International Food Policy Research Institute) (2009a), "Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation", Food policy report.
- IFPRI (International Food Policy Research Institute) (2009b), "Agriculture and climate change: An agenda for negotiation in Copenhagen", focus 16.
- Interim Report on Climate Change Country Studies (1995), "Central America: Vulnerability Assessment to Climate Change for the Water, Coastal, and Agricultural Resources" Disponible en: <http://www.gerio.org/CSP/IR/title.html>.
- Jiménez, M. U. (2001), *Reducción de la vulnerabilidad del sector agropecuario ante las alteraciones climáticas: Desastres en Centroamérica: perspectiva del sector agropecuario*", Consejo Regional de Cooperación Agrícola-Consejo Agropecuario Centroamericano, Proyecto Vulsac, documento final.
- 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" (inédito).

- Mendelsohn, R., W. Nordhaus y D. Shaw (1994), The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis, *American Economic Review*, 84:753-771.
- Mendelsohn, R., A. Dinar y A. Sanghi (2001), The Effect of Development on the Climate Sensitivity of Agriculture, *Environment and Development Economics*, 6:85-101.
- Mendelsohn, R. (2007), Past Climate Change Impacts on Agriculture, en R. Evenson y P. Pingali (comps.), *Handbook of Agricultural Economics*, Vol. 3, 3008-3031.
- Mendelsohn, R., y otros (2007), Climate and Rural Income, *Climatic Change*, 81:101-118.
- Mendelsohn, R. y S.N. Seo (2007), "Changing Farm Types and Irrigation as an Adaptation to Climate Change in Latin American Agriculture", *World Bank Policy Research Series Working Paper*, N° 4161, World Bank.
- Mendelsohn, R., P. Christensen y J. Arellano-González (2009), *Ricardian Analysis of Mexican Farms, Report to the World Bank*.
- Molua, E. y C. Lambi (2007), "The Economic Impact of Climate Change on Agriculture in Cameroon", *World Bank, Policy Research Working Paper*, N° 4364.
- Mora, J. J. y A. Yúnez-Naude (2008), *Climate Change and Migration in Rural Mexico*, World Bank Report, Latin American Division.
- 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, N° 4621, Washington, D.C.
- \_\_\_ (2008), Measuring Impacts and Adaptations to Climate Change: A Structural Ricardian Model of African Livestock Management, *Agricultural Economics*, 38:151-165.
- \_\_\_ (2008a), "A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on Latin American Farms", *World Bank Policy Research Series Working Paper*, N° 4163, World Bank, Washington, DC.
- \_\_\_ (2008b), "A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on South American Farms", *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(1): 69-79.
- \_\_\_ (2008c), "An Analysis of Crop Choice: Adapting to climate Change in Latin American Farms", *Ecological Economics*, 67: 109-116.
- Smit, B., D. McNabb y J. Smithers (1996), "Agricultural Adaptation to Climatic Variation", *Climatic Change*, 33: 7-29.
- Terjung, W.H., D.M. Liverman, y J.T. Hayes (1984), "Climate Change and Water Requirements for Grain Corn in the North American Plains", *Climatic Change*, 6: 193-220.
- UCCD (Unidad de Cambio Climático y Desertificación) (2007), "Segunda Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático". Versión electrónica: [http://www.anam.gob.pa/joomla/images/stories/documentos\\_CC/Segunda\\_Comunicacion\\_Nacional\\_de\\_CC.pdf](http://www.anam.gob.pa/joomla/images/stories/documentos_CC/Segunda_Comunicacion_Nacional_de_CC.pdf).
- 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.

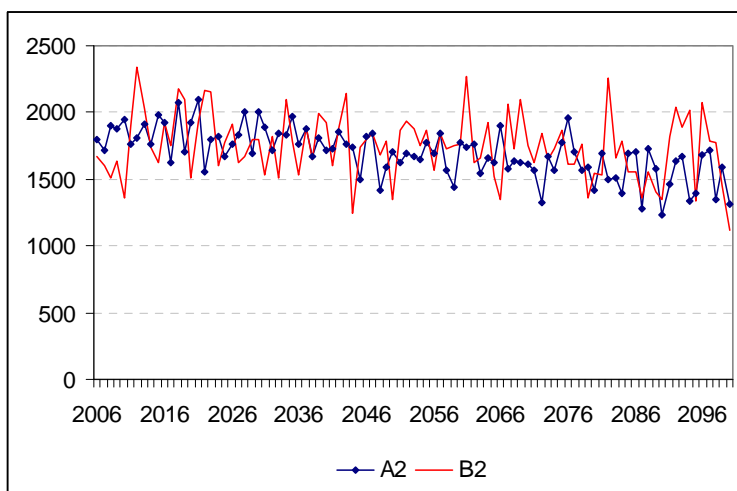
#### FUENTES DE INFORMACIÓN

- BDA (Banco de Desarrollo Agropecuario) (2009), "Rubros Financiados", Disponible en: <http://www.bda.gob.pa/rubros.htm#b> (18 de septiembre de 2009).
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2008), Subregión norte de América Latina y el Caribe: Información del sector agropecuario. Las tendencias alimentarias, 1995-2007 (LC/MEX/L.874), agosto.
- \_\_\_ (2008) Sobre la base de la Contraloría General de la República y Ministerio de Comercio e Industrias.
- \_\_\_ (2008) Cifras del Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional (MAGIC). Santiago.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) (2009), "Programa de apoyo al consumidor". Disponible en: <http://webserv-mida.mida.gob.pa/MIDA/agrocompita/seguroagropecuario.pdf> (12 de julio de 2009).

## ANEXOS

ANEXO I  
ESCENARIOS CLIMÁTICOSGRÁFICO AI-1  
TEMPERATURA

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO AI-2  
PRECIPITACIÓN

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO AI-1  
PANAMÁ: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS ESCENARIOS CLIMÁTICOS, 2006-2100

Escenario	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
A2	95	1 695,17	1 80,92	1 235,31	2 098,36
B2	95	1 746,90	243,33	1 112,33	2 339,91

Fuente: Elaboración propia.

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

**CUADRO AII-1**  
**PANAMÁ: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100 ESCENARIO A2**  
**(ECHAM, GFDL, HADGEM)**

*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	Producción agropecuaria				Producción agrícola			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,02	0,04	0,08		0,005	0,02	0,04	0,08
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	29,66	26,46	22,93	17,78	22,52	20,10	17,43	13,52
2030	58,90	48,48	38,15	25,23	44,86	36,91	29,04	19,20
2050	154,66	104,22	65,87	32,62	121,20	81,35	51,14	25,09
2070	314,64	175,39	90,76	35,98	255,22	140,92	71,95	27,89
2100	725,09	300,52	117,80	37,47	618,78	251,50	95,77	29,20

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AII-2**  
**PANAMÁ: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100 ESCENARIO B2**  
**(ECHAM, GFDL, HADGEM)**

*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	Producción agropecuaria				Producción agrícola			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	67,03	62,04	56,43	47,83	49,85	46,20	42,10	35,80
2030	98,84	85,50	72,19	55,14	73,99	63,97	54,00	41,29
2050	216,24	155,36	108,05	65,38	165,41	118,34	81,88	49,24
2070	329,13	205,03	125,14	67,60	258,15	159,13	95,92	51,06
2100	594,44	286,02	142,66	68,56	479,01	226,58	110,52	51,87

Fuente: Elaboración propia.

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

Año	Producción agropecuaria	Producción agrícola
2006 - 2010	6,91	5,25
2011 - 2020	20,60	15,64
2021 - 2030	20,35	15,53
2031 - 2040	15,61	12,36
2041 - 2050	23,64	18,93
2051 - 2060	20,50	16,91
2061 - 2070	16,81	14,29
2071 - 2080	16,54	14,30
2081 - 2090	15,27	13,42
2091 - 2100	12,57	11,41

Fuente: Elaboración propia.

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

Año	Producción agropecuaria	Producción agrícola
2006 - 2010	45,67	34,76
2011 - 2020	19,51	13,78
2021 - 2030	21,20	16,03
2031 - 2040	24,75	19,15
2041 - 2050	25,73	20,10
2051 - 2060	12,09	9,98
2061 - 2070	13,59	11,12
2071-2080	11,35	9,47
2081 - 2090	10,81	8,92
2091 - 2100	6,59	5,57

Fuente: Elaboración propia.



**ANEXO III**  
**IMPACTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ,**  
**BANANO Y ARROZ**

**CUADRO AIII-1**  
**PANAMÁ: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA**  
**PRODUCCIÓN DEL MAÍZ, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100**  
**ESCENARIO A2 Y B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)**  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	A2				B2			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,74	0,65	0,55	0,40	0,57	0,52	0,46	0,38
2030	1,51	1,22	0,93	0,58	1,44	1,16	0,90	0,58
2050	5,17	3,36	2,01	0,87	4,75	3,11	1,88	0,85
2070	14,70	7,56	3,46	1,06	11,56	6,11	2,92	0,99
2100	48,58	17,83	5,66	1,18	27,95	11,11	4,00	1,05

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AIII-2**  
**PANAMÁ: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA**  
**PRODUCCIÓN DEL BANANO, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100,**  
**ESCENARIO A2 Y B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)**  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	A2				B2			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,07	0,06	0,04	0,02	0,58	0,55	0,51	0,45
2030	0,31	0,23	0,16	0,08	0,88	0,77	0,66	0,52
2050	1,65	1,00	0,54	0,18	2,40	1,67	1,12	0,65
2070	5,40	2,66	1,11	0,25	4,96	2,79	1,51	0,70
2100	18,84	6,71	1,97	0,30	11,32	4,74	1,92	0,72

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO AIII-3**  
**PANAMÁ: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA**  
**PRODUCCIÓN DEL ARROZ, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100**  
**ESCENARIO A2 Y B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)**  
*(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)*

Año	Escenario A2				Escenario B2			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	5,28	4,66	3,98	2,99	4,80	4,35	3,86	3,11
2030	10,04	8,20	6,40	4,15	10,15	8,34	6,57	4,41
2050	28,50	19,07	11,88	5,65	27,43	18,56	11,77	5,86
2070	70,98	37,80	18,36	6,50	59,04	32,49	16,58	6,49
2100	179,53	71,41	25,76	6,92	130,97	54,50	21,35	6,75

Fuente: Elaboración propia.

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

Año	Maíz	Banano	Arroz
2006 - 2010	0,13	0,00	1,19
2011 - 2020	0,54	0,05	3,66
2021 - 2030	0,52	0,16	3,24
2031 - 2040	0,64	0,16	3,46
2041 - 2050	0,88	0,37	4,28
2051 - 2060	1,06	0,43	4,81
2061 - 2070	1,12	0,43	4,92
2071 - 2080	1,24	0,47	5,07
2081 - 2090	1,29	0,49	4,11
2091 - 2100	1,09	0,46	2,93

Fuente: Elaboración propia.

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

Año	Maíz	Banano	Arroz
2006 - 2010	0,225	0,399	1,783
2011 - 2020	0,322	0,186	2,785
2021 - 2030	0,580	0,194	3,634
2031 - 2040	0,653	0,318	3,585
2041 - 2050	0,741	0,331	3,750
2051 - 2060	0,741	0,277	3,524
2061 - 2070	0,811	0,304	3,703
2071 - 2080	0,683	0,252	3,035
2081 - 2090	0,610	0,256	2,679
2091 - 2100	0,484	0,180	2,108

Fuente: Elaboración propia.

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