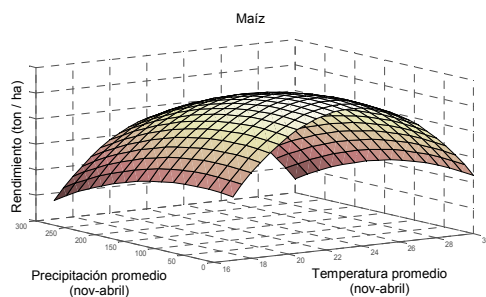
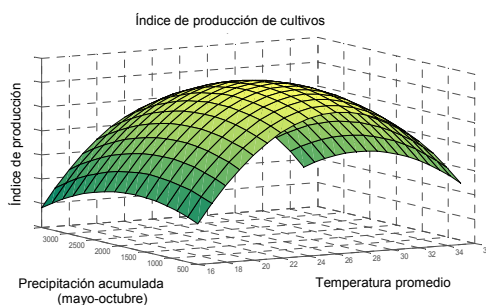
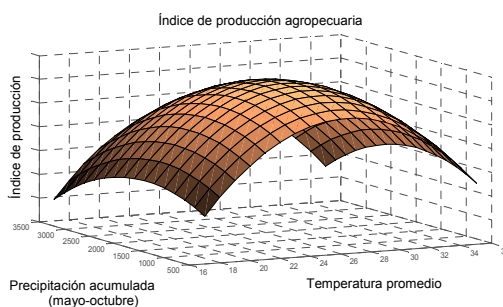


NICARAGUA

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA

Diana Ramírez
Juan Luis Ordaz
Jorge Mora
Alicia Acosta
Braulio Serna



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

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

LC/MEX/L.964

Copyright © Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Sede Subregional en México

Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas • México, D. F. • Agosto de 2010 • 2010-017

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
INTRODUCCIÓN	3
I. REVISIÓN DE LA LITERATURA	6
1. Enfoques metodológicos para estimar los efectos del cambio climático en el sector agropecuario	6
2. Estudios previos para América Latina	7
3. Estudios previos para Nicaragua	9
II. EL SECTOR AGROPECUARIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	11
1. La importancia del sector agropecuario.....	11
2. Insumos de la producción agropecuaria	17
3. Nicaragua ante el cambio climático	19
III. METODOLOGÍAS	22
1. Enfoque de la función de producción	22
2. Enfoque Ricardiano	23
IV. EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO	25
1. Impacto en las funciones de producción agropecuaria	25
2. Impacto sobre los rendimientos de maíz, frijol y café	34
3. Impacto sobre el valor de la tierra (enfoque Ricardiano)	42
V. LOS ESCENARIOS FUTUROS: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO	48
1. Impactos sobre la producción agropecuaria	49
2. Impactos sobre los rendimientos de maíz, frijol y café	53
3. Proyecciones e impactos sobre la renta de la tierra	57
VI. CONCLUSIONES	61
BIBLIOGRAFÍA.....	63
ANEXOS	65
I: Estadísticas descriptivas de los escenarios climáticos, 2006-2010.....	65
II: Impacto en las funciones de producción agropecuarias	65
III: Impacto sobre los rendimientos de maíz, frijol y café.....	67

RESUMEN EJECUTIVO

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

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

En las últimas décadas, la temperatura y precipitación se han modificado como consecuencia del cambio climático, las proyecciones indican que los cambios se acentuarán en los próximos años. El presente estudio analiza algunos de los efectos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario de Nicaragua. En particular, se evalúan las variaciones en la producción y el valor de la tierra, así como sus efectos económicos utilizando dos escenarios climáticos y distintos horizontes temporales.

Los resultados para el sector en su conjunto exhiben pérdidas importantes en la producción, asimismo, el examen de impacto sobre algunos de los cultivos más importantes (maíz, frijol y café) muestra disminuciones importantes en sus rendimientos. Por su parte, el modelo Ricardiano evalúa los efectos sobre el valor de la tierra de los agricultores nicaragüenses. Aunque los mayores impactos se esperan en el largo plazo los resultados de este estudio revelan que ya se están presentando efectos adversos. Por tanto, de no tomarse medidas que busquen compensar tales tendencias, las pérdidas económicas podrían ser considerables.

Al considerar los efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria en su conjunto, los resultados indican que la temperatura de 2005 es ligeramente menor a aquélla que permite a la producción alcanzar su nivel óptimo, por lo que se podrían esperar efectos positivos en el corto plazo, no obstante, a largo plazo cuando se sobrepase la temperatura que maximiza la producción, dichos efectos se revertirían. El nivel de precipitación que presentó Nicaragua en el año 2005 es ligeramente superior al que maximiza la producción, incrementos o disminuciones en el mismo podrían ocasionar un nivel de producción menor al óptimo.

Por su parte, en el análisis por cultivo se observa que para los casos de maíz y café, es probable que ya se haya rebasado el nivel de temperatura que permite alcanzar los mayores rendimientos. Ello permite inferir que el cambio climático podría ya estar teniendo efectos negativos sobre los rendimientos de estos cultivos. En el caso del frijol es probable que en el corto plazo el cambio climático no tenga efectos adversos sobre sus rendimientos; no obstante, a largo plazo estos tenderán a reducirse.

En el estudio se incluyen los posibles impactos económicos derivados de cambios futuros en el clima, los cuales muestran un escenario poco alentador sobre la producción agropecuaria. Las estimaciones muestran que las pérdidas acumuladas al año 2100 de la producción agropecuaria representarían alrededor de 22% del PIB de 2007, considerando una tasa de descuento de 2%.

Mediante el análisis Ricardiano se observa que el incremento en un grado Celsius en la temperatura media anual implicaría una disminución promedio de 1,85 dólares en el valor contingente de la renta de la tierra, lo que equivale a una disminución cercana al 4%, pero para los hogares rurales que se encuentran en los primeros ocho deciles, el valor contingente de la renta de la tierra caerá en 8%. Del mismo modo, el incremento de una unidad adicional en la precipitación acumulada anual implica una disminución aproximada de 1,3 centavos de dólar.

El análisis efectuado en el presente estudio muestra los grandes retos a los que se enfrentara Nicaragua para compensar las pérdidas debidas al cambio climático. Entre ellos la escasa inversión en el sector agropecuario y el bajo nivel de desarrollo del capital humano. De esta manera, el análisis representa una herramienta para la formulación de políticas agropecuarias y ambientales capaces de enfrentar los retos futuros.

INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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

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

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

están considerando opciones para responder a otras necesidades que se han hecho más evidentes en el último año, como lo es un mayor análisis sobre aspectos de financiamiento y fiscales, y la importancia de fortalecer las capacidades nacionales y regionales.

En el análisis de los impactos del cambio climático sobre la actividad económica, la agricultura por su importancia como proveedora de alimentos a la población es de los primeros sectores económicos en ser considerados debido a su alta dependencia y sensibilidad a los cambios climáticos

En años futuros, es muy probable que el cambio climático traerá como consecuencia que los niveles de precipitación y temperatura se modifiquen, al mismo tiempo los fenómenos climáticos extremos aumentarán su frecuencia e intensidad. Incrementos en la temperatura pueden tener efectos positivos o negativos en los rendimientos de los cultivos, dependiendo de la magnitud y del tipo de cultivo. En regiones frías se podría incrementar el rendimiento de ciertos cultivos y propiciar la inserción de otros, no obstante en regiones cálidas los rendimientos podrían disminuir. Sin embargo, los efectos positivos pueden revertirse si la temperatura aumenta en demasía. Por su parte, aumentos en la precipitación puede beneficiar a regiones áridas, pero disminuciones en la misma podrían agravar los problemas. En su conjunto estos eventos pueden poner en riesgo el suministro de alimentos a nivel mundial y el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Como Adams y otros (1999), señalan que algunos países experimentarán efectos más negativos en la agricultura, relacionados con el cambio climático, que otros. Estos efectos serán especialmente graves en países en desarrollo que no cuentan con los recursos suficientes para responder a los cambios proyectados en la agricultura.

Los más vulnerables son los agricultores pobres, que no tienen tierra, se encuentran aislados y practican la agricultura de subsistencia. En Nicaragua se estima que cerca del 32% de los productores son agricultores de subsistencia². Debido a su condición de pobreza, su falta de acceso al mercado e información, pero sobre todo la escasa infraestructura con la que cuentan hacen muy difícil que estas personas puedan hacer frente a las consecuencias adversas del cambio climático.

El 1992, los Gobiernos del Mundo adoptaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Framework Convention on Climate Change CMNUCC), la cual fue el primer paso para abordar los problemas ambientales a los que se enfrenta el mundo. Esta convención ha tenido como uno de sus primeros logros establecer un inventario nacional de gases de efecto invernadero. Más tarde, en 1997, los gobiernos avanzaron en la toma de nuevas medidas y adoptaron el Protocolo de Kyoto. Este protocolo establece objetivos vinculantes para los países industrializados, con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero³. Señala que las partes deben ser capaces de lograr sus objetivos en materia de emisiones a través de mecanismos de mercado que incluyen la aplicación conjunta de mecanismos de desarrollo limpio y el comercio de derechos de emisión.

Los países centroamericanos son altamente vulnerables a los fenómenos meteorológicos debido a su ubicación geográfica y a la situación de pobreza que enfrentan. Nicaragua, es un país altamente vulnerable ante sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslaves, huracanes, sequías y tsunamis. La población en riesgo ante huracanes y tormentas tropicales en Nicaragua es del 25,4% equivalente a 1,3

² CEPAL, sobre la base de datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2008, Ministerio Agropecuario y Forestal

³ Con excepción de los Estados Unidos, los demás países (36) clasificados en el Anexo 1 del CMNUCC han ratificado el Protocolo de Kyoto. <<http://unfccc.int/playground/items/5524.php>>.

millones de personas; mientras que la sequía afecta casi al 45% de la población a nivel nacional. Nicaragua es de los países en el mundo que es más afectado por el paso de tormentas tropicales⁴.

El presente estudio tiene como propósito examinar los impactos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario, con el fin de brindar elementos que puedan tomarse en cuenta para la formulación de políticas agropecuarias y ambientales, ya que conocer los posibles impactos del cambio climático, es un primer paso hacia la acción eficaz.

En el presente informe se analizan los posibles impactos de las variaciones de las variables climáticas (temperatura y precipitación) sobre el sector agropecuario, sobre algunos de los cultivos más importantes en el país y sobre el valor de la tierra agrícola. Asimismo se contabilizan los impactos económicos a través de dos escenarios climáticos futuros.

Los escenarios climáticos utilizados son el A2 y B2. Estos están conformados por un conjunto de variables relacionadas entre sí (PIB, demografía, tecnología, energía, emisiones, etc.), y se utilizan para proyectar el clima. Dichos escenarios consideran diferentes condiciones de desarrollo global para los próximos 100 años. A y B son las dos familias de escenarios que llevan a estimar las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Los escenarios “A” describen un mundo muy heterogéneo basado en la autosuficiencia y preservación de las identidades locales y una lenta convergencia entre regiones, mientras que los escenarios “B” presentan cambios más graduales y desarrollos menos extremos en todos los sentidos, incluyendo elementos geopolíticos, demográficos, crecimiento de la productividad, dinámicas tecnológicas, entre otros, además considera que el patrón de desarrollo futuro es más fragmentado y similar a las tendencias actuales y no permite la inclusión de tendencias de convergencia particularmente fuertes.

A partir de las proyecciones climáticas basadas en los escenarios A2 y B2 se calcularon los impactos económicos para diferentes horizontes de análisis (años 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100). Igualmente y a través de un modelo Ricardiano se estudia cómo el clima tiene efectos sobre el valor de la tierra de los agricultores nicaragüenses.

El documento está organizado de la siguiente forma: en el primer capítulo se revisan algunos de los trabajos sobre el impacto del cambio climático en el sector agropecuario de la región y de Nicaragua, en el segundo capítulo se presenta la situación actual del sector agropecuario nicaragüense, así como las estrategias adoptadas por el gobierno ante el cambio climático, en el tercer capítulo se exponen las metodologías empleadas para analizar los potenciales efectos del cambio climático, el capítulo cuatro expone los resultados econométricos de los posibles efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria y sobre el valor contingente de la tierra de los agricultores; los impactos económicos del cambio climático sobre el sector agropecuario se presentan en el quinto capítulo y en el capítulo seis se presentan las conclusiones.

⁴ Nicaragua... Naturalmente Unidos frente al Cambio Climático. MARENA 16 junio 2008.

I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En esta sección se realiza una breve descripción de los principales enfoques metodológicos para la evaluación de los efectos del cambio climático en el sector agropecuario. También se revisan algunas de las investigaciones realizadas para la región latinoamericana y Nicaragua.

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

En general, es posible agrupar los métodos utilizados para medir los efectos del cambio climático en el sector agropecuario en dos enfoques metodológicos: estructural y espacial (McCarl y otros, 2001; Molua y otros, 2007, Schimmelpfennig y otros, 1996). El primero combina las respuestas físicas de los cultivos con las respuestas económicas de los agricultores, mientras que el segundo explota las diferencias observadas en la producción agrícola y el clima entre regiones. Estos enfoques son complementarios.

a) Enfoque estructural

Utiliza modelos interdisciplinarios para simular cambios en cultivos específicos. Se calcula la respuesta de los cultivos ante escenarios climáticos en los que se especifiquen promedios anuales por décadas o datos con una frecuencia diaria para ciertas variables climáticas (temperatura y la precipitación). Una vez obtenidos los efectos estimados, se incorporan en modelos económicos para simular cambios en la oferta de los cultivos y los precios del mercado. En este enfoque se supone que agricultores y consumidores minimizan impactos o maximizan su bienestar sujeto a las restricciones climáticas impuestas en el modelo empleado. Tiene la ventaja de permitir obtener información detallada de las respuestas físicas, biológicas y económicas, así como los posibles ajustes. Una de sus desventajas es que se requieren múltiples inferencias para grandes áreas y sistemas diversos de producción a partir de pocos cultivos y lugares (Schimmelpfennig y otros, 1996).

b) Enfoque espacial

Estos modelos estiman los efectos del cambio climático en la agricultura con base en las diferencias observadas en los valores de la tierra, la producción agrícola y otros impactos climáticos relacionados entre regiones, utilizando métodos estadísticos o de programación para analizar cambios en los patrones espaciales de la producción (Molua y otros, 2007). Los análisis de este enfoque se basan en modelos Ricardianos, modelos de Equilibrio General Computable (CGE, por sus siglas en inglés), modelos de Sistemas de Información Geográfica, entre otros.

En el marco de un incremento esperado en la temperatura global, este enfoque metodológico busca identificar de qué manera aquellas regiones con climas más fríos podrían adaptarse a las prácticas seguidas en regiones más cálidas y sus implicaciones. Lo anterior se logra mediante un análisis estadístico entre áreas geográficas por medio del cual se separan aquellos factores que explican las diferencias de producción entre regiones. Uno de los supuestos implícitos en este enfoque es que los agricultores estarán dispuestos y serán capaces de adoptar las prácticas y los cultivos prevaletentes en las regiones más cálidas.

Independientemente del enfoque metodológico en el que se inscriban, los estudios realizados a nivel país o región, brindan las primeras aproximaciones de cómo el cambio climático podría afectar los mercados agrícolas y la utilización de insumos. Por lo general, los resultados muestran reducciones en la producción de cultivos, pero posibles ganancias netas en el bienestar del agricultor una vez adaptado al cambio, así como mayores precios de los cultivos y efectos del CO₂ en el crecimiento de los cultivos.

De acuerdo con Darwin, y otros (1995) existen dos limitaciones importantes que los estudios a nivel geográfico no consideran: i) los efectos del cambio 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.

Por último, en los años noventa se comenzó a analizar los impactos potenciales del cambio climático en el ganado. Dentro de los estudios que se inscriben en esta nueva línea, los resultados son consistentes en cuanto a que debido a las reducciones en la eficiencia de conversión de alimentación, el cambio climático global podría reducir la ganancia de peso en los animales y la producción de productos lácteos durante el verano en zonas relativamente cálidas, como el sur de los Estados Unidos. En áreas relativamente frías, el ganado que pasta generalmente tiene un mejor desempeño (debido al mayor forrajeo), pero aquellas operaciones más intensivas en capital, como la ordeña, podrían verse afectadas de manera negativa (Klinedinst y otros, 1993; Baker y otros, 1993).

2. Estudios previos para América Latina

Se han realizado algunas investigaciones para analizar el efecto del clima sobre la producción agrícola que muestran disminuciones en los rendimientos de los cultivos. Sin embargo, la capacidad de pronóstico de los modelos es limitada. En primer lugar, hay que tomar en cuenta que para realizar los pronósticos de rendimientos se depende de pronósticos climáticos (aunque la mayoría de los modelos climáticos predicen incrementos en la temperatura, difieren en la magnitud, por otra parte, los cambios en la precipitación son inciertos). En segundo lugar, los resultados de los modelos pueden diferir sustancialmente de las condiciones reales debido a factores que no fueron considerados dentro de los modelos (Adams y otros (1999)).

A continuación se enumeran algunos de los esfuerzos que se han hecho en la región y particularmente en Nicaragua para tratar de entender el efecto de las variaciones en el clima sobre el sector agropecuario.

Los efectos estimados del cambio climático en los rendimientos agrícolas varían por región y por cultivo (Adams y otros (1999)). El cuadro 1 muestra algunos de los resultados de estudios recientemente realizados sobre los cambios estimados en los rendimientos de diferentes cultivos de América del Norte y América Latina.

En el trabajo de Adams y otros (1999) se menciona que a pesar de las limitaciones inherentes a la aplicación de modelos de simulación de cultivos, los estudios disponibles ponen de manifiesto importantes tendencias regionales, asimismo, coinciden en que los impactos de los cultivos tienden a ser más negativos en las latitudes más bajas que en las latitudes más altas, en particular con respecto a los rendimientos de trigo y maíz. La producción de arroz es en general menos sensible, a los cambios proyectados, que los rendimientos del trigo y del maíz.

CUADRO 1
RANGOS DE ESTIMACIONES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
EN LOS RENDIMIENTOS DE CULTIVOS SELECCIONADOS
EN NORTEAMÉRICA Y AMÉRICA LATINA

Lugar del estudio	Impacto (cultivos: porcentajes de cambio en el rendimiento)	Escenarios de cambio climático
América del Norte		
Canadá (Alberta, Manitoba, Saskatchewan, Ontario)	Trigo: -40% a +243 Los resultados varían dependiendo del lugar y del escenario	GISS, GFDL, UKMO, incremental ^a con CO ₂
Estados Unidos (promedio total de acuerdo con los lugares seleccionados)	Trigo: -20% a -2% Maíz: -30% a -15% Soya: -40% a +15%	GISS, GFDL, UKMO con CO ₂
América Latina		
Argentina	Maíz: -36% a -17% Trigo: +3% a +48% Maíz: -4% a -18% Girasol: +14% a +23% Soya: -3% a -8%	GISS, GFDL, UKMO, incremental ^a con y sin CO ₂ GISS, GFDL, UKMO con CO ₂
Brasil	Trigo: -50% a -15% Maíz: -25% a -2% Soya: -61% a -6%	GISS, GFDL, UKMO, incremental ^a con CO ₂
México	Maíz: -61% a -6%	GISS, GFDL, UKMO, Incrementa ^a con CO ₂

Fuente: Tomado de Adams, Hurd y Reilly (1999).

^a Escenarios incrementales = 2° C y + 4° C, 20% de precipitación y -20% de precipitación.

Por su parte, Seo y Mendelsohn (2008b), en un estudio utilizando información de 2000 agricultores de América Latina encontraron que el valor de la tierra agrícola disminuirá a medida que incremente la temperatura y la precipitación, excepto en el caso de que exista riego. Bajo el escenario climático extremo los agricultores perderán 14% de sus ingresos para el año 2020, 20% el año 2060, y 53% para el año 2100, y solo la mitad bajo el escenario menos extremo. Tanto los pequeños como los grandes predios son altamente vulnerables, pero los primeros son más vulnerables mientras que los grandes son más sensibles a un aumento de la precipitación. El estudio predice que los predios de secano y los de riego perderán más del 50% de sus ingresos para el año 2100, siendo los predios regados los que sufrirán los mayores daños.

En otro trabajo también basado en información de agricultores de América Latina Mendelsohn y Seo (2007), examinaron las elecciones de irrigación y de actividades de los agricultores, y cómo estas decisiones se ven influidas por el clima. Modelan la elección de dedicarse a la agricultura, a la ganadería,

e instalar riego, y prueban si estas elecciones están influidas por la temperatura y la precipitación. Los resultados muestran que la elección de la actividad y del uso de riego es muy sensible al clima. Los agricultores tienen más probabilidades de elegir dedicarse a la agricultura en temperaturas más frías, mientras que eligen la ganadería en lugares secos. Además, tienen más posibilidades de elegir una combinación de agricultura y ganadería en lugares calientes y tienden a utilizar riego en lugares que son a la vez frescos y secos. Una temperatura más fría que el promedio incrementa el valor de la tierra para todos los tipos de actividades. El aumento de la precipitación incrementa el valor de la tierra para todos los tipos de fincas. Con un escenario futuro donde el clima es muy caliente y seco, se espera que el valor de la tierra se reduzca en un tercio para el 2100.

3. Estudios previos para Nicaragua

Dentro del proyecto “Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba” (PAN 10-00014290) se llevó a cabo la “Evaluación de la Vulnerabilidad Futura de los sistemas: Clima, Socioeconómico y Recursos Hídricos ante el Cambio Climático en la Cuenca No. 64”, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Centro del Agua para el Trópico Húmedo en América Latina y el Caribe (CATHALAC) y el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). La zona de estudio es de intenso uso del suelo en actividad agropecuaria, así como fuerte presión sobre los recursos hídricos. Los resultados de las proyecciones para el sector agropecuario se resumen en tres escenarios:

a) Escenario optimista: período 2007-2015

Se logra cubrir la seguridad alimentaria de la población rural en la cuenca en un 40%, se logra la consolidación de la modernización del sector agrícola: los ingenios aplican tecnologías de cosecha verde, sistemas de riego eficientes, manejo de sistemas silvopastoriles, las áreas de ajonjolí orgánico se han incrementado en 20%, crecimiento de las exportaciones de la producción agrícola según rubros y porcentajes planteados en las medidas de adaptación.

b) Escenario moderado: período 2007-2015

Se logra cubrir la seguridad alimentaria de la población rural en la cuenca en un 30%, se ha iniciado el proceso de cambios de tecnologías en los ingenios, las áreas de ajonjolí orgánico se han incrementado en 10%, aplicación parcial de medidas de conservación de suelos y agua, aplicación parcial de sistemas de manejo agropecuario sostenibles.

c) Escenario pesimista: período 2007 -2015

Incremento en las áreas de caña de azúcar, se mantienen las tecnologías de quema de la caña, se logra cubrir la seguridad alimentaria de la población rural en la cuenca en un 25%, las tecnologías de manejo agropecuario se mantienen con una lógica de deterioro al medio ambiente, las áreas de ajonjolí orgánico se han incrementado en 5%.

Por su parte, en el trabajo de “Evaluación del posible cambio climático sobre el rendimiento potencial del cultivo del maíz en la Región Central de Nicaragua”, Rivas (2000), muestra reducciones en

la duración de las etapas fenológicas del cultivo del maíz, cualquiera que sea el escenario y el lugar. Debido a que se reduce la capacidad del cultivo para producir biomasa y capturar agua. La reducción del ciclo se debe al incremento de la temperatura, la cual acelera el comienzo y finalización de las fases fenológicas del cultivo. Además, el rendimiento potencial se ve afectado por la reducción de la precipitación.

El estudio muestra variación en los rendimientos promedios potenciales simulados de los diferentes municipios. Los rendimientos esperados no cubren los costos de producción excepto en los municipios de Patasma y Jalapa.

Rivera (2000), realizó un trabajo denominado “Efecto del cambio climático sobre el rendimiento potencial del cultivo del frijol en la Región Pacífico”, en este estudio se muestra una tendencia general en la reducción del rendimiento a medida que el horizonte de tiempo se aleja de la base en todos los escenarios climáticos (optimista, moderado y pesimista). Las regiones con características agroecológicas benévolas (mayores precipitaciones y temperaturas moderadas) tienden a amortiguar con mayor facilidad el impacto de los cambios climáticos (Pantasma y Jalapa). Por su parte, las regiones con características agroecológicas críticas (bajas precipitaciones y altas temperaturas) son las que presentan las mayores reducciones en los rendimientos, porque tienen mayor vulnerabilidad al impacto de los cambios climáticos (Estelí, San Isidro y Tipitapa).

Amador (2000), en el trabajo de “Evaluación del posible cambio climático sobre el rendimiento potencial del cultivo de la soya en la Región Central de Nicaragua”, revela que, a pesar de que la soya es uno de los cultivos con mayor adaptabilidad, la variabilidad climática reducirá su rendimiento en todas las zonas analizadas. Igual que en otros cultivos, la respuesta al cambio climático varía de acuerdo con las características agroecológicas de cada zona. Chinandega y Nandaimé, por ejemplo resultan ser los sitios menos vulnerables ante todos los escenarios climáticos y en todos los horizontes de tiempo. Nagarote, en cambio presenta la mayor vulnerabilidad entre las zonas estudiadas.

II. EL SECTOR AGROPECUARIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático representa un fenómeno relacionado estrechamente con la alimentación de la humanidad, puesto que conlleva una tendencia generalizada de reducción en la producción agropecuaria. Los cambios en las variables climáticas (precipitación y temperatura) que han ocurrido en los últimos años han causado graves pérdidas en los países centroamericanos. Los cambios futuros que se proyectan son un riesgo creciente, sobre todo para los países en desarrollo con vulnerabilidades socioeconómicas (pobreza, falta de inversión, etc.) y deterioro ambiental como es el caso de Nicaragua.

En el presente capítulo se presenta un panorama general del sector agropecuario en Nicaragua, el cual servirá para vislumbrar los posibles efectos del cambio climático en el sector agropecuario.

1. La importancia del sector agropecuario

Para Nicaragua el sector agropecuario es fundamental no solamente por brindar alimentos a la población, sino porque desempeña un papel importante dentro de la actividad económica. La agricultura y ganadería representan una parte importante dentro de la economía de Nicaragua. En 2008 el PIB agropecuario representó alrededor de 19% del PIB total (incluyendo la agroindustria la cifra aumenta a 30%). Por su parte y en ese mismo año, las exportaciones agropecuarias representaron 32% de las exportaciones totales de bienes y el sector absorbió el 39% de la población económicamente activa (PEA); véase el cuadro 2.

a) Estructura y dinámica productiva

En el valor agregado bruto de la producción agropecuaria de Nicaragua el componente agrícola es el que aporta la mayor proporción, le sigue el pecuario, pesca y por último la silvicultura (véase el cuadro 3).

Durante el período 2000-2007, el crecimiento del valor de la producción agropecuaria fue bastante diverso. El componente pecuario presentó la mayor tasa de crecimiento (36%). Asimismo, dentro de la agricultura, el valor agregado bruto de los granos básicos creció en 26%. Sin embargo, el valor de los cultivos tradicionales de exportación decreció, en gran medida a causa de la caída en el valor bruto de la producción del café oro (véase de nuevo el cuadro 3).

En el cuadro 3 se observa un decremento del valor de la producción del café oro en el período 2000-2007, esto se explica en gran parte por la disminución en el rendimiento de este cultivo. Como se observa en el cuadro 4, el rendimiento del café en el período de 2000-2007 decreció en forma considerable, mientras que el rendimiento de la piña y el banano prácticamente se estancó. Destaca el aumento significativo de la productividad de la caña de azúcar, la cual tuvo una tasa de crecimiento mayor al promedio mundial, 4,5%.

CUADRO 2
NICARAGUA: PRINCIPALES INDICADORES, 1999-2008

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 ^a
Indicadores sectoriales	Tasas de crecimiento									
Producto interno bruto agropecuario (precios de 1994) ^b		12,1	2,7	-0,3	1,9	5,7	4,6	3,4	-2,4	5,0
Producto interno bruto agropecuario por habitante (precios de 1994) ^b		10,5	1,3	-1,6	0,6	4,3	3,2	2,1	-3,6	3,7
	Porcentajes									
PIB agropecuario/PIB total	19,0	20,5	20,4	20,2	20,1	20,2	20,2	20,1	19,1	19,4
PIB ampliado agroalimentario/PIB total ^c	27,3	29,1	29,5	29,6	29,7	30,0	30,0	30,0	29,2	29,7
Exportaciones agroindustriales/exportaciones totales de bienes	16,7	19,0	21,1	20,5	19,6	18,8	18,5	17,8	19,5	19,3
Exportaciones agropecuarias/exportaciones totales de bienes	47,3	52,5	36,4	39,5	36,7	34,4	30,9	32,9	32,1	31,7
Importaciones agroindustriales/importaciones totales	10,0	9,8	10,8	10,6	10,6	9,8	9,0	9,2	11,0	8,4
Importaciones agropecuarias/importaciones totales	8,0	5,8	5,9	5,5	4,8	4,8	4,8	5,0	3,6	4,0
Gasto agropecuario/gasto gobierno central total	2,7	3,2	3,2	2,7	2,8	2,8	2,6	2,5	3,5	3,9
Crédito agropecuario/crédito total	28,2	20,0	18,0	19,2	16,8	14,6	14,3	13,6	13,4	12,9
Indicadores sociales	Porcentajes									
Población rural/población total	44,9	44,6	44,3	44,0	43,7	43,4	43,1	42,9	42,6	42,3
PEA rural/PEA total	41,7	41,4	41,1	40,9	40,6	40,3	40,1	39,8	39,6	39,4
PEA rural mujeres/PEA rural total	10,3	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3
Población ocupada sector rural/población ocupada total	42,4	39,3	42,9	42,4	30,5	30,3	28,9	30,7	29,5	28,2
Tasa de desempleo abierto	10,7	9,8	11,3	11,7	9,5	9,1	8,6	8,9	7,0	6,9
Tasa de desempleo abierto rural	11,4	3,5	7,8	5,5	3,4	3,5	3,3	2,1	2,1	...
Hogares rurales en situación de pobreza	...	...	71,3	...	...	...	...	...	...	...
Hogares rurales en situación de pobreza extrema	...	...	49,0	...	...	...	...	...	...	...
Población rural en situación de pobreza ^d	...	77,0	77,0	...	...	...	71,5	...	...	...
Población rural en situación de pobreza extrema ^d	...	57,5	55,1	...	...	...	46,1	...	...	...
Índice de concentración de Gini	...	...	0,51	...	...	...	0,50	...	...	...
Analfabetismo a nivel nacional ^e	23,1	31,9	...	...	...	...	18,0	...	...	...
Analfabetismo a nivel rural	...	34,3	...	...	...	...	29,0	...	...	...
Años de escolaridad a nivel nacional ^d	...	...	5,1	...	...	...	8,4	...	...	...
Años de escolaridad a nivel rural ^d	...	...	3,2	...	...	...	5,2	...	...	...
Gasto en educación con relación al PIB	...	3,9	3,8	3,1	3,1	...	...	...	...	...
Salario mínimo real agropecuario (córdobas) ^f	576,4	641,2	629,5	607,3	609,9	611,5	626,7	680,5	672,2	666,1
Salario nacional promedio en el sector agropecuario (córdobas) ^f	668,9	749,5	664,2	679,8	672,4	647,5	668,6	688,4	689,6	702,6
Salario del peón agrícola (dólares por jornal)	1,6	1,7	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,1

Fuente: Sobre la base de cifras oficiales del Banco Central de Nicaragua, Secretaría de Hacienda, Instituto Nacional de Estadística, *Encuesta de Medición de Nivel de 2001 y 2005*, CEPAL. PNUD, SIECA, CORECA y World Economic Forum.

^a Cifras preliminares.

^b De 1990 a 1993, a precios constantes de 1980 y de 1994 a 2003, a precios constantes de 1994.

^c Incluye el PIB agropecuario primario y las industrias de procesamiento de carnes y pescado, azúcar, productos lácteos, otros alimentos de origen industrial y tabaco. Faltó incluir información sobre curtidurías y talleres de acabo, aserraderos, talleres de acepilladura y otros, fabricación de productos de madera y de concho, fabricación de envases y cajas de papel y cartón, fabricación de artículos de pulpa, papel y cartón.

^d Los datos corresponden a los años de 1993, 1998, 2001 y 2005.

^e Se refiere a la población de 10 años y más.

^f Deflactado por el índice nacional de precios al consumidor. De 1994 a 1998, base 1994 = 100, de 1999 a la fecha, base 1990 = 100.

CUADRO 3
NICARAGUA: VALOR AGREGADO DE LA PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA A PRECIOS DE MERCADO, 2000-2007^a

	Millones de córdobas de 1994								Composición porcentual		Tasas de crecimiento
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 ^b	2007 ^b	2000	2007	2000 -2007
PIB total	27 076	27 877	28 088	28 796	30 325	31 624	32 858	34 091			26
Total agropecuario ^c	5 551	5 689	5 674	5 785	6 115	6 397	6 615	6 710	100	100	21
Agrícola	2 909	2 976	2 884	2 924	3 104	3 232	3 373	3 285	52,4	49,0	13
Granos básicos	961	987	1 089	1 110	974	1 214	1 233	1 207	17,3	18,0	26
Cultivos de exportación tradicional	1 057	1 058	838	808	1 053	900	1 057	945	19,0	14,1	-11
Café oro	748	768	575	544	715	573	740	574	13,5	8,5	-23
Caña de azúcar	309	291	263	264	337	327	317	371	5,6	5,5	20
Otros cultivos ^d	659	930	957	1 006	1 078	1 117	1 083	1 134	11,9	16,9	72
Pecuario ^e	1 836	1 897	1 928	2 029	2 149	2 245	2 304	2,489	33,1	37,1	36
Silvicultura	341	394	403	375	391	407	415	425	6,1	6,3	25
Pesca	464	422	459	457	470	514	522	510	8,4	7,6	10

Fuente: Banco Central de Nicaragua.

^a Estas cifras no están relacionadas con el volumen de la producción que presenta el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR).

^b Cifras preliminares.

^c Incluye los sectores agrícola, pecuario, silvícola y pesca.

^d Incluyen tanto los tradicionales de exportación como los no tradicionales, como podrían ser: ajonjolí, algodón oro, banano, maní, semilla de algodón, soya y tabaco.

^e Incluye ganado vacuno, leche, ganado porcino y avícola.

El estancamiento y disminución de la productividad puede ser un reflejo de los problemas relacionados con la escasa inversión en el sector agropecuario —en riego, capital humano y tecnología—, los daños ambientales y los efectos del clima incluyendo su impacto en los niveles de precipitación.

CUADRO 4
NICARAGUA: RENDIMIENTOS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE EXPORTACIÓN
Y SU COMPARACIÓN CON EL MUNDIAL, 1990-2007
(En tasas de crecimiento promedio anual)

	Café		Caña de azúcar		Piña		Banano	
	1990-2000	2000-2007	1990-2000	2000-2007	1990-2000	2000-2007	1990-2000	2000-2007
A nivel mundial	2,8	1,0	0,4	1,2	1,2	2,4	0,6	1,6
A nivel regional	0,9	-1,5	0,7	0,6	8,2	0,04	-0,9	0,3
Nicaragua	5,1	-9,1	1,6	4,5	-0,9	0,3	-0,9	0,3

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales y FAO, Base de Datos, FAOSTAT a nivel mundial y Belice.

b) Inserción comercial y competitividad internacional

En Nicaragua, la participación del comercio exterior dentro del Producto Interno Bruto (PIB) se ha incrementado en los últimos años, como lo demuestra la relación del volumen del comercio internacional agropecuario con respecto al PIB agropecuario ($\{\text{exportaciones}(X) + \text{importaciones}(I)\}/\text{PIB}$), véase el cuadro 5. El mayor dinamismo se debe al incremento en las exportaciones (véase de nuevo el cuadro 2). No obstante, las exportaciones agropecuarias han perdido importancia relativa dentro de las exportaciones totales de bienes, al pasar de 53% en el año 2000 a 32% en el 2008. En cambio, las exportaciones agroalimentarias han mantenido una participación relativamente constante (véase de nuevo el cuadro 2).

CUADRO 5
NICARAGUA: IMPORTANCIA DEL COMERCIO EN EL SECTOR AGROPECUARIO, 2000-2008

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 ^a
	Millones de córdobas de 1994 ^b								
PIB agropecuario	5 540	5 689	5 674	5 785	6 115	6 397	6 615	6 459	6 783
exportaciones agropecuarias	462	326	361	388	471	510	668	750	849
importaciones agropecuarias	105	106	101	98	118	143	174	149	196
	Porcentajes								
X+I/PIB	10	8	8	8	10	10	13	14	15

Fuente: Sobre la base de cifras oficiales del Banco Central de Nicaragua.

^a Cifras preliminares.

^b Estas cifras no están relacionadas con el volumen de la producción que presenta el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR).

Estados Unidos representa el principal destino de las exportaciones nicaragüenses. No obstante, del año 2000 al 2008 las exportaciones hacia este país decrecieron, véase el cuadro 6. De representar el 39% del total de las exportaciones en el año 2000 pasaron a representar el 30% en 2008. Por su parte, los

países centroamericanos representan un mercado importante. El volumen de exportaciones hacia estos países se ha mantenido y en algunos casos, como El Salvador, se ha incrementado (en el año 2008 las exportaciones a estos países representaban más del 30% de las exportaciones totales).

CUADRO 6
NICARAGUA: EXPORTACIONES SEGÚN SU DESTINO, 2000-2008
(En porcentajes)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Estados Unidos	38,5	26,9	38,3	34,5	34,1	31,6	32,8	28,2	30,2
El Salvador	11,5	14,5	16,4	17,5	15,3	15,3	14,8	14,5	15,0
Alemania	8,9	5,6	2,5	1,6	2,0	1,9	3,0	2,1	1,9
Costa Rica	6,1	7,0	9,2	8,3	7,1	6,6	5,8	7,5	7,1
Honduras	5,9	7,4	7,3	7,3	7,9	8,5	10,0	9,6	7,0
Canadá	4,1	3,7	3,7	3,6	4,9	4,0	4,5	6,0	5,2
México	3,8	5,2	4,0	4,7	5,6	5,5	4,7	5,0	5,7
Bélgica-Luxemburgo	3,2	1,5	0,7	0,6	1,6	1,1	2,9	2,2	2,0
Guatemala	3,2	4,4	4,4	4,3	4,5	5,5	4,7	5,7	5,2
Inglaterra	2,2	3,0	2,9	2,8	2,5	2,7	2,2	1,5	2,2

Fuente: SIECA.

El café, la carne de bovino, el maní, el azúcar, el camarón y la langosta, el tabaco y el banano, son algunos de los principales productos de exportación con mayor dinamismo. En 2008 estos productos concentraron alrededor del 50% del total de las exportaciones; véase el cuadro 7.

CUADRO 7
NICARAGUA: PRINCIPALES EXPORTACIONES AGROPECUARIAS, 2000-2008
(En millones de dólares)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Banano	11,6	11,3	12,2	11,2	11,6	9,6	9,9	9,6
Tabaco y sus manufacturas	8,9	10,8	14,3	17,3	18	20	23,5	20,5
Camarón y langosta	38,3	36,4	36,7	38,3	52,2	48,6	46,1	48,3
Azúcar	49,1	28,6	25,7	36,8	60,3	60,3	74,3	50,4
Maní	30,7	24	28,4	39,7	43,6	43	56	90,2
Carne de bovino	65,6	78	83,9	110,4	119,1	148	179,5	210,7
Café	103,3	73,6	85,6	126,5	125,9	207,2	188,1	278,3

Fuente: SIECA.

c) Competitividad

Para examinar la competitividad de los productos de Nicaragua en los mercados internacionales, se examina el cambio porcentual de la participación de mercado y la cantidad de productos exportados hacia Estados Unidos en el período 2002-2007 (con base en las cifras del Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional, MAGIC). Los resultados del análisis de 25 grupos de productos agropecuarios y agroindustriales se presentan en el cuadro 8. Se encuentra que nueve grupos de productos son dinámicos, es decir, han aumentado su importancia relativa en los flujos comerciales y competitivos, y han aumentado su participación en el mercado (lácteos y miel, legumbres y hortalizas, frutos comestibles, productos de la molinería, grasas y aceites animales o vegetales, preparaciones de carne, azúcares y artículos de confitería, preparaciones a base de cereales, bebidas y líquidos alcohólicos). Por el contrario, tres grupos se encuentran estancados y han perdido participación en el mercado (animales vivos, peces vivos, plantas y flores).

Los sectores dinámicos son los que aumentan su importancia relativa en los flujos comerciales entre un año base y un año final. Los sectores estancados son los que disminuyen su importancia relativa en los flujos comerciales entre un año base y un año final. Los sectores competitivos son los que aumentan su participación en el mercado, contribución o especialización entre un año base y un año final. Los sectores no competitivos son los que disminuyen su participación en el mercado, contribución o especialización entre un año base y un año final.

CUADRO 8
NICARAGUA: COMPETITIVIDAD DE LAS EXPORTACIONES AGROALIMENTARIAS
A LOS ESTADOS UNIDOS, 2000-2007
(Tipología de los productos)

Código	Productos agropecuarios	Nicaragua
Agropecuarios		
1	Animales vivos	Retirada
2	Carne bovina fresca y refrigerada	Estrella menguante
3	Peces vivos	Retirada
4	Lácteos y miel	Estrella naciente
5	Demás productos de origen animal	Estrella menguante
6	Plantas y flores	Retirada
7	Legumbres y hortalizas	Estrella naciente
8	Frutos comestibles	Estrella naciente
9	Café sin tostar, té, yerba mate y especias	Estrella menguante
10	Cereales	No definido
12	Semillas y frutos oleaginosos	Oportunidad perdida
Agroindustriales		
11	Productos de la molinería	Estrella naciente
13	Gomas y resinas	No definido
14	Materias trenzables y demás productos	No definido
15	Grasas y aceites animales o vegetales	Estrella naciente

(Continúa)

CUADRO 8 (conclusión)

Código	Productos agropecuarios Agroindustriales	Nicaragua
16	Preparaciones de carne	Estrella naciente
17	Azúcares y artículos de confitería	Estrella naciente
18	Cacao y sus preparaciones	No definido
19	Preparaciones a base de cereales	Estrella naciente
20	Preparación legumbres, hortalizas y frutas	Oportunidad perdida
21	Preparaciones alimenticias diversas	Oportunidad perdida
22	Bebidas, líquidos alcohólicos	Estrella naciente
23	Alimentos balanceados y residuos	No definido
24	Tabaco y sucedáneos del tabaco	Estrella menguante
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).

Nota: Estrellas nacientes: mercados dinámicos y los productos ganan participación. Estrellas menguantes: mercados dinámicos y los productos pierden participación. Oportunidades pérdidas: mercados estancados y los productos ganan participación. Estrellas en retirada o retroceso: mercados estancados y los productos pierden participación.

2. Insumos de la producción agropecuaria

a) Tierra

Nicaragua posee una superficie total de 13 millones 37 mil hectáreas. Para el año 2005 del total de la superficie clasificada en uso del suelo 17,8% estaba ocupada por superficie arable, 15,9% como cultivos de labranza y 42,7% como superficie forestal. Tan sólo el 0,5% de la superficie se encontraba irrigada.

Según criterios de planificación, en el país se identifican tres regiones:

i) La Región del Pacífico, con el 15,2% del territorio, poseedora de los mejores suelos agrícolas, de la mayor infraestructura, desarrollo y concentración de población, comprende los Departamentos de Chinandega, León, Managua, Masaya, Granada, Carazo y Rivas;

ii) La Región Central, con el 29,6%, del territorio y caracterizada por topografía montañosa con pequeños valles intermontañosos, suelos de fertilidad media y de uso restringido para la agricultura intensiva, abarca los Departamentos de Chontales, Boaco, Matagalpa, Estelí, Jinotega, Madriz y Nueva Segovia;

iii) La Región Atlántico, con el 55,2% del territorio, de topografía plana boscosa, suelos de baja fertilidad con limitaciones para uso agrícola intensivo, rica en recursos naturales poco explotados; cubre las Regiones Autónomas Atlántico Norte y Atlántico Sur y el Departamento de Río San Juan⁵.

⁵ Fuente: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2000), "Perfil del país" [en línea], 21 de julio de 2009 <<http://www.fao.org/countryprofiles/index.asp?lang=es&ISO3=NIC>>.

b) Crédito e inversión

El crédito agropecuario es un instrumento importante que suministra a los agricultores de los recursos financieros necesarios para mejorar su actividad. El destino de los recursos puede ser utilizado para la compra de insumos, pago de mano de obra, inversiones en instalaciones, maquinaria o equipo. A través del crédito agropecuario se facilita la transferencia de recursos al sector y funciona como un mecanismo a través del cual se incrementa la producción. A pesar de lo anterior, la proporción del crédito agropecuario en el crédito total ha decrecido en los últimos años. De representar alrededor del 20% en el año 2000 se redujo a 13% en 2008; véase el cuadro 9. La caída en dicha participación muestran las necesidades financieras del sector.

CUADRO 9
NICARAGUA: CRÉDITO AGROPECUARIO, 2000-2008
(En porcentajes del crédito total)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Total agropecuario	20	18	19	17	15	14	14	13	13
Agrícola	17	16	17	15	12	11	9	8	9
Pecuario	3	2	2	2	2	3	4	5	4

Fuente: Banco Central de Nicaragua.

Por otra parte, y a pesar de la importancia del sector agropecuario en la economía de Nicaragua, la inversión en el sector agropecuario es mínima, el gasto agropecuario en 2008 representó 4% del gasto total del gobierno central (véase de nuevo el cuadro 2). Esta falta de inversión sin duda genera atrasos importantes en infraestructura, investigación y transferencia de tecnología.

c) Población

En Nicaragua la población rural representa poco más del 40% de la población total. Adicionalmente, la población ocupada en el sector rural representa alrededor de un tercio del total de la población ocupada en Nicaragua (véase de nuevo el cuadro 2).

Nicaragua presenta gran desigualdad en las áreas rurales. El ingreso rural está concentrado en pocos grupos. En 2005 el 10% más rico de la población rural concentraba el 39% del ingreso total en el medio rural, mientras el 10% más pobre solamente concentraba el 1.4%, véase el cuadro 10. La desigualdad en el ingreso prácticamente se ha mantenido, como lo demuestra la evolución del índice de Gini⁶ en el mismo cuadro. Asimismo, en el año 2005, 71,5% de los hogares rurales se encontraban en situación de pobreza, mientras que 46% se encontraba en situación de indigencia (véase de nuevo el cuadro 2).

Además de enfrentar una inversión insuficiente y un financiamiento decreciente, el sector rural tiene un porcentaje elevado de población en situación de pobreza extrema. Sin duda la mínima inversión en el medio rural se ve reflejada en los altos niveles de analfabetismo y en los niveles de escolaridad tan bajos que presenta la población rural (5,2 años en 2005, cuadro 2).

⁶ El índice de Gini varía entre 0 y 1. El cero corresponde a la absoluta igualdad y el uno a la perfecta desigualdad.

CUADRO 10
NICARAGUA: DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO EN ÁREAS RURALES, ^a 1993, 1998 y 2005

Año	Índice de GINI ^b	Decil 1	Decil 2	Decil 9	Decil 10
1993	0,536	0,3	2,1	16,6	40,2
1998	0,558	0,3	1,6	16	41,9
2005	0,497	1,4	2,7	15,6	39,1

Fuente: CEPAL (2009), “Anuario estadístico de América Latina y el Caribe, 2008”.

^a El ingreso de los hogares está ordenado por quintiles según su ingreso por habitante. El decil 1 corresponde a los hogares más pobres y el decil 10 a los hogares más ricos.

^b Valores entre 0 y 1.

3. Nicaragua ante el cambio climático

Nicaragua, por su posición geográfica y situación de pobreza, es un país altamente vulnerable a fenómenos meteorológicos como inundaciones, huracanes y sequías. El cambio climático podría agudizar esta vulnerabilidad por sus efectos sobre estos fenómenos.

a) Los efectos del cambio climático en la agricultura en los últimos años

Durante los últimos años los países Centroamericanos han visto intensificar los fenómenos climatológicos extremos con importantes costos económicos. Entre los países más afectados por los fenómenos meteorológicos (tormentas, inundaciones, olas de calor, etc.), Nicaragua ocupa el tercer sitio según el índice de riesgo climático (IRC) 1998-2007⁷ (véase el cuadro 11).

CUADRO 11
NICARAGUA: ÍNDICE DE RIESGO CLIMÁTICO (IRC): RESULTADOS DE LOS INDICADORES ESPECÍFICOS DE LOS 10 PAÍSES MÁS AFECTADOS POR LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS, 1998-2007

País	IRC	Muertos promedio	Promedio anual de defunciones por cada 100.000 habitantes	Pérdidas totales promedio (Millones de dólares PPP)	Las pérdidas promedio PIB en % del PIB
1 Honduras	6,75	579	8,5	1 166	5,15
2 Bangladesh	10,92	1 093	0,7	4 426	3,02
3 Nicaragua	11,67	308	5,7	528	4,3
4 República Dominicana	14,83	414	5	503	0,98
5 Haití	15,75	402	5,1	232	2,42
6 Vietnam	18,33	406	0,5	2 152	1,47
7 India	18,83	4 532	0,4	12 047	0,62
8 Mozambique	24,75	121	0,6	228	1,98
9 Venezuela	24,75	3 012	11,9	433	0,18
10 Filipinas	25,83	472	0,6	698	0,33

Fuente: Global Climate Risk Index 2009.

⁷ El Índice de Riesgo Climático muestra cómo los países han sido afectados en la década 1998-2007 por eventos climáticos extremos (como los huracanes o las inundaciones). Se basa en los datos de la Nat Cat Service de Munich, y tiene en cuenta los siguientes indicadores: número total de muertes, muertes por cada 100.000 habitantes, las pérdidas absolutas en millones de dólares de los Estados Unidos y las pérdidas como porcentaje del PIB. Los cuatro indicadores implican ciertos niveles de desarrollo y la vulnerabilidad de los países a múltiples riesgos. Este índice refleja tanto los efectos físicos de los fenómenos meteorológicos extremos, como las circunstancias nacionales específicas que determinan la capacidad de adaptación de los países y su población.

El IRC revela que los países más pobres son los países más afectados. En la última década los huracanes en la región del Caribe han producido importantes pérdidas económicas y muertes. Los países menos desarrollados se ven afectados más que los países industrializados.

El cuadro 12 muestra los desastres naturales que han ocurrido desde 1972. Entre los desastres naturales que mayores impactos negativos han ocasionado en la última década se encuentra el Huracán Mitch, ocurrido en 1998 y que causó una pérdida económica de alrededor de 27% del PIB. Por su parte las sequías que se produjeron en 2001 ocasionaron una pérdida de 1.2% del PIB. Adicionalmente el Huracán Félix y la Ondas tropicales de 2007, ocasionaron una pérdida equivalente a 5.2% del PIB.

Como se señaló anteriormente, el sector agropecuario es vulnerable a cambios climáticos; por ello se espera que los rendimientos de los cultivos sean los más afectados por las variaciones en el clima, provocando disminuciones en la producción y colocando al país en una situación de riesgo para su seguridad alimentaria, ante la escasez de alimentos y el incremento de precios.

CUADRO 12
NICARAGUA: DAÑOS Y PÉRDIDAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO
POR LOS DESASTRES, 1972-2007
(En millones de dólares)

Año	Evento	Daños y pérdidas totales	Agropecuario			Porcentajes			PIB corriente	Daños y pérdidas totales/ PIB
			Total	Daños ^a	Pérdidas ^b	Agropecuario/ total	Daños/ agropecuario	Pérdidas/ agropecuario		
1972	Terremoto	772,0	...	...	...	...	...	...	878,6	87,9
1982	Inundaciones	354,0	109,7	78,1	31,6	31,0	71,2	28,8	2 454,5	14,4
1983	Lluvias atípicas	350,0	125,0	85,0	40,0	35,7	68,0	32,0	2 753,1	12,7
1998	Huracán Mitch	987,7	185,2	128,3	56,9	18,8	69,3	30,7	3 572,5	27,6
2001	Sequía	48,7	29,1	-	29,1	59,8	-	100,0	4 102,7	1,2
2007	Huracán Félix- RAAN y Ondas tropicales 35 y 36 y La Vaguada - Nicaragua	297,0	68,3	8,1	60,2	23,0	11,9	88,1	5 725,9	5,2

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

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

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

b) Las estrategias, políticas y programas frente al cambio climático

En 1992, Nicaragua firmó la Convención Marco sobre los Cambios Climáticos de las Naciones Unidas durante la Cumbre de la Tierra, la que a su vez fue ratificada por la Asamblea Nacional en Octubre de 1995, entrando en vigor en enero de 1996. El Protocolo de Kyoto fue ratificado por la Asamblea Nacional en julio de 1999. Nicaragua ha cumplido con los compromisos asumidos dentro de la

Convención Marco de las Naciones Unidas a través de la realización de algunas acciones entre las que destacan: en junio de 2001 presentó la Primera Comunicación Nacional para la CMNUCC, asimismo, ha desarrollado inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero y esbozó la primera estrategia de mitigación y adaptación, reflejando las circunstancias y problemáticas nacionales, principalmente en los sectores de Recursos Hídricos y Agricultura. La primera comunicación nacional de Nicaragua incluye el Plan de Acción Nacional ante el Cambio Climático (PANCC) que fue establecido en el 2001. El PANCC fue actualizado en el año 2004, sin embargo aún no ha sido oficializado.

El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), a través de su Dirección General de Cambio Climático (DGCC), es la institución nacional que coordina y facilita el cumplimiento de los compromisos adquiridos a través de la CMNUCC y el Protocolo de Kyoto. Además de trabajar en la elaboración de las comunicaciones nacionales ante la CMNUCC y los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, facilita y promueve el proceso de adaptación al cambio climático, fomentando el desarrollo de estudios de vulnerabilidad, para luego impulsar la adaptación.

En la actualidad el MARENA ejecuta el proyecto “Desarrollo de Capacidades para el Mecanismo de Desarrollo Limpio”, financiado por el Programa Ambiental de Naciones Unidas, y tiene como propósito apoyar a las autoridades nacionales designadas en el proceso de aprobación de proyectos denominados: Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), consistentes con las prioridades de desarrollo sostenible del país, así como mejorar la preparación institucional y la construcción de capacidades nacionales, además de contribuir a mitigar gases de efecto invernadero (<http://www.undp.org.ni/proyectos/2/102>).

Por otra parte, el proyecto “Actividades Habilitantes para la preparación de la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático” busca desarrollar dos programas claves para hacer frente a la mitigación de gases de efecto invernadero y la identificación de medidas de adaptación ante el cambio climático a nivel de departamentos priorizados, así como el fortalecimiento de los instrumentos legales-institucionales para incluir el tema de cambio climático dentro de los planes nacionales y locales de desarrollo.

Por su parte, la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio (ONDL) promueve dos estrategias para enfrentar el cambio climático, estas son: 1) mitigación en función del Protocolo de Kyoto, y 2) implementación de medidas de adaptación, fundamentalmente regidos por los estudios de vulnerabilidad⁸.

⁸ MARENA (<http://www.marena.gob.ni/>).

III. METODOLOGÍAS

En el presente trabajo se estimaran los efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario a través de dos enfoques: la función de producción, y el método Ricardiano, a continuación se describen algunas de sus características.

De acuerdo con Mendelsohn y otros (1994) el enfoque de la función de producción puede llevar a sobrestimar los efectos negativos del clima sobre la producción, ya que no considera una variedad de ajustes que los productores realizan en respuesta a cambios en las condiciones económicas y ambientales; por ejemplo, la adaptación a los cambios tecnológicos y ambientales, modificaciones en la producción de alimentos, en los precios de los insumos o en la disponibilidad de recursos. Así, los resultados de la función de producción, con frecuencia, predicen severas reducciones en los rendimientos de los cultivos como resultado del cambio climático. Sin embargo, a través de la construcción de funciones de producción se puede analizar los efectos del clima sobre diferentes cultivos. Al basarse en variables observadas (temperatura y precipitación), arroja resultados claros en términos de la relación entre los rendimientos de los mismos y las condiciones climáticas. Además, permite identificar los umbrales de temperatura y precipitación más allá de los cuales las condiciones climáticas se vuelven perjudiciales y en consecuencia predecir beneficios o pérdidas de acuerdo con los niveles de temperatura o precipitación.

El enfoque Ricardiano es una metodología a través de la cual se puede, en principio, corregir el posible sesgo en las estimaciones basadas en la función de producción, ya que permite analizar cómo el clima afecta el valor neto de las tierras cultivadas. Al medir directamente los precios agrícolas o ganancias consideran tanto los impactos directos del clima en los diferentes cultivos, así como la sustitución de diferentes insumos, la introducción de diferentes actividades y otras adaptaciones potenciales a climas distintos (Mendelsohn y otros 1994). Este modelo proporciona una herramienta para analizar cómo los agricultores tienen la posibilidad de responder a futuros cambios en el clima mediante la búsqueda de una mayor renta de la tierra (diferentes usos de la tierra). Sin embargo, no permite conocer los efectos sobre cultivos específicos y es un análisis estático.

Dadas las ventajas y desventajas de los dos enfoques, ambos se consideran complementarios. A diferencia de muchos estudios que utilizan sólo uno de ellos, en éste emplearemos ambos enfoques, considerando sus limitaciones y tratando de obtener el mayor provecho de cada uno.

1. Enfoque de la función de producción

La función de producción es la relación que existe entre una combinación de factores (X) el producto o los niveles de producción obtenido (Y).

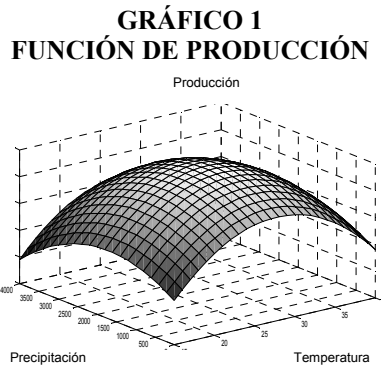
$$Y = f(X) \quad (1)$$

Fleischer, Lichtman y Mendelsohn (2007) expresan a una función de producción agrícola (Q) como una combinación de variables endógenas, exógenas y de variables que representan la habilidad o capacidad de los agricultores. Las variables endógenas (**x**) incluyen trabajo, capital, fertilizantes y otros insumos. Las exógenas (**z**) comprenden variables climáticas. Las características de los agricultores (**m**) incluyen variables de capital humano, es decir:

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

Donde Q_t representa la producción agropecuaria o el rendimiento por hectárea de un producto determinado y el subíndice t indica el tiempo. En este estudio la estimación de la función de producción se

llevó a cabo utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Para la estimación de la función de producción se utilizó una forma funcional cuadrática, que permita mostrar el efecto no lineal de las variables climáticas e identificar los niveles a los que la temperatura o la precipitación ocasionan efectos positivos o negativos en la producción o los rendimientos, lo anterior se ilustra en el gráfico 1. Una vez estimadas las funciones de producción, es posible calcular el impacto sobre las distintas variables dependientes (producción o rendimientos de cultivos) ante las variaciones en la temperatura y precipitación.



Después de que se encontró una función robusta metodológicamente, está se utiliza para pronosticar la evolución de la producción en diferentes horizontes temporales dados los distintos escenarios climáticos. La producción se proyecta con base en los escenarios climáticos y se compara con la producción que se obtendría en caso de que la variación climática no alterase su tendencia histórica. Ello permite tener aproximaciones de los impactos económicos del cambio climático una vez que se evalúa el valor de la producción en los casos con y sin cambio climático.

La ventaja de este enfoque es que supone una relación directa entre las variables climáticas y los rendimientos agrícolas. No obstante, no permite incorporar adaptaciones o mejoras en la producción. Sin embargo, brinda un panorama general de cómo serían los posibles efectos en el sector si las condiciones de producción actuales no se mejoran.

2. Enfoque Ricardiano

El modelo Ricardiano es un análisis de sección cruzada que ha sido ampliamente aplicado en el estudio de los efectos del cambio climático en la productividad agrícola. Este enfoque asume que los productores agrícolas maximizan el ingreso neto (π) dado por la siguiente ecuación:

$$\pi = \sum p_i Q_i(m, z, x) - \sum w_x x \quad (3)$$

Donde p_i es el precio de mercado del cultivo i , w_x el vector de precios de los insumos. Los productores eligen x para maximizar el ingreso neto de cada cultivo, dadas las características intrínsecas a la unidad de producción (temperatura, precipitación, tipo de suelo, acceso a mercados, etc.) y el precio de mercado de los productos. La función óptima resultante es:

$$\pi^* = f(p_i, m, z, w_x) \quad (4)$$

El modelo Ricardiano utiliza la especificación anterior para determinar cómo cambios en variables exógenas contenidas en z y m afectan la productividad neta de la tierra. El valor de la tierra (LV) es entonces el valor presente del flujo de ingresos netos:

$$LV = \int_0^{\infty} \pi_t^* \cdot e^{-rt} dt \quad (5)$$

Donde r representa la tasa de interés del mercado.

Como variable dependiente se puede utilizar el valor de la tierra como el ingreso neto agrícola o ganancias netas agrícolas. El uso depende en gran medida de la disponibilidad de datos. Sin embargo, el valor de la tierra se considera una mejor medida, pues refleja la expectativa de ingresos en un horizonte de varios años, en tanto que el ingreso neto agrícola sólo ofrece un resultado anual que puede variar años tras año.

El modelo puede estimarse econométricamente de la siguiente forma (Seo y Mendelsohn (2008b)):

$$LV = \beta_0 + \beta_1 \cdot T + \beta_2 \cdot T^2 + \beta_3 \cdot P + \beta_4 \cdot P^2 + \beta_5 T \cdot P + \sum_j \lambda_j \cdot m_j + e \quad (6)$$

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

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

$$\frac{\partial LV_i}{\partial T} = \beta_1 + 2 \cdot \beta_2 \cdot T + \beta_5 \cdot P \quad (7)$$

El resultado es análogo para las variables de precipitación. La modelación anterior permite la diferenciación de los impactos del cambio climático a través de distintos perfiles de productores, lo que hace posible determinar diferentes niveles de sensibilidad.

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

$$\Delta LV = LV(C_1) - LV(C_0) \quad (8)$$

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

Las principales críticas al modelo Ricardiano radican en el uso de la estática comparada. El resultado de la ecuación (8) se basa en el supuesto de que el resto de las variables explicativas (por ejemplo, sociodemográficas) no cambian entre los escenarios C_0 y C_1 . Se asume, por ejemplo, que cualquier cambio en los niveles de educación entre $t = 0$ y $t = 1$ no tendrá efectos en la productividad de la tierra. Además, se ha señalado también la falta de inclusión de los cambios en los precios agrícolas. Finalmente, el modelo de análisis Ricardiano tampoco incluye 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

La agricultura mundial debe hacer frente a muchos problemas en los próximos decenios. La degradación de los suelos y los recursos hídricos crearán grandes presiones sobre la seguridad alimentaria de las poblaciones en pleno crecimiento. Estas condiciones pueden verse agravadas por el cambio climático⁹.

Algunas regiones tendrán problemas muy serios mientras que otras podrían tener beneficios en el corto plazo. Asimismo, los efectos en los rendimientos de los cultivos variarán dependiendo de la tolerancia al calor y humedad necesaria para cada uno. Se espera que las zonas tropicales sean las más perjudicadas ya que algunos cultivos están cerca de su tolerancia máxima a la temperatura y podrían estar experimentando una reducción significativa en sus rendimientos.

1. Impacto en las funciones de producción agropecuaria

En este apartado se presentan las estimaciones de las funciones de producción que serán utilizadas para medir la sensibilidad del sector agropecuario al cambio climático y posteriormente, en el siguiente capítulo se muestran los impactos económicos futuros basados en los modelos climáticos A2 y B2¹⁰.

El sector agropecuario en Nicaragua tiene un peso importante dentro de la economía nacional, alrededor del 20% del PIB¹¹. Sin embargo, la agricultura es un sector vulnerable, que depende fundamentalmente de la lluvia, en Nicaragua este sector se encuentra poco tecnificado y sólo el 1,2%¹² de la superficie agrícola está provista de riego. El cambio climático no sólo afectará a la agricultura, se prevé que el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación tengan efectos negativos sobre la producción pecuaria. Mediante el análisis de las funciones de producción agropecuarias se ofrece un panorama general de los efectos del cambio climático sobre el sector.

a) Datos

Las funciones de producción agropecuarias se estimaron a partir de la metodología de MCO utilizando datos anuales del período 1961-2005. Cabe señalar que este período cubre años en que tuvo lugar el conflicto bélico que sufrió el país. Los datos utilizados constan de 45 observaciones anuales. Las estadísticas descriptivas usuales se reportan en el cuadro 13. Los datos utilizados son los índices de producción agropecuaria tipo Laspeyres, construidos por la FAO¹³. Igualmente se recurrió a variables de control, como hectáreas de cultivo, superficie provista de riego, número de tractores agrícolas en uso, población económicamente activa (PEA) rural, población económicamente activa (PEA) total y población total. Estas variables provienen de la base FAOSTAT¹⁴ y de CELADE.

⁹ Carpeta de información sobre el cambio climático.

¹⁰ Las estadísticas descriptivas de estos modelos se presenta en el anexo I.

¹¹ CEPAL. Subregión Norte de América Latina y el Caribe: información del sector agropecuario. Dato de 2005.

¹² FAO, base de datos FAOSTAT.

¹³ 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.

¹⁴ FAO División de Estadísticas.

CUADRO 13
NICARAGUA: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, 1961-2005^a

	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Índice de producción agropecuaria ^b	45	81,4	19,4	43,0	129,0
Índice de producción de cultivos	45	89,2	17,2	46,0	127,0
Índice de producción pecuaria ^c	45	69,6	24,4	36,0	132,0
Superficie cultivada (hectáreas)	45	710 336,1	139 390,4	496 425,0	110 4083,0
PEA rural (miles de habitantes)	45	512,4	197,8	266,1	889,9
PEA total (miles de habitantes)	45	1 128,4	548,3	460,1	2 220,7
Población (miles de habitantes)	45	3 565,0	1 137,1	1 829,6	5 450,4
Superficie provista de riego (miles de hectáreas)	45	51,5	15,7	18,0	61,0
Tractores agrícolas en uso (miles de tractores)	45	1 825,5	1 055,3	130,0	3 000,0
Precipitación acumulada anual (mm)	45	2 426,2	328,0	1 855,6	3 088,5
Precipitación acumulada anual en la época de lluvia (mm)	45	1 801,5	281,9	1 299,2	2 494,5
Temperatura promedio (° C)	45	25,2	0,5	24,0	26,0

Fuente: Elaboración propia.

^a Se refiere a observaciones anuales correspondientes al período 1961-2005.

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

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

b) Resultados

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

c) Índices de producción agropecuaria

La producción agropecuaria es sensible a cambios climáticos, sobre todo los cultivos de temporal, donde no hay forma de compensar la falta de humedad del suelo y las altas temperaturas. Según los diferentes escenarios climáticos el clima sufrirá variaciones severas en los próximos años. El propósito de este trabajo es exponer las consecuencias de las alteraciones climáticas en el sector agropecuario de Nicaragua según los posibles escenarios futuros.

Como se mencionó, las ecuaciones de índices de producción agropecuaria fueron estimadas con distintas medidas de precipitación acumulada y temperatura. Para cada función de producción la variable de interés es el índice de producción restringido por la superficie cultivada.

i) Producción agropecuaria. Las distintas estimaciones de la función de producción agropecuaria se muestran en el cuadro 14. En todas las ecuaciones los signos de las variables son los esperados. Los términos lineales son positivos y los cuadráticos, que muestran los rendimientos decrecientes en temperatura y precipitación, son negativos (véanse los gráficos 2, 3 y el cuadro 14).

CUADRO 14
NICARAGUA: ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Variables	PEA rural		Población total		PEA total	
	Lineal	Logarítmico	Lineal	Logarítmico	Lineal	Logarítmico
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Precipitación acumulada anual		0,000125 (1,711) *		0,000100 (1,333)		
(Precipitación acumulada anual) ²		-0,00000003 (1,802) *		-0,00000002 (1,407)		
Precipitación acumulada De mayo a octubre	0,000107 (2,233) **		0,000943 (2,295) **		0,0008579 (2,005) *	
(Precipitación acumulada de mayo a octubre) ²	-0,00000003 (2,410) **		-0,00000003 (2,511) **		-0,00000003 (2,200) *	
Temperatura promedio	0,213592 (0,611)	0,306960 (0,864)	1,105013 (0,372)	0,146108 (0,428)	0,455670 (0,153)	
(Temperatura promedio) ²	-0,004115 (0,589)	-0,006035 (0,851)	-0,020945 (0,353)	-0,002843 (0,418)	-0,008151 (0,137)	
Observaciones	45	45	45	45	45	
R²	0,46	0,45	0,47	0,47	0,48	
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)	4,55 ***	4,35 ***	4,76 ***	4,69 ***	4,79 ***	
Prueba de cointegración de Johansen						
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	6 **	6 **	6 **	6 **	6 **	
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	4 **	3 **	6 **	2 **	3 **	

Fuente: Elaboración propia.

*Estadísticamente significativo a nivel de 10%.

**Estadísticamente significativo a nivel de 5%.

***Estadísticamente significativo al nivel de 1%.

Todas las ecuaciones se estimaron con constante, logaritmo de superficie provista de riego y logaritmo del número de tractores en uso. Las pruebas de cointegración se realizaron con término constante en la ecuación de cointegración y en el modelo dinámico.

GRÁFICO 2
NICARAGUA: PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA

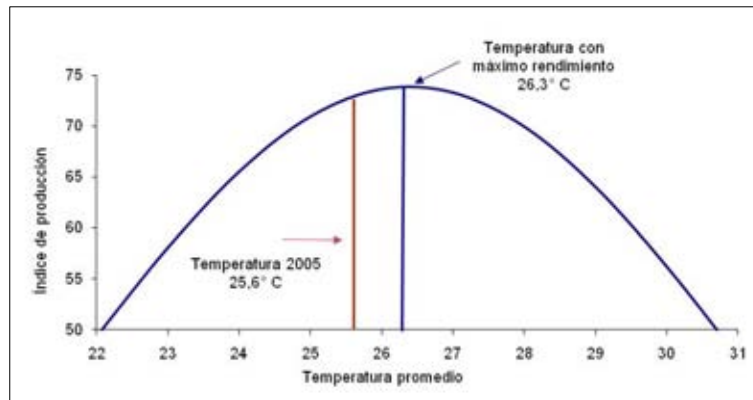
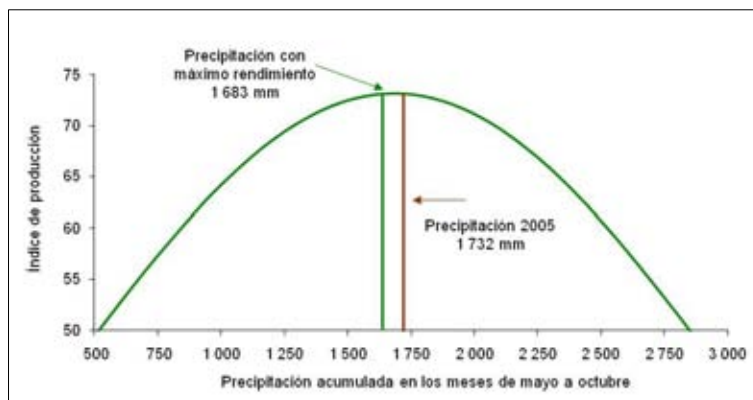


GRÁFICO 3
NICARAGUA: PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes relacionados con la temperatura no son significativos de forma individual; sin embargo, la prueba F de significancia conjunta indica que en su conjunto todas las variables son relevantes. Se estimaron varias especificaciones para mostrar la robustez de los signos y de los resultados. De acuerdo con las diferentes pruebas estadísticas de cointegración se descarta la presencia de regresiones espurias, asimismo las estimaciones parecen robustas ante cambios en las variables de control y climáticas.

Los términos cuadráticos de las variables climáticas se incluyeron con el fin de mostrar el efecto no lineal de las variables climáticas sobre la producción agropecuaria, sin embargo, este hecho puede incrementar la colinealidad entre las variables y afectar la significancia individual de los coeficientes (Segerson y Dixon, 1998). En presencia de colinealidad los coeficientes deben interpretarse cuidadosamente y considerar que el resultado de un coeficiente no significativo a los niveles estándares de significancia no debe tomarse como evidencia de que esa variable es irrelevante (Verbeek M., 2005).

El cuadro 14 muestra cinco estimaciones diferentes, se modificaron las variables explicativas (PEA rural, PEA total y población) y la forma funcional (lineal o logarítmica). Para proyectar el

comportamiento de la producción ante variaciones en temperatura y precipitación se eligió la especificación logarítmica (especificación (3) del cuadro 14) con temperatura promedio y precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre. Para la construcción de esta función se utilizaron como variables de control la PEA rural, la superficie provista de riego y los tractores en uso. En el gráfico 2 se presenta el impacto de variaciones en la temperatura sobre la producción agropecuaria, en esta gráfica se mantuvieron las variables de control constantes con los valores de 2005, con el fin de aislar el efecto de las variables climáticas sobre la producción agropecuaria.

Se observa que la temperatura promedio que se presentó en Nicaragua en 2005 es menor a aquella que permite obtener la producción óptima. El cambio climático, supone un incremento en la temperatura, por lo que se podrían tener efectos positivos en el corto plazo, pero a largo plazo cuando se sobrepase la temperatura que maximiza la función, dichos efectos se revertirían, tal como se verá en el siguiente capítulo.

El gráfico 3 presenta el comportamiento de la producción agropecuaria ante variaciones en la precipitación. El gráfico indica que el nivel de precipitación que presentó Nicaragua en el año 2005 es ligeramente superior al que optimiza la producción. Disminuciones o incrementos en la misma podrían ocasionar un nivel de producción menor.

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

Debido a la inclusión de los términos cuadráticos las funciones de producción presentan rendimientos decrecientes en las variables climáticas. Es decir, a bajos niveles de temperatura o precipitación se estimula la producción, a partir de un nivel óptimo los rendimientos decrecen. Para ser consistentes con los resultados de la producción agropecuaria, se eligió la especificación logarítmica (3') con el fin de analizar el comportamiento de la producción ante variaciones climáticas.

CUADRO 15
NICARAGUA: ÍNDICE DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS

	PEA rural			Población total	
	Lineal		Logarítmico	Lineal	Logarítmico
	(1')	(2')	(3')	(4')	(5')
VARIABLES					
Precipitación acumulada anual		0,0000950		0,0000389	0,0005520
		(1,217)		(0,462)	(0,912)
(Precipitación acumulada anual) ²		0,00000002		0,00000001	-0,0000001
		(1,328)		(0,553)	(1,009)
Precipitación acumulada de mayo a octubre	0,0000970		0,0007190		
	(1,602)		(1,555)		
(Precipitación acumulada de mayo a octubre) ²	0,00000003		-0,0000002		
	(1,801) *		(1,750) *		
Temperatura promedio	0,1795446	0,2509209	1,0781110	-0,0166129	0,3416745
	(0,520)	(0,698)	(0,398)	(0,043)	(0,115)
(Temperatura promedio) ²	-0,0034602	-0,0049353	-0,0206876	0,0003615	-0,0065813
	(0,505)	(0,692)	(0,385)	(0,047)	(0,112)
Observaciones					
R ²	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)	8,42 ***	8,24 ***	8,35 ***	8,65 ***	8,66 ***
Prueba de cointegración de Johansen					
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	6 **	6 **	6 **	6 **	7 **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	4 **	5 **	6 **	2 **	4 **

Fuente: Elaboración propia.

*Estadísticamente significativo a nivel de 10%.

**Estadísticamente significativo a nivel de 5%.

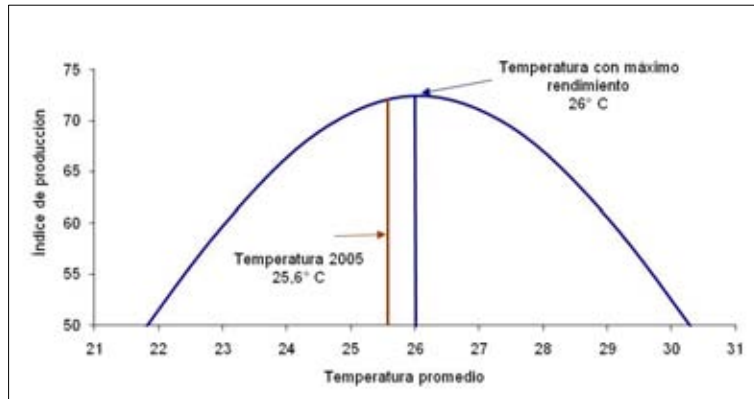
***Estadísticamente significativo al nivel de 1%.

Todas las ecuaciones se estimaron con constante, una variable *dummy* (1 en los años donde existieron desastres naturales y 0 en otro caso), logaritmo de superficie provista de riego y logaritmo del número de tractores en uso.

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

En el gráfico 4 se observa que la temperatura promedio de 2005 es medio grado inferior al nivel de temperatura que optimiza la producción. Los diferentes escenarios climáticos proyectan un incremento de temperatura (véase el anexo I), es probable que el cambio climático tenga efectos positivos en el corto plazo, sin embargo, estos beneficios se invertirían en el largo plazo ocasionando pérdidas al sector.

GRÁFICO 4
NICARAGUA: PRODUCCIÓN DE CULTIVOS ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

La precipitación que se presentó en Nicaragua en 2005 es ligeramente superior a la precipitación óptima, como se muestra en el gráfico 5. Una ligera disminución provocaría una producción mayor; sin embargo, una disminución o un incremento sustancial de la precipitación en los meses de mayo a octubre ocasionarían un decrecimiento en la producción.

GRÁFICO 5
NICARAGUA: PRODUCCIÓN DE CULTIVOS ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

iii) Producción pecuaria. Para observar los efectos del cambio climático sobre la producción pecuaria, se estimaron diferentes estimaciones sobre dicha función, sin embargo, éstas no resultaron tan robustas como en el caso de la producción agropecuaria y de cultivos. Los resultados de las regresiones realizadas se presentan en el cuadro 16.

Para mostrar la estabilidad de los parámetros se estimaron varias ecuaciones con diferentes variables explicativas y de control. Se incluyeron las variables de control en logaritmos. Prácticamente ninguna especificación presenta coeficientes significativos para las variables climáticas. No obstante, como indican las pruebas de significancia conjunta, tanto la temperatura como la precipitación son variables relevantes, que tienen efectos en la producción pecuaria.

CUADRO 16
NICARAGUA: ÍNDICE DE PRODUCCIÓN PECUARIA

Variables	PEA rural		Población total		PEA total
	Lineal		Logarítmico	Lineal	Logarítmico
	(1'')	(2'')	(3'')	(4'')	(5'')
Precipitación acumulada anual		0,0002307 (2.436) **		0,0002166 (1.504)	
(Precipitación acumulada anual) ²		- 0,00000004 (2.573) **		- 0,00000004 (1.619)	
Precipitación acumulada de mayo a octubre	0,00010020 (1,077)		0,0012287 (1,290)		0,001022 (1,246)
(Precipitación acumulada de mayo a octubre) ²	-0,00000003 (1,208)		-0,00000004 (1,454)		-0,00000003 (1,415)
Temperatura promedio	0,0667956 (0,110)	0,2306053 (0,363)	-0,9012897 (0,166)	-0,1603963 (0,297)	-4,474649 (0,900)
(Temperatura promedio) ²	-0,0011544 (0,095)	-0,0044448 (0,351)	0,0194781 (0,180)	0,0031444 (0,293)	0,0895682 (0,901)
Observaciones					
R²	0,32500000	0,36	0,37	0,14	0,37
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)	2,47 **	2,94 **	2,99 **	0,84	2,95 **
Prueba de cointegración de Johansen					
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	7 **	7 **	7 **	5 **	6** **
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	3 **	3 **	3 **	2 **	3 ***

Fuente: Elaboración propia.

*Estadísticamente significativo a nivel de 10%.

**Estadísticamente significativo a nivel de 5%.

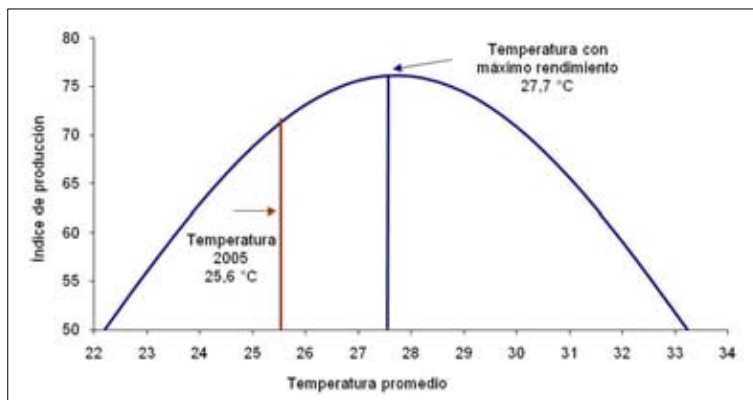
***Estadísticamente significativo al nivel de 1%.

Todas las ecuaciones se estimaron con constante, tasa de crecimiento de la superficie provista de riego y tasa de crecimiento del número de tractores en uso.

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

Debido a que los coeficientes no son significativos, se graficará el índice ante cambios en precipitación y temperatura pero solo para efectos ilustrativos. En el caso de la producción pecuaria se eligió la especificación logarítmica (5'') para mostrar el comportamiento de la producción ante variaciones en las variables climáticas ya que es la que presenta niveles de precipitación y temperatura acordes con los resultados anteriores. Se observa que la temperatura de 2005 es menor a aquella que permite a la producción alcanzar su nivel máximo (véase el gráfico 6).

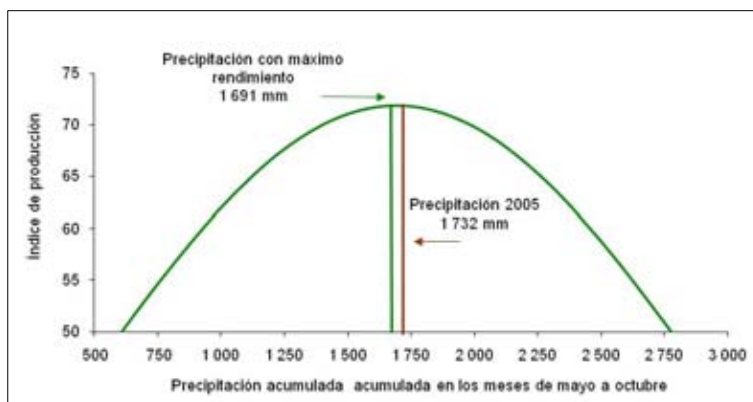
GRÁFICO 6
NICARAGUA: PRODUCCIÓN PECUARIA ANTE VARIACIONES
EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

La precipitación de 2005 es ligeramente superior a la precipitación óptima que maximiza la función de producción pecuaria, incrementos o disminución en la precipitación en los meses de mayo a octubre ocasionarían una disminución de la producción (véase el gráfico 7).

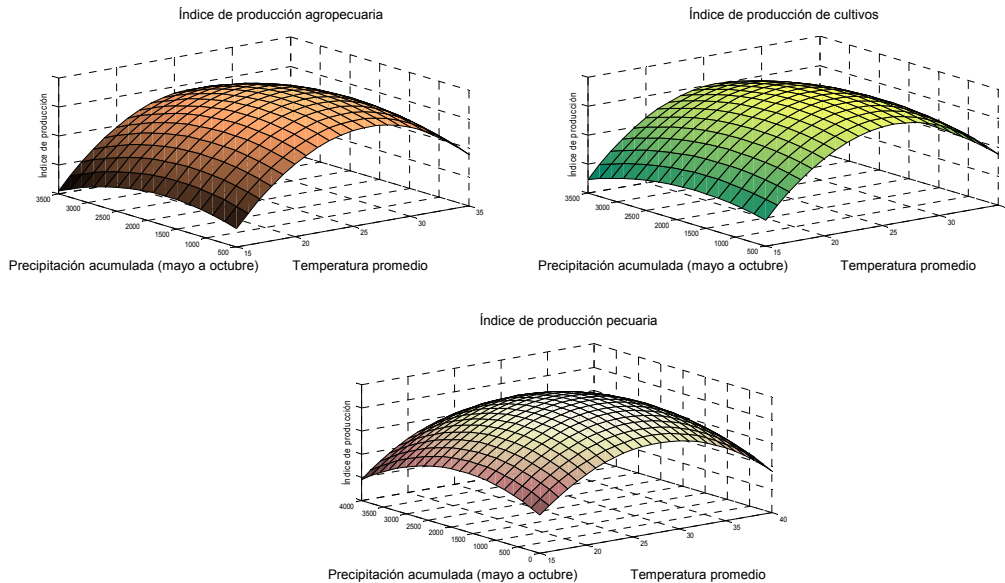
GRÁFICO 7
NICARAGUA: PRODUCCIÓN PECUARIA ANTE VARIACIONES
EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

Las funciones de producción agropecuarias presentan un comportamiento cóncavo. Su forma indica que la producción tiende a incrementarse hasta un cierto nivel, a partir del cual los rendimientos decrecen (véase el gráfico 8). La temperatura promedio que permite alcanzar la mayor producción está alrededor de 26° C. Temperaturas mayores o menores a este nivel ocasionarían decrementos en la producción. Igualmente, la precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre que logra la mayor producción posible es de alrededor de 1.660 mm. Niveles mayores o menores a estos niveles causarían una producción menor a la óptima. Cabe aclarar que estos cálculos se realizan manteniendo las variables de control constantes. De la misma forma, no se considera la posibilidad de cambios tecnológicos o medidas de adaptación de los agricultores ante el cambio climático.

GRÁFICO 8
NICARAGUA: IMPACTOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA
SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA



Fuente: Elaboración propia.

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

El maíz, el frijol y el café son tres de los productos más importantes para la economía de Nicaragua. En este apartado se estiman algunas funciones de producción para estos productos a fin de poder determinar las posibles tendencias en la producción ante el cambio en variables climáticas (temperatura y precipitación).

Al igual que en la sección anterior, las estimaciones se realizaron con el Método de MCO. La variable de interés en los tres cultivos que se analizan son los rendimientos, medidos en toneladas producidas por hectárea.

El procedimiento seguido para las estimaciones es el mismo que en el caso previo. A partir de la información pasada, en este caso del período 1961-2006, se encuentra un modelo que sea robusto metodológicamente para explicar cómo las variables climáticas se relacionan con los rendimientos. La relación estimada, se utiliza para pronosticar cómo evolucionarían los rendimientos en los siguientes años a partir de distintos escenarios climáticos, tema que se aborda en el capítulo siguiente.

Para estimar las relaciones entre los rendimientos de los cultivos se emplearon como variables climáticas la temperatura promedio anual en los meses de noviembre a abril, que se considera como la época seca, y la precipitación promedio anual en el mismo período. También se emplearon los términos cuadráticos de cada una de esas variables. A diferencia de las estimaciones para los índices de producción, en este caso no es necesario controlar por la variable tierra puesto que los rendimientos están expresados en toneladas por hectárea. No obstante, sí se incluyen variables de control relacionadas con el trabajo; entre ellas, la población y la PEA rural. Además, en algunos casos se controló por la superficie

provista para riego y por la maquinaria (número de tractores agrícolas en uso) cuando estas variables fueron relevantes. Las estadísticas descriptivas de las variables utilizadas para las estimaciones de los modelos de rendimientos se presentan en el cuadro 17.

Para cada cultivo se estiman cuatro funciones de producción, que consideran a la PEA rural y a la población total de forma lineal y logarítmica.

Es importante mencionar que las estimaciones no controlan por la posible adaptabilidad de los agricultores ante el cambio climático, debido a que no se obtuvo información que lo permitiera. Ello pudo generar que las estimaciones presenten cierta sobrestimación, tal como se argumentó en el capítulo de revisión de literatura de este documento.

CUADRO 17
NICARAGUA: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS MODELOS
DE RENDIMIENTOS, 1961-2006^a

	Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Rendimientos del maíz ^b	46	1,13	0,29	0,78	1,92
Rendimientos del frijol ^b	46	0,73	0,10	0,54	0,95
Rendimientos del café ^b	46	0,53	0,15	0,24	0,90
Precipitación promedio anual en los meses de noviembre a abril (mm)	46	104,60	25,78	53,68	187,56
Temperatura promedio en los meses de noviembre a abril (° C)	46	24,79	0,49	23,73	25,57
PEA rural (miles de habitantes) ^c	46	521,05	204,13	266,05	909,57
Población (miles de habitantes) ^c	46	3 609,73	1 168,18	1 819,00	5 530,00
Tractores agrícolas en uso (miles de tractores)	46	1 851,04	1 057,79	130,00	3 000,00
Superficie provista para riego (miles de hectáreas)	46	51,69	15,57	18,00	61,00

Fuente: Elaboración propia.

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

^b Toneladas por hectárea.

Para cada cultivo se estiman cuatro funciones de producción, que consideran a la PEA rural y a la población total de forma lineal y logarítmica.

a) El caso del maíz

El cuadro 18 presenta los resultados de las estimaciones de los rendimientos del maíz a partir de cuatro especificaciones empleadas. Como ahí se observa, las variables climáticas muestran los signos adecuados, el término lineal es positivo y el cuadrático negativo. Aunque individualmente, no en todos los casos, la temperatura y la precipitación parecen ser significativas, de forma conjunta sí se encuentra significancia estadística, por lo que ambas variables se consideran relevantes para explicar los rendimientos del maíz. El comportamiento de las dos variables parece ser cóncavo; es decir, que a niveles relativamente bajos tienden a estimular la producción hasta un punto a partir del cual la desincentivan (véanse los gráficos 9, 10 y más adelante el 15). Las pruebas de cointegración permiten descartar la posibilidad de regresiones espurias.

De las cuatro especificaciones, dada su robustez, se optó por elegir a la que incluye a la PEA rural de forma logarítmica (2), para analizar los efectos del clima sobre la producción del maíz, aunque las otras aportan resultados muy parecidos. Con base en dicha especificación se hicieron proyecciones con variaciones en la temperatura y la precipitación, manteniendo los demás términos constantes con los valores de 2006.

CUADRO 18
NICARAGUA: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS POR HECTÁREA DEL MAÍZ

Variables	PEA rural		Población total	
	Lineal (1)	Logarítmico (2)	Lineal (3)	Logarítmico (4)
Precipitación promedio anual en noviembre- abril	0,0012 (0,19)	0,0032 (0,52)	0,003 (0,45)	0,0039 (0,6)
(Precipitación promedio anual en noviembre- abril) ²	-0,00002 (0,58)	-0,00003 (0,93)	0,00003 (0,83)	-0,00003 (0,94)
Temperatura promedio anual en noviembre-abril	4,8454 (1,16)	3,3694 (0,86)	5,4345 (1,32)	4,7692 (1,17)
(Temperatura promedio anual en noviembre-abril) ²	-0,101 (1,19)	-0,072 (0,9)	-0,113 (1,35)	-0,099 (1,2)
R²	0,81	0,83	0,81	0,82
Pruebas de significancia conjunta De variables (Estadístico F)				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	2,25	2,77 *	2,28	2,05
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	2,37	3,87 **	2,74 *	2,92 *
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	1,73	2,5 *	1,9	1,92
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	15,37 ***	17,84 ***	15,94 ***	16,11 ***
Prueba de cointegración de Johansen				
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	1 ***	2 ***	2 ***	5 ***
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	0 ***	1 **	1 ***	1 ***

Fuente: Elaboración propia.

Valores absolutos del t estadístico entre paréntesis.

*Significativo al 10%.

**Significativo al 5%.

***Significativo al 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 (1 en los años donde existieron desastres naturales y 0 en otro caso).

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

Los resultados para la temperatura se presentan en el gráfico 9, 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 en Nicaragua, por lo que el cambio climático podría estar teniendo ya efectos negativos sobre este producto.

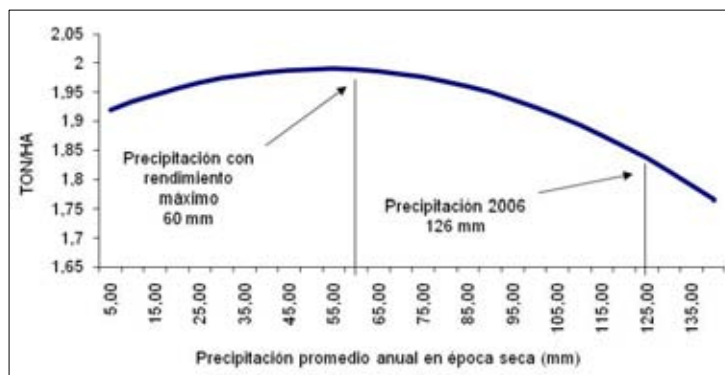
En el caso de la precipitación, las proyecciones presentadas en el gráfico 10, sugieren que la producción de maíz alcanza su rendimiento máximo en niveles inferiores al de 2006. Incluso niveles de precipitación ligeramente inferiores podrían ser benéficos.

GRÁFICO 9
NICARAGUA: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ ANTE
VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 10
NICARAGUA: RENDIMIENTOS DEL MAÍZ ANTE
VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

b) El caso del frijol

En el cuadro 19 se presentan los resultados de las estimaciones realizadas para los rendimientos del frijol. De forma individual, sólo la precipitación parece ser estadísticamente significativa; sin embargo, cuando ambas variables se evalúan de forma conjunta las dos muestran significancia estadística por la que se pueden considerar como relevantes para explicar el comportamiento de los rendimientos del frijol. Tanto la temperatura como la precipitación muestran los signos adecuados en todos los casos; parecen incentivar la producción en niveles relativamente bajos y desincentivarla en niveles relativamente altos puesto que ambas variables tienen coeficientes positivos mientras sus cuadrados son negativos.

Para analizar los efectos del cambio climático sobre los rendimientos del frijol, también se empleó la especificación que considera a la PEA rural de forma logarítmica debido a su robustez estadística, es decir, la (2'). En el gráfico 11 se presentan las proyecciones que consideran diferentes niveles de temperatura, en él se observa que es probable que en el corto plazo el cambio climático no tenga efectos adversos sobre la producción de frijol; no obstante, a largo plazo la producción tendería a reducirse.

Las proyecciones mostradas en el gráfico 12 sugieren que el nivel de precipitación de 2006 es cercano al que permite los mayores rendimientos. Incluso niveles ligeramente inferiores podrían generar ganancias en la producción.

CUADRO 19
NICARAGUA: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS POR HECTÁREA DEL FRIJOL

Variables	PEA rural				Población total			
	Lineal (1')		Logarítmico (2')		Lineal (3')		Logarítmico (4')	
Precipitación promedio anual en noviembre-abril	0,0076 (2,38)	**	0,0084 (2,54)	**	0,0083 (2,52)		0,0087 (2,57)	
(Precipitación promedio anual en noviembre-abril) ²	-0,00003 (2,34)	**	-0,00004 (2,39)		-0,00004 (2,39)		-0,00004 (2,36)	
Temperatura promedio anual en noviembre-abril	1,8294 (0,91)		1,4681 (0,69)		1,8233 (0,85)		1,3929 (0,62)	
(Temperatura promedio anual en noviembre-abril) ²	-0,037 (0,9)		-0,029 (0,67)		-0,036 (0,83)		-0,027 (0,6)	
R²	0,65		0,62		0,63		0,60	
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)								
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	2,82	*	3,44	**	3,29	**	3,93	**
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	0,95		0,99		1,15		1,09	
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	1,81		2,18	*	2,19	*	2,56	*
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	8,93	***	7,61	***	7,89	***	7,21	***
Prueba de cointegración de Johansen								
Número de vectores de cointegración por el estadístico de la traza	1	**	1	**	2	**	2	**
Número de vectores de cointegración por el eigenvalor máximo	1	**	1	**	2	**	2	**

Fuente: Elaboración propia.

Valores absolutos del t estadístico entre paréntesis

*Significativo al 10%.

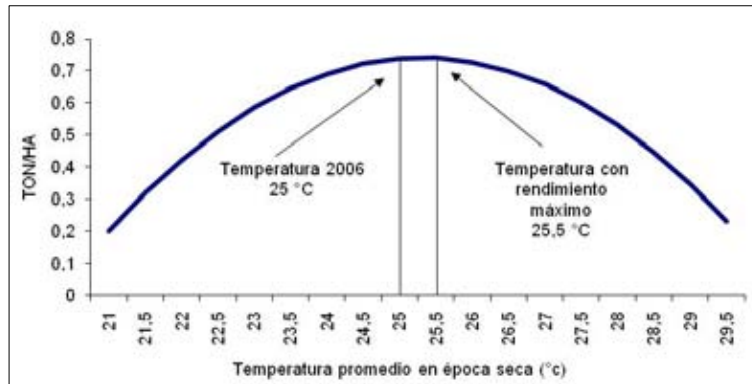
**Significativo al 5%.

***Significativo al 1%.

Todos los modelos se estimaron con constante, con el número de tractores y con variables *dummy* que capturan efectos de desastres naturales (1 en los años donde existieron desastres naturales, 0 en otro caso).

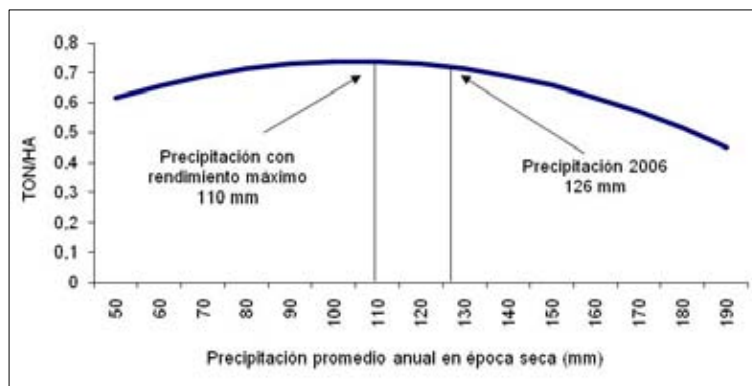
La prueba de cointegración se realizó con término constante en la ecuación de cointegración y en el modelo dinámico.

GRÁFICO 11
NICARAGUA: RENDIMIENTOS DEL FRIJOL ANTE
VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 12
NICARAGUA: RENDIMIENTOS DEL FRIJOL ANTE
VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

c) El caso del café

Los coeficientes estimados sobre los rendimientos del café, para las cuatro especificaciones que consideran a la PEA rural y a la población total se presentan en el cuadro 20. Como ahí se muestra, aunque de forma individual los coeficientes de temperatura y precipitación no parecen ser estadísticamente significativos, de forma conjunta las pruebas indican que sí lo son, por lo que ambas variables se pueden considerar como relevantes para explicar los rendimientos del café.

Con el objetivo de mostrar consistencia con los casos anteriores, y dada su robustez, se escogió la especificación que considera a la PEA rural de forma logarítmica, es decir, la 2''. Con base en ella se realizaron proyecciones de comportamiento de la producción a diferentes niveles de temperatura y precipitación.

CUADRO 20
NICARAGUA: ESTIMACIÓN PARA LOS RENDIMIENTOS POR HECTÁREA DEL CAFÉ

Variables	PEA rural		Población total	
	Lineal	Logarítmico	Lineal	Logarítmico
	(1'')	(2'')	(3'')	(4'')
Precipitación promedio anual en período				
Noviembre-abril	0,0022 (0,47)	0,0018 (0,39)	0,0019 (0,42)	0,0016 (0,726)
(Precipitación promedio anual en período				
Noviembre-abril) ²	-0,00001 (0,52)	-0,00001 (0,46)	-0,00001 (0,47)	-0,00001 (0,45)
Temperatura promedio anual en período				
Noviembre-abril	4,334 (1,43)	4,3195 (1,42)	3,9293 (1,27)	4,0998 (1,28)
(Temperatura promedio anual en período				
Noviembre-abril) ²	-0,089 (1,45)	-0,089 (1,43)	-0,081 (1,28)	-0,084 (1,3)
R²	0,66	0,66	0,66	0,66
Pruebas de significancia conjunta de variables (Estadístico F)				
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación	0,17	0,16 **	0,14	0,24 **
Prueba de significancia conjunta de variables de temperatura	1,66	1,8	1,63	2,18 *
Prueba de significancia conjunta de variables de precipitación y temperatura	0,87	0,92	0,84	1,08
Prueba de significancia conjunta de todo el modelo	7,89 ***	7,86 ***	7,99 ***	7,21 ***
Prueba de cointegración de Johansen				
Número de vectores de cointegración por el				
Estadístico de la traza	1 **	1 ***	1 ***	2 **
Número de vectores de cointegración por el				
Eigenvalor máximo	1 **	1 ***	1 ***	1 ***

Fuente: Elaboración propia.

Valores absolutos del t estadístico entre paréntesis.

*Significativo al 10%.

**Significativo al 5%.

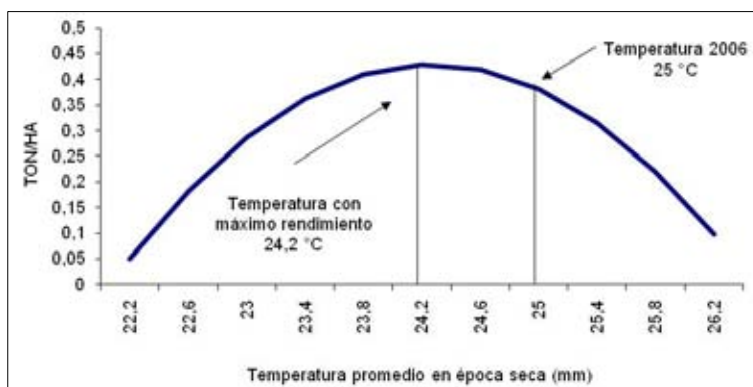
***Significativo al 1%.

Todos los modelos se estimaron con constante, con el número de tractores y con variables *dummy* que capturan efectos de desastres naturales (1 en los años donde existieron desastres naturales, 0 en otro caso)

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

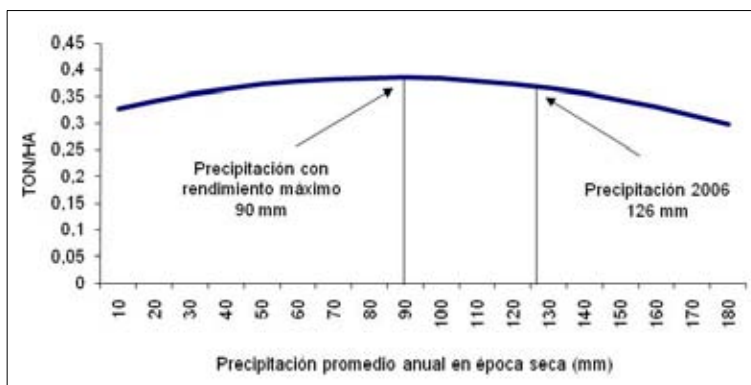
El gráfico 13 muestra que es probable que el nivel de temperatura que permite los mayores rendimientos para este cultivo ya haya sido rebasado, por lo que el cambio climático ya podría estar teniendo efectos desfavorables sobre este cultivo. Con respecto a la precipitación, el gráfico 14 indica que el nivel de precipitación de 2006 es muy cercano al que permite lograr los mayores rendimientos, incluso niveles relativamente inferiores a los actuales podrían traer efectos benéficos.

GRÁFICO 13
NICARAGUA: RENDIMIENTOS DEL CAFÉ ANTE VARIACIONES EN LA TEMPERATURA



Fuente: Elaboración propia.

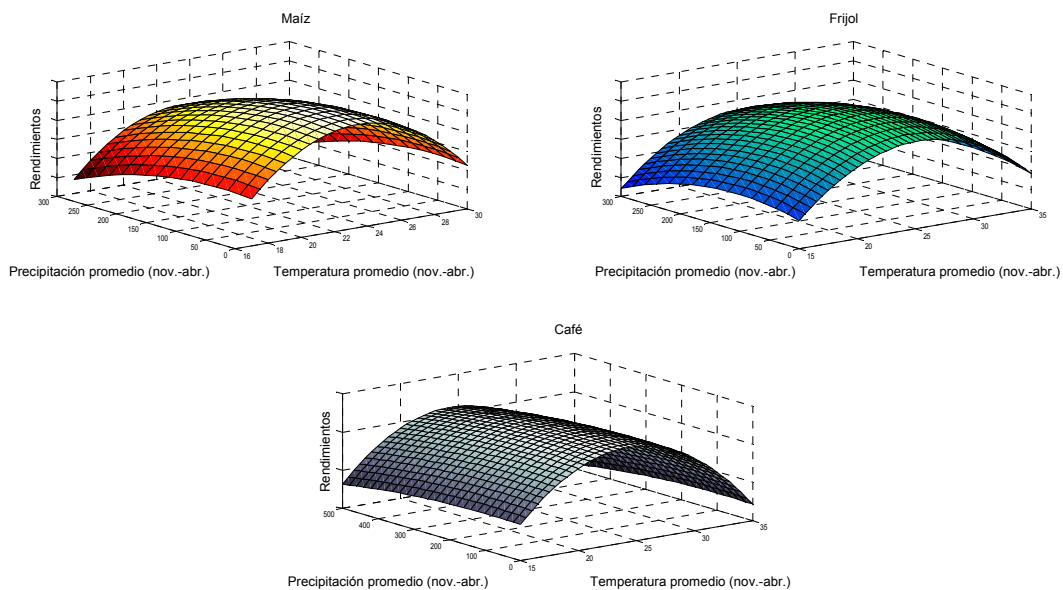
GRÁFICO 14
NICARAGUA: RENDIMIENTOS DEL CAFÉ ANTE VARIACIONES EN LA PRECIPITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 15 se presentan las proyecciones que consideran diferentes niveles de temperatura y precipitación para los tres cultivos analizados. En él se observa el comportamiento cóncavo de las funciones de producción. En conjunto, las variables climáticas afectan la producción, a niveles relativamente bajos tienden a estimular los rendimientos hasta un punto a partir del cual la desincentivan.

GRÁFICO 15
NICARAGUA: IMPACTOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA
SOBRE EL MAÍZ, FRIJOL Y CAFÉ



Fuente: Elaboración propia.

3. Impacto sobre el valor de la tierra (enfoque Ricardiano)

a) Datos

Los datos económicos y sociodemográficos, utilizados en este apartado, fueron obtenidos de la cuarta Encuesta Nacional de Hogares sobre Medición de Nivel de Vida 2005 (EMNV-2005) llevada a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Nicaragua y el respaldo de los diferentes sectores del gobierno a través de la Secretaría de la Presidencia (SECEP) y del Comité Interinstitucional; así como, el apoyo técnico y financiero del Banco Mundial, del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), las agencias de cooperación Sueca y Noruega (ASDI y NORAD); y la Corporación de la Cuenta del Milenio. El objetivo general de la EMNV-2005 fue obtener de manera eficaz información estadística oportuna, de calidad y comparable en el tiempo, sobre las condiciones de vida de la población nicaragüense, aplicándose a una muestra representativa de la población nacional. Por su parte, los datos meteorológicos fueron proporcionados por el Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Estos datos comprenden información de temperatura y precipitación a nivel municipal. Por último, los datos de las características de suelos fueron obtenidos a partir de información de FAO (2003).

b) Resultados

Las estadísticas descriptivas de las variables empleadas en el modelo Ricardiano aparecen en el cuadro 21. Estas variables se presentan divididas en tres grupos: sociodemográficas, agrícolas y

climáticas. Asimismo, el cuadro presenta la media y desviación estándar de las variables clave empleadas en la modelación para la muestra completa y para los hogares que se encuentran en los primeros ocho y los últimos dos deciles del valor contingente de la renta de la tierra. Para la modelación econométrica en este estudio se emplea como *proxy* de la renta de la tierra su valor contingente reportado directamente por los hogares de la encuesta empleada.

CUADRO 21
NICARAGUA: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

	Total de hogares en la muestra		Hogares en los primeros ocho deciles del valor contingente de la renta de la tierra		Hogares en los últimos dos deciles del valor contingente de la renta de la tierra	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Sociodemográficas						
Tamaño del hogar	6,0	2,7	6,0	2,8	5,7	2,5
Educación promedio del hogar sin jefe (años)	2,9	1,9	2,8	1,9	3,0	1,8
Educación del jefe del hogar (años)	2,0	2,7	2,0	2,8	2,1	2,4
Número de cuartos	2,4	1,2	2,4	1,2	2,3	1,1
Edad del jefe del hogar	51,1	15,4	52,3	15,4	47,9	15,2
Sabe leer y escribir el jefe de Hogar	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
Número de personas mayores de 15 años en el Hogar	3,4	1,7	3,5	1,7	3,3	1,6
Género del jefe del hogar (<i>dummy</i> : 1 = masculino)	0,9	0,3	0,8	0,4	0,9	0,3
Variables agrícolas						
Valor de una manzana de tierra (dólares)	420,6	721,9	322,3	359,3	695,7	232,5
Valor contingente de la renta de la tierra (dólares)	46,6	73,7	23,7	13,2	110,4	120,9
Variables climáticas						
Temperatura mínima promedio anual (° C)	19,2	2,3	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio anual (° C)	29,3	1,9	.	.	.	.
Temperatura promedio anual (° C)	24,2	2,0	.	.	.	.
Temperatura promedio en estación lluviosa (° C)	24,6	1,8	.	.	.	.
Temperatura promedio en estación seca (° C)	23,8	2,2	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio en estación lluviosa (° C)	29,2	1,8	.	.	.	.
Temperatura máxima promedio en estación seca (° C)	29,3	2,2	.	.	.	.
Temperatura mínima promedio en estación lluviosa (° C)	20,1	2,0	.	.	.	.
Temperatura mínima promedio en estación seca (° C)	18,3	2,5	.	.	.	.
Precipitación promedio anual (mm)	149,6	53,1	.	.	.	.
Precipitación acumulada anual (mm)	1 795,9	636,8	.	.	.	.
Precipitación promedio en estación lluviosa (mm)	241,1	65,8	.	.	.	.
Precipitación promedio en estación seca (mm)	58,3	45,6	.	.	.	.
Tamaño de la muestra		926		682		244

Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta Nacional de Hogares sobre Medición de Nivel de Vida, 2005.

Las variables climáticas sólo se presentan para el total de la muestra de hogares empleada en el estudio y sus valores representan el promedio registrado a nivel municipal. Las variables sociodemográficas se exponen para la muestra completa y para los dos grupos de hogares antes señalados. Dentro de las características demográficas es posible observar que el tamaño promedio para el total de la

muestra de los hogares es de seis miembros, siendo ligeramente menor para los hogares de los últimos dos deciles con 5,7 miembros. Para el total de la muestra, la escolaridad promedio del jefe es de 2 años, y la escolaridad media del hogar sin incluir al jefe es de 2,9 años; ambas variables son superiores en los hogares de los últimos dos deciles del valor contingente de la renta de la tierra, con 2,1 y 3 años de instrucción, respectivamente.

En la muestra completa se registra un poco más de 51 años de edad promedio para los jefes de hogar, este número es mayor que el reportado por los jefes en los últimos dos deciles. Con respecto al número de jefes del hogar que saben leer y escribir, se observa un número mayor para los jefes en los últimos dos deciles. El número promedio de cuartos en el hogar registrado en la muestra es de 2,4, cifra que se mantiene prácticamente igual para los primeros ocho deciles y para los últimos dos deciles del valor contingente de la renta de la tierra.

El valor promedio de una manzana de tierra declarado en la encuesta es de 420,6 dólares para la muestra total, mientras que para los hogares situados en los primeros ocho deciles es de 322,3 dólares, una cantidad que representa en promedio menos de la mitad del valor contingente de la renta de la tierra para los hogares situados en los últimos dos deciles, cuyo monto es de 695,7 dólares¹⁵.

De forma adicional, el cuadro 21 muestra algunas variables climáticas empleadas en las distintas estimaciones econométricas de este estudio, entre las que destacan la precipitación acumulada anual y la temperatura promedio anual. Es posible observar que las temperaturas mínima y máxima promedio anuales son de 19,2 y 29,3 ° C, respectivamente. Por su parte, la precipitación acumulada anual es cercana a los 1.796 mm.

Los resultados de las estimaciones realizadas se presentan en el cuadro 22. La muestra que se empleó recoge al total de hogares que reportaron un valor contingente positivo para la renta de la tierra, siendo esta variable la que se utiliza como variable dependiente en los tres modelos log-lineales estimados.

Es importante señalar que hemos utilizado logaritmo natural en la definición de nuestra variable dependiente, puesto que la distribución del valor contingente de la renta de la tierra no sigue un comportamiento que pueda describirse adecuadamente a través de una distribución normal. Es decir, resulta recomendable realizar alguna transformación que permita asegurar que los resultados de las variables climáticas y nuestra variable dependiente sean robustos.

En la segunda columna del cuadro 22 se aprecian los resultados de la regresión para el modelo I, el cual considera, además de las variables sociodemográficas, dos variables climáticas: temperatura media anual y precipitación acumulada anual. En el modelo II, se introducen variables *dummy* de características de suelos a nivel municipal; y la especificación del modelo III incorpora términos cuadráticos para la temperatura anual y la precipitación acumulada, así como un variable de interacción entre la precipitación y la temperatura, con el objeto de capturar los posibles efectos no lineales entre el valor contingente de la renta de la tierra y las variables climáticas.

A partir de los coeficientes y su nivel de significancia presentados en el cuadro 22, es posible inferir que los efectos de la precipitación acumulada anual y la temperatura media anual son significativos, pues la especificación global en cada uno de los tres casos es estadísticamente significativa.

¹⁵ Las cifras presentadas en dólares corresponden a dólares de diciembre de 2003.

CUADRO 22
ESPECIFICACIONES LOG-LINEALES DEL MODELO RICARDIANO: EL CASO DE NICARAGUA

Variables	Modelo I		Modelo II		Modelo III	
Temperatura media anual	-0,35		-0,047		-0,56	
	(2,16)	***	(2,06)	**	(1,21)	
(Temperatura media anual) ²					0,01	
					(0,92)	
Precipitación acumulada anual	-0,0003		-0,0003		-0,001	
	(5,57)	***	(4,88)	***	(0,46)	
(Precipitación acumulada anual) ²					-0,0000004	
					(6,42)	***
Temperatura media anual *precipitación acumulada anual					0,0001	
					(1,75)*	*
Miembros mayores de 15 años en el hogar	0,002		-0,2		-0,02	
	(0,12)		(1,62)		(1,82)	
Género del jefe de hogar	-0,24		-0,24		-0,22	
	(2,48)	**	(2,43)	**	(2,33)	**
Edad del jefe de hogar	0,01		0,01		-0,01	
	(3,94)	***	(4,25)	***	(3,83)	***
Escolaridad del jefe de hogar (años)	-0,11		-0,01		-0,01	
	(0,90)		(1,11)		(1,15)	
Techo de loza (<i>dummy</i>)	-0,25		-0,26		-0,21	
	(2,06)	**	(2,16)	**	(1,76)	*
Alumbrado público (<i>dummy</i>)	0,29		0,26		0,25	
	(3,83)	***	(3,34)	***	(3,38)	***
Cambisols			-0,05		0,13	
			(0,42)		(1,16)	
Nitosols			0,45		0,42	
			(3,41)	***	(3,16)***	
Regosols			0,29		1,01	
			(1,32)		(3,89)	***
Andosols			0,03		0,002	
			(0,06)		(0,00)	
Vertisols			0,08		-0,01	
			(0,59)		(0,06)	
Constante	55,58		6,05		1,18	
	(12,69)	***	(9,29)	***	(1,92)	*
Estadístico F	10,11		7,65		9,4	

Fuente: Elaboración propia.

El número de la muestra es de 926 hogares.

Nota: Valores absolutos del t-estadístico entre paréntesis.

* Significativo al 10%.

** Significativo al 5%.

*** Significativo al 1%.

En el caso de la temperatura media anual solamente se encuentra un impacto negativo y significativo para el primer y segundo modelo. Por ejemplo, si se considera el segundo modelo, los hallazgos indican que el valor contingente de la renta de la tierra disminuye en 2,20 dólares ante un incremento de un grado Celsius en la temperatura media anual. Dicho efecto representa cerca del 5% del valor contingente de la renta de la tierra de los hogares rurales nicaragüenses. No obstante, es importante distinguir entre los diferentes hogares rurales, por ejemplo, si se considera a los hogares que se encuentran

en los primeros ocho deciles, entonces el efecto marginal representa más del 9%, siendo solamente de 2% para los hogares que se encuentran en los últimos dos deciles.

De las variables que distinguen a los diferentes tipos de suelo: cambisols, andosols, vertisols, regosols y nitosols, encontramos (considerando el modelo III) que existe un efecto positivo de los dos últimos tipos de suelo sobre el valor contingente de la renta de la tierra. Este impacto benéfico sobre la variable dependiente compensa regionalmente el impacto negativo de las variables precipitación y temperatura. No obstante, el resto de tipologías no presentan evidencia estadística robusta para afirmar un impacto diferenciado en la variable valor contingente de la renta de la tierra.

Los coeficientes estimados para las distintas variables sociodemográficas incluidas en las regresiones son robustos, lo cual parece alentar la intuición sobre la relación entre el valor contingente de la tierra y el conjunto de factores considerados; además, la consistencia de los signos a lo largo de las tres especificaciones y la significancia global de cada modelo permite afirmar cualitativamente la significancia de las especificaciones utilizadas. Por ejemplo, el valor contingente promedio de la renta de la tierra aumenta si el hogar cuenta con alumbrado público, dicho efecto se mantiene a través de las tres especificaciones utilizadas. En general, es importante señalar que el signo y la significancia de los coeficientes, para las variables de control antes señaladas, se mantiene a través de los tres modelos utilizados, lo que proporciona evidencia suficiente de que los resultados presentados son robustos.

Los efectos marginales de las variables de clima (temperatura y precipitación) sobre el valor contingente de la renta de la tierra en los hogares nicaragüenses se presentan en el cuadro 23. En este sentido, se observa que el incremento en un grado Celsius de la temperatura media anual implica una disminución de 1,64; 2,20 y 0,54 dólares bajo los modelos I, II y III, respectivamente.

CUADRO 23
NICARAGUA: EFECTOS MARGINALES DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS
SOBRE EL VALOR CONTINGENTE DE LA RENTA DE LA TIERRA
(Modelo log-lineal)

Variables	Modelo I	Modelo II	Modelo III
Temperatura promedio anual	-1,64 (2,16) **	-2,20 (2,06) **	-0,54 (0,44)
Precipitación acumulada anual	-0,01 (5,57) ***	-0,02 (4,88) ***	-0,01 (2,08) ** **

Fuente: Elaboración propia.

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

* Significativo al 10%.

** Significativo al 5%.

*** Significativo al 1%.

Nota 2: Los efectos marginales para los términos cuadráticos se calculan tomando en cuenta el valor medio de las variables y los coeficientes reportados en el cuadro 22.

En otras palabras, existe evidencia para señalar un impacto negativo en el ingreso de la renta de la tierra que va entre 0,54 y 1,64 dólares ante el incremento de un grado Celsius en la temperatura media anual. Si consideramos el promedio de los efectos marginales, el impacto sería de 1,85 dólares, lo que equivale a una disminución cercana al 4% en el valor contingente de la renta de la tierra declarado en la encuesta, este decremento se agudiza si consideramos a los hogares rurales en distintos deciles. En

particular, para los hogares rurales que se encuentran en los primeros ocho deciles se estima una caída del 8% en el valor contingente de la renta de la tierra.

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 de 1,3 centavos de dólar. Este efecto equivale a señalar que si la precipitación acumulada anual se incrementa en 100 mm, los hogares rurales nicaragüenses perderían más de un dólar en el valor contingente de la renta de la tierra, lo que equivale a una disminución mayor al 5% para los hogares rurales situados en los primeros ocho deciles.

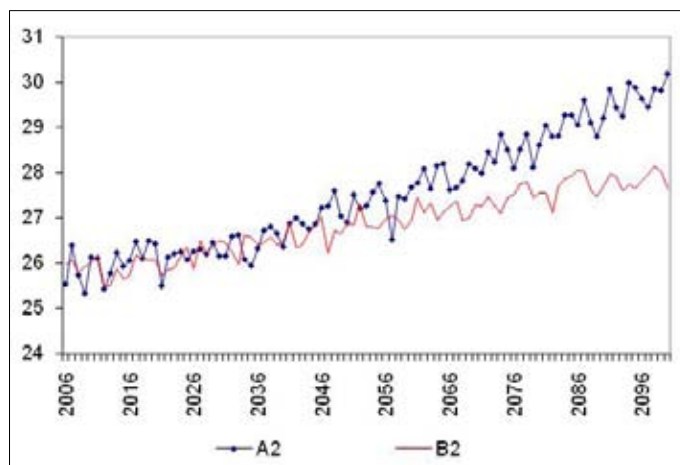
V. LOS ESCENARIOS FUTUROS: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO

Este apartado tiene como objetivo presentar las estimaciones de los impactos económicos que sufriría la producción agropecuaria a consecuencia de variaciones en la precipitación y temperatura. Estas estimaciones se basan en las funciones de producción estimadas en las secciones 1 y 2 del capítulo anterior. El análisis comprende distintos horizontes temporales hasta el año 2100, considera diferentes tasas de descuento (0,5%, 2%, 4% y 8%), y los escenarios climáticos A2 (con base en el promedio de los modelos HADGEM, GFDL y ECHAM¹⁶) y B2 (con base en el promedio de los modelos HADGEM, GFDL y ECHAM)¹⁷. Para realizar el cálculo de los costos o impactos sólo se realizaron variaciones en temperatura y precipitación. Las variables de control se mantuvieron constantes con valores de 2005 y no se consideraron adaptaciones, ni cambios tecnológicos. Los impactos económicos se expresan en términos del PIB de 2007.

Es importante mencionar que las estimaciones de las funciones de producción no toman en cuenta la posible adaptación de los agricultores ante el cambio climático o posibles innovaciones tecnológicas. No fue posible tomar en cuenta estas consideraciones ya que no se contó con variables relevantes como capital humano y cambio tecnológico.

El escenario climático B2 proyecta que la temperatura podría aumentar 2.4 grados Celsius hacia el año 2100 respecto del promedio registrado en 1980-2000, y que la precipitación se reduciría 24%. Las proyecciones correspondientes al escenario climático A2 son más extremas y estiman un incremento en la temperatura de 4.3 grados Celsius, y un porcentaje de caída en la precipitación pluvial del doble que en el escenario B2 (véanse los gráficos 16 y 17).

GRÁFICO 16
NICARAGUA: TEMPERATURA MEDIA ANUAL 2006-2100
BAJO LOS ESCENARIOS A2 Y B2

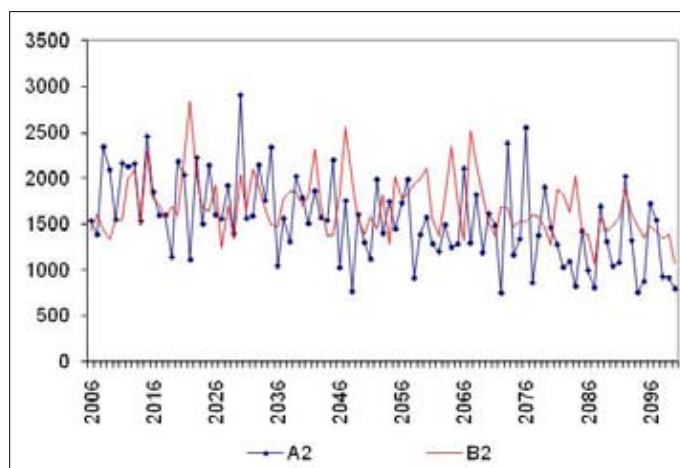


Fuente: Elaboración propia.

¹⁶ ECHM: German High Performance Computing Centre Climate and Earth System Research; GFDL: Geophysical Fluid Dynamics Laboratory; HADGEM: Hadley Centre Global Environmental Model.

¹⁷ Como se mencionó anteriormente, las estadísticas descriptivas de los escenarios climáticos se presentan en el anexo I.

GRÁFICO 17
NICARAGUA: PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL 2006-2100
BAJO LOS ESCENARIOS A2 Y B2



Fuente: Elaboración propia.

1. Impactos sobre la producción agropecuaria

A partir de los coeficientes de las especificaciones (3 y 3') de las funciones de producción agropecuaria y de cultivos (véanse de nuevo los cuadros 14 y 15), se cuantifican los impactos en el sector agropecuario ocasionados por las variaciones en la precipitación y la temperatura. El enfoque de la función de producción pretende explorar la magnitud de los impactos de cambios climáticos de los próximos años. Las estimaciones asumen que el resto de las condiciones se mantienen constantes, ya que se busca aislar el efecto del cambio climático sobre la producción agropecuaria utilizando solo las variables temperatura y precipitación. Asimismo, no se han tomado en cuenta los cambios probables en precios, inversión, tecnología, tierra agrícola y mano de obra.

El resultado de los modelos de funciones de producción exhibe pérdidas económicas ocasionadas por el cambio climático. El cuadro 24 presenta las estimaciones de los impactos económicos¹⁸.

Los impactos de la producción agropecuaria hasta el 2100 se contabilizaron en relación al PIB de 2007. Considerando los escenarios A2 y B2, y una tasa de descuento de 4% de forma acumulada hacia 2050 las pérdidas serían de 6% y 2% del PIB de 2007, respectivamente. Contabilizando los impactos negativos hacia 2100 con una tasa de descuento de 4%, las pérdidas económicas acumuladas representarían el 9 % del PIB de 2007 en el escenario A2 y 3 % para el escenario B2. Ante una tasa de descuento de 2% las pérdidas incrementarían a 22% y 6%, respectivamente.

El cuadro 25 considera los impactos en el sector agropecuario pero como promedios anuales en distintos periodos de tiempo, en este cuadro podemos observar que tomando como referencia los escenarios A2 y B2, y una tasa de descuento de 4%, las pérdidas anuales de 2006 a 2020 serían de 0,21% y 0,03%, respectivamente. Sin embargo, si tomamos como referencia las pérdidas promedio de 2070 a 2100, las pérdidas anuales serían de 0,08% y 0,01%, respectivamente. En el cuadro 25 se observa que las pérdidas dependerán de la tasa de descuento que se asigne.

¹⁸ Los costos como porcentajes del PIB agropecuario se presentan en el anexo 2.

Tomando en cuenta la tasa de descuento de 4% las mayores pérdidas anuales ocurrirán en el período 2006-2020, y si se toma la tasa de descuento de 2% las mayores serán en el período 2070-2100.

CUADRO 24
NICARAGUA: IMPACTO DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN
Y TEMPERATURA, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100
(En porcentajes del PIB de 2007)

Año	Escenario A2				Escenario B2			
	(ECHAM, GFDL, HADGEM)				(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	3,74	3,37	2,96	2,32	0,52	0,46	0,38	0,27
2030	6,17	5,22	4,24	2,96	3,47	2,75	2,04	1,14
2050	11,69	8,58	6,03	3,52	4,54	3,29	2,25	1,17
2070	18,68	11,66	7,10	3,66	7,44	4,49	2,63	1,21
2100	54,48	22,48	9,41	3,78	13,10	6,14	2,96	1,23
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	1,58	1,42	1,24	0,96	0,30	0,27	0,22	0,16
2030	2,68	2,25	1,81	1,25	1,60	1,27	0,94	0,53
2050	5,54	3,98	2,72	1,52	2,72	1,90	1,24	0,61
2070	9,84	5,87	3,37	1,60	4,98	2,87	1,56	0,65
2100	27,98	11,36	4,55	1,67	9,55	4,24	1,85	0,66

Fuente: Elaboración propia.

Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

CUADRO 25
NICARAGUA: IMPACTOS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN
PROMEDIOS ANUALES, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100
(En porcentajes del PIB de 2007)

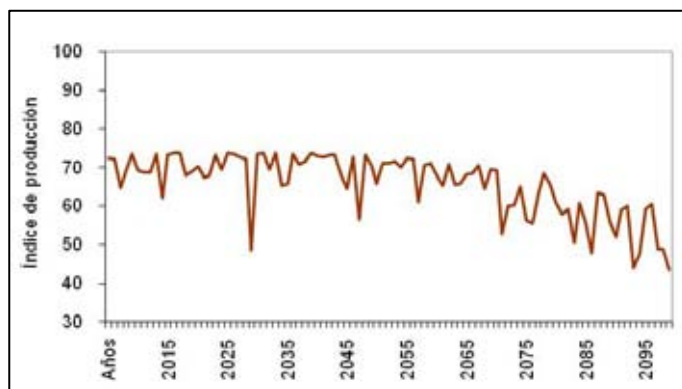
Año	Escenario A2				Escenario B2			
	(ECHAM, GFDL, HADGEM)				(ECHAM, GFDL, HADGEM)			
Producción agropecuaria								
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2006 -2020	0,27	0,24	0,21	0,17	0,04	0,03	0,03	0,02
2020 - 2030	0,24	0,18	0,13	0,06	0,30	0,23	0,17	0,09
2030 - 2050	0,28	0,17	0,09	0,03	0,05	0,03	0,01	0,00
2050 - 2070	0,35	0,15	0,05	0,01	0,15	0,06	0,02	0,00
2070 - 2100	1,19	0,36	0,08	0,00	0,19	0,06	0,01	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

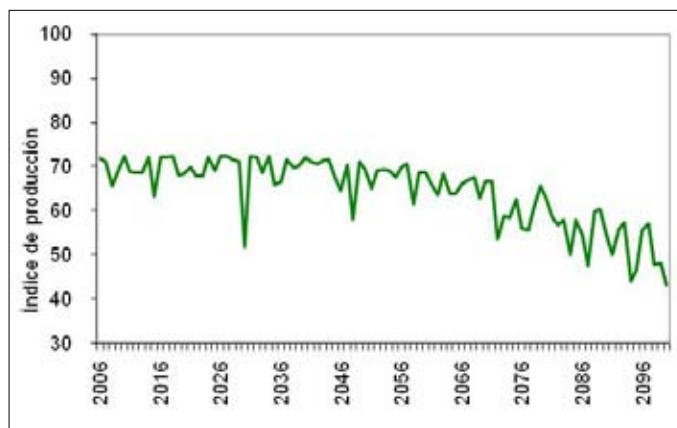
Los gráficos 18 y 20 muestran las proyecciones de la producción agropecuaria a partir de los escenarios A2 y B2. Ambos escenarios sugieren pérdidas económicas importantes en la producción agropecuaria. Por su parte los gráficos 19 y 21 exponen la producción de cultivos a partir de los escenarios A2 y B2. El escenario A2 presenta los cambios más extremos (mayor temperatura y menor precipitación, véanse de nuevo los gráficos 16 y 17) y por tanto es donde se presentan las mayores pérdidas económicas. En los gráficos (18 a 21) se observa que en el corto plazo la producción oscilaría alrededor de sus niveles actuales, pero a largo plazo la producción irremediablemente disminuiría.

GRÁFICO 18
NICARAGUA: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA A PARTIR DEL ESCENARIO A2



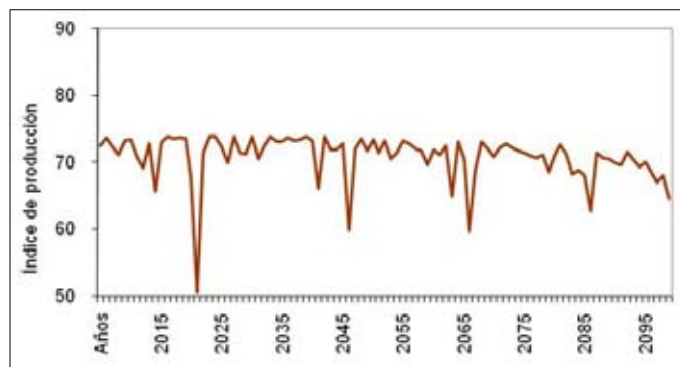
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 19
NICARAGUA: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN
DE CULTIVOS A PARTIR DEL ESCENARIO A2



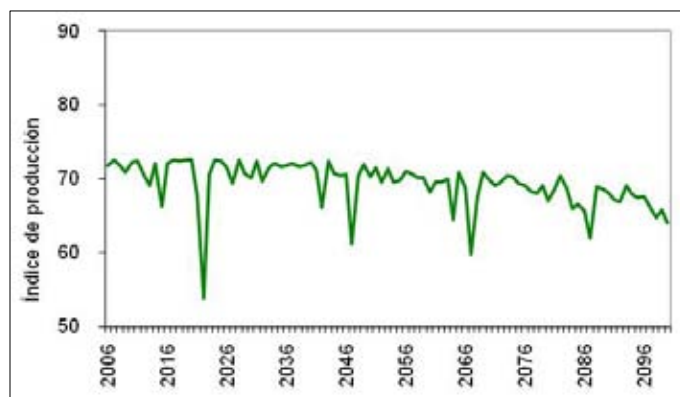
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 20
NICARAGUA: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA A PARTIR DEL ESCENARIO B2



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 21
NICARAGUA: PROYECCIONES DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA A PARTIR DEL ESCENARIO B2



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 26 se hace la distinción del impacto ocasionado por cambios en la temperatura y por cambios en la precipitación. Para el escenario A2 incrementos en la temperatura a 2100 representan una pérdida de cerca de 4% del PIB de 2007, y en el mismo período para el escenario B2 representan una ganancia de 3% (considerando una tasa de descuento de 2%). En el caso de la precipitación las pérdidas representan 18% en el escenario A2 y 9% en el B2, considerando también la tasa de descuento de 2%. Como se puede apreciar, los impactos negativos mayores parecen deberse a disminuciones en la precipitación.

Las cuantificaciones de los impactos basados en los escenarios climáticos dan un panorama general del comportamiento de la producción agropecuaria ante cambios en precipitación y temperatura, pero hay que considerar que las estimaciones aquí presentadas no incluyen ninguna adaptación ni cambios externos, como desarrollo de nuevas tecnologías. Lo que estos resultados indican es cómo estará el sector si no se hace algo para contrarrestar los efectos adversos del cambio climático según los escenarios analizados.

CUADRO 26
NICARAGUA: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO
CLIMÁTICO, 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100
(En porcentajes del PIB de 2007)

		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	
Año	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	3,37	2,96	1,42	1,24	0,46	0,38	0,27	0,22	
2030	5,22	4,24	2,25	1,81	2,75	2,04	1,27	0,94	
2050	8,58	6,03	3,98	2,72	3,29	2,25	1,90	1,24	
2070	11,66	7,10	5,87	3,37	4,49	2,63	2,87	1,56	
2100	22,48	9,41	11,36	4,55	6,14	2,96	4,24	1,85	
Cambios en temperatura									
Producción agropecuaria		Producción de cultivos				Producción agropecuaria		Producción de cultivos	
Año	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	-1,22	-1,05	-0,22	-0,19	-1,40	-1,24	-0,31	-0,28	
2030	-2,17	-1,69	-0,37	-0,29	-2,30	-1,86	-0,48	-0,39	
2050	-3,37	-2,34	-0,24	-0,24	-3,80	-2,64	-0,55	-0,44	
2070	-2,50	-2,06	0,95	0,16	-4,30	-2,83	-0,17	-0,30	
2100	4,06	-0,71	5,04	1,02	-3,37	-2,64	1,02	-0,05	
Cambios en precipitación									
Producción agropecuaria		Producción de cultivos				Producción agropecuaria		Producción de cultivos	
Año	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	4,55	3,97	1,63	1,42	1,84	1,61	0,58	0,50	
2030	7,30	5,87	2,61	2,10	5,01	3,85	1,74	1,33	
2050	11,82	8,28	4,21	2,96	7,01	4,84	2,44	1,67	
2070	14,07	9,08	4,94	3,22	8,70	5,40	3,03	1,86	
2100	18,93	10,16	6,62	3,59	9,44	5,55	3,23	1,90	

Fuente: Elaboración propia.

Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

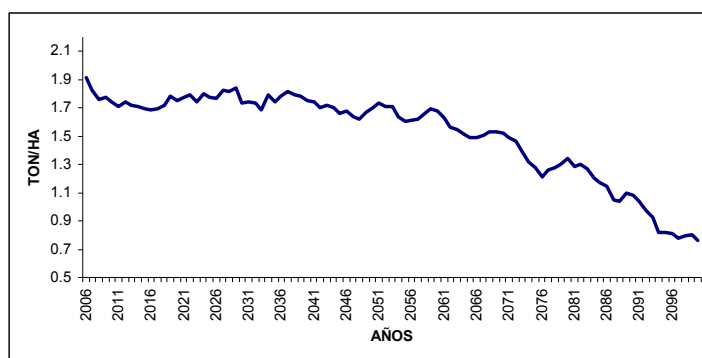
2. Impactos sobre los rendimientos de maíz, frijol y café

Con base en las funciones de producción estimadas para los rendimientos de los cultivos: maíz, frijol y café, se realizaron proyecciones de los posibles efectos, en términos del PIB de 2007, de los cambios en la producción que ocurrirían entre 2006 y 2100 ante los escenarios A2 y B2¹⁹.

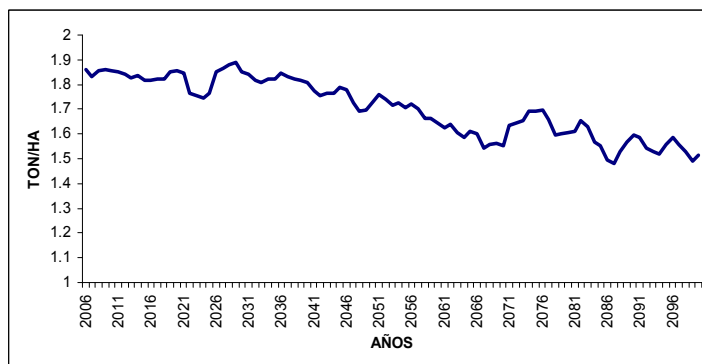
¹⁹ Los costos como porcentaje del PIB Agropecuario se presentan en el anexo 3.

En el gráfico 22 se presentan los resultados de las estimaciones para los rendimientos de maíz a partir de los dos escenarios climáticos, las cuáles se calcularon con base en la especificación 2 indicada en el cuadro 17. Las trayectorias en la producción son decrecientes, con mayor caída bajo el escenario A2, el cual llega a mostrar que cerca del final del período los rendimientos tenderían a ser cercanos a media tonelada por hectárea. Es probable que ante el cambio climático los agricultores puedan generar ciertos mecanismos de adaptación, los cuales no están siendo captados en estas estimaciones, por lo que quizá pudiera estarse presentando cierta sobrestimación en las proyecciones; sin embargo, en un escenario climático menos adverso como el B2 también se observa que la producción tendería a reducirse.

GRÁFICO 22
NICARAGUA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL MAÍZ
A PARTIR DEL ESCENARIO A2, 2026-2100



NICARAGUA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL MAÍZ
A PARTIR DEL ESCENARIO B2, 2026-2100



Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados conllevarían efectos económicos importantes. En el cuadro 27 se presentan los posibles costos que ocurrirían ante los resultados mostrados en el gráfico 22, los cuales se calcularon comparando los niveles de producción esperado ante los escenarios A2 y B2 y un escenario en el cual el clima ya no variaría. Como ahí se puede observar, los costos del cambio climático podrían ser considerables, en caso de que no se buscara subsanar los efectos del cambio climático. Para el año 2100, con una tasa de descuento de 4% las pérdidas podrían ser equivalentes al 1% del PIB en el escenario B2 y de 2% en el escenario menos favorable.

El gráfico 23 muestra la evolución que tendría la producción del frijol entre 2006 y 2100 en los escenarios A2 y B2. También la tendencia es a la baja en los dos escenarios, más acentuada en el escenario más cálido (A2).

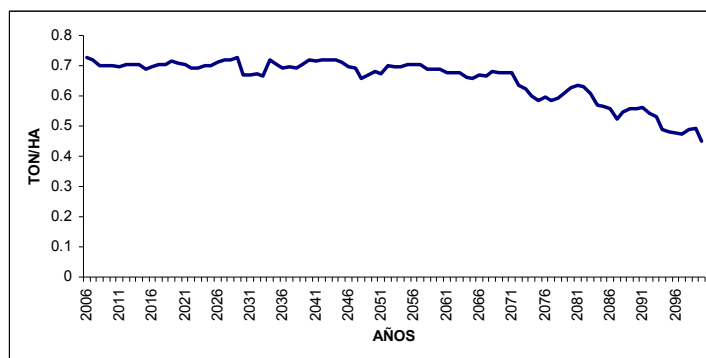
CUADRO 27
NICARAGUA: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DEL MAÍZ COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007, 2020-2100

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	0,50	0,43	0,35	0,24	0,03	0,02	0,01	0,00
2030	0,56	0,48	0,39	0,25	0,18	0,14	0,10	0,05
2050	1,45	0,99	0,64	0,32	0,88	0,54	0,29	0,10
2070	3,64	1,95	0,97	0,36	3,06	1,49	0,62	0,14
2100	13,61	4,94	1,60	0,40	6,87	2,65	0,87	0,15

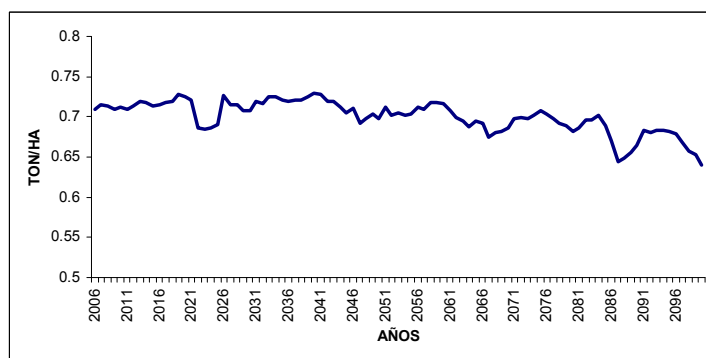
Fuente: Elaboración propia.

Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

GRÁFICO 23
NICARAGUA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL FRIJOL A PARTIR DEL ESCENARIO A2, 2006-2100



NICARAGUA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL FRIJOL A PARTIR DEL ESCENARIO B2, 2006-2100



Fuente: Elaboración propia.

Los efectos económicos que resultarían de los menores niveles de producción del frijol se muestran en el cuadro 28. Como ahí se puede apreciar a corto plazo los costos podrían ser relativamente bajos, en cambio a largo plazo representarían magnitudes importantes. En el escenario menos adverso, B2, las pérdidas, considerando una tasa de descuento de 4%, serían de alrededor del 1% del PIB; no obstante, ante un escenario más adverso podrían ser ligeramente superiores a 1%.

CUADRO 28
NICARAGUA: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DEL FRIJOL COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007, 2020-2100

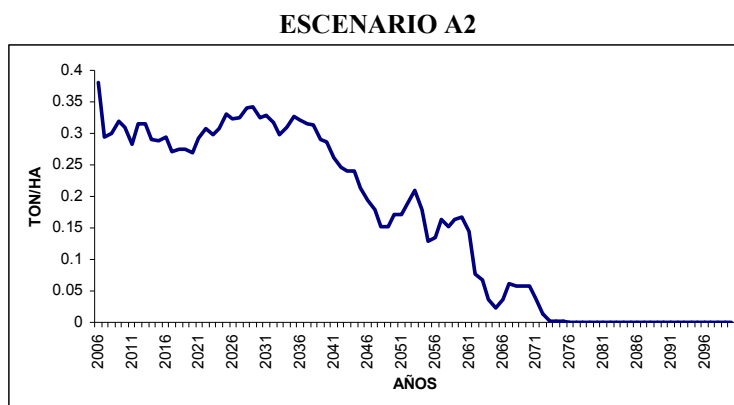
Año	Escenario A2				Escenario B2			
	Tasa de descuento (r)				Tasa de descuento (r)			
	0,005	0,02	0,04	0,08	0,005	0,02	0,04	0,08
2020	0,52	0,46	0,40	0,32	0,30	0,28	0,25	0,21
2030	0,86	0,72	0,58	0,40	0,65	0,54	0,43	0,30
2050	1,67	1,21	0,84	0,48	1,01	0,75	0,54	0,33
2070	2,66	1,65	0,99	0,50	1,66	1,03	0,63	0,34
2100	7,31	3,04	1,29	0,52	3,05	1,45	0,72	0,34

Fuente: Elaboración propia.

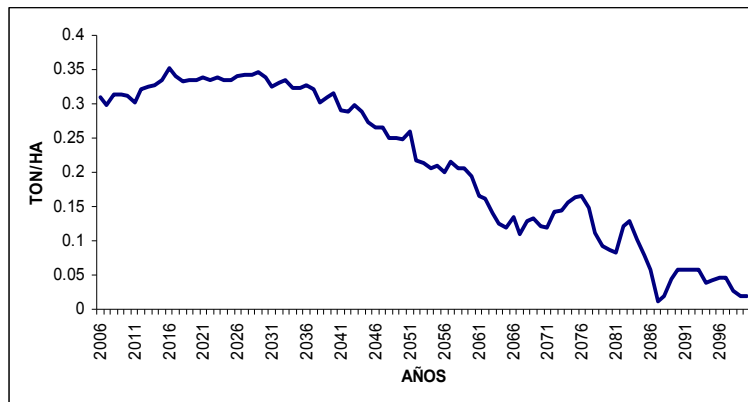
Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

En el gráfico 24 se presentan las proyecciones para el café, basadas en los dos escenarios climáticos (A2 y B2) y en la especificación 2'' del cuadro 19. De acuerdo con tales proyecciones, la producción de este cultivo tendería a caer en los siguientes años de forma muy importante (véase el cuadro 29). El escenario A2 predice que la producción tendería a ser nula en los últimos años del período, lo cual es poco factible ya que los agricultores podrían adaptarse, ello indica que probablemente se estén sobrestimando los efectos. Sin embargo, en el escenario B2 donde las necesidades de adaptación serían menores también se muestra una tendencia muy acentuada a la baja. Los costos económicos acumulados que se predicen hacia 2100 serían de alrededor de 2% del PIB en ambos escenarios considerando una tasa de descuento de 4%, pero podrían triplicarse si se considera una tasa de descuento de 2%.

GRÁFICO 24
NICARAGUA: PROYECCIONES DE LOS RENDIMIENTOS DEL CAFÉ A PARTIR DE LOS ESCENARIO A2 Y B2, 2006-2100



(Continúa)

ESCENARIO B2

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 29
NICARAGUA: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DEL CAFÉ COMO PORCENTAJE DEL PIB DE 2007, 2020-2100

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	0,29	0,24	0,18	0,09	0,61	0,56	0,52	0,44
2030	0,17	0,15	0,13	0,07	0,74	0,67	0,59	0,48
2050	1,59	0,93	0,48	0,15	2,16	1,49	0,99	0,58
2070	6,48	3,07	1,21	0,24	6,50	3,40	1,65	0,67
2100	16,68	6,25	1,92	0,28	15,26	6,08	2,23	0,70

Fuente: Elaboración propia.

Valores positivos significan pérdidas y valores negativos ganancias.

3. Proyecciones e impactos sobre la renta de la tierra

En esta sección se emplean los resultados de las regresiones log-lineales estimadas para los tres modelos presentados en el capítulo anterior sobre el enfoque Ricardiano, con ello se busca explorar de qué manera los cambios futuros en el clima pueden afectar el valor contingente de la renta de la tierra de los hogares rurales de Nicaragua. Los efectos marginales estimados muestran que variaciones en la temperatura media anual y en la precipitación acumulada anual tienen influencia significativa en el valor contingente de la renta de la tierra.

Con ayuda de este enfoque se pretende explorar la magnitud de los impactos sobre el valor de la tierra que el cambio climático podría ocasionar. Como es usual, las estimaciones asumen que el resto de las condiciones se mantienen constantes, pues se busca aislar el efecto del cambio climático sobre el valor contingente de la renta de la tierra mediante las variables temperatura y precipitación. Asimismo, resulta importante aclarar que en este punto no se han tomado en cuenta los cambios probables en precios, población, inversión y tecnología.

Los datos de la proyección utilizada consideran un escenario climático de precipitación acumulada y temperatura promedio anual futuro a nivel de los municipios nicaragüenses. El modelo empleado para predecir las anomalías del clima en años futuros es el Miroc de alta resolución bajo el escenario A1B.

Ahora bien, con el propósito de evaluar el efecto futuro del clima sobre el valor contingente de la renta de la tierra se han considerado como puntos de corte los años 2020, 2030, 2050, 2070 y 2095.

La temperatura promedio anual y la precipitación acumulada anual histórica que se consideran como base de referencia fueron $24,15^{\circ}$ C y 1.900,83 mm, respectivamente. Aunque es importante no olvidar que la distribución de los cambios en temperatura y precipitación varían a lo largo de los distintos municipios de Nicaragua.

Para realizar las predicciones respectivas, se han empleado las tres especificaciones comentadas con anterioridad. Inicialmente se calcula el valor esperado del valor contingente de la renta de la tierra para cada hogar y posteriormente se estima el impacto total promedio para 2020, 2030, 2050, 2070 y 2095; justo como se indica en la ecuación 8 del capítulo de metodologías empleadas en este estudio.

En el cuadro 30 se presenta el valor contingente de la renta de la tierra estimado y la variación porcentual que se observa con relación a la magnitud media actual, lo anterior para cada uno de los años de corte mencionados. En esas estimaciones es posible observar que prácticamente en todos los casos el efecto es negativo, previendo una disminución gradual en el valor contingente de la renta de la tierra para los distintos períodos futuros.

En las proyecciones del modelo I, para 2020 se encuentra que un aumento de la temperatura media anual de $1,62^{\circ}$ C y un incremento de la precipitación acumulada de 33,35 mm, con relación a los valores medios históricos, implican una disminución de 35% del valor contingente de la renta de la tierra, mientras que el modelo II, que incluye variables por tipo de suelo, predice una baja de más del 31%. Asimismo, la especificación con términos cuadráticos arroja un decremento de 63%.

Para el año 2050, se observa en promedio un incremento de la temperatura media anual de $3,08^{\circ}$ C y una disminución de 76,49 mm en la precipitación acumulada. Estos cambios implican una disminución de 37% en el valor contingente de la renta de la tierra bajo el modelo I, mientras que el modelo II pronostica una disminución de 35%. En tanto que el modelo con términos cuadráticos arroja una disminución del 85%.

Asimismo, para el año 2095 se presenta un aumento de la temperatura media anual de $5,65^{\circ}$ C y una baja de la precipitación acumulada de 328,56 mm, con relación a los valores medios históricos; lo anterior conlleva a una disminución de 38% del valor contingente de la renta de la tierra en el modelo I, mientras que el modelo II predice una baja del 37%. Las diferencias entre las especificaciones de los modelos I y II radican en que la segunda especificación busca capturar el efecto diferenciado por el tipo de suelo en conjunto con las variables de temperatura y precipitación. Sin embargo, la especificación empleada en el modelo III revela un valor considerablemente mayor en el decremento (96%).

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 contingente de la renta de la tierra en los municipios de Nicaragua para los años 2020, 2050 y 2095. En los mapas que se presentan se utilizaron los resultados econométricos del modelo II y las evaluaciones de impacto a nivel municipal. Es oportuno comentar que se utilizó la especificación del segundo modelo, ya que es una especificación parsimoniosa que incorpora las variables climáticas relevantes de temperatura y precipitación en conjunto con las diferencias existentes por tipo de suelo. Notemos además que las variables sociodemográficas que se incluyen permiten enriquecer el efecto estimado sobre el valor contingente de la renta de la tierra sin recurrir a efectos no lineales entre las diferentes variables independientes.

CUADRO 30
NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL VALOR CONTINGENTE
DE LA RENTA DE LA TIERRA EN LOS HOGARES RURALES ^a, 2003-2095
(Valor contingente de la renta de la tierra, actual y futuro,
dólares mensuales)

Año	Modelo I	Modelo II	Modelo III
2003	46,57	46,57	46,57
2020	30,46 (-34,6%)	32,01 (-31,3%)	17,10 (-63,3%)
2030	30,47 (-34,6%)	31,89 (-31,5%)	12,39 (-73,4%)
2050	29,26 (-37,2%)	30,28 (-34,9%)	6,81 (-85,3%)
2070	29,32 (-37,0%)	30,06 (-35,5%)	3,10 (-93,3%)
2095	28,77 (-38,4%)	29,20 (-37,3%)	1,56 (-96,7%)

Fuente: Elaboración propia.

^a Los impactos son cambios en el valor contingente de la renta de la tierra expresados en dólares. Los cambios porcentuales con respecto al año base se encuentran entre paréntesis.

En las figuras 1, 2 y 3 es posible notar que el efecto es diferenciado a lo largo de las comunidades nicaragüenses. En la figura 1 observamos que aproximadamente el 18% de los municipios sufren en promedio una pérdida esperada de más de 40 dólares en el valor contingente de la renta de la tierra, lo cual contrasta con el 30% de municipios que no sufren impacto negativo esperado para el año 2020.

Sin embargo, es importante señalar que la combinación de precipitación acumulada y temperatura media anual para 2020 llevan a una disminución promedio en el valor contingente de la renta de la tierra de todos los municipios de 14,56 dólares. Es decir, se espera un decremento de poco más del 31% en la renta de la tierra tan sólo por variaciones en la temperatura media anual y precipitación acumulada. A este punto, no se puede dejar de recalcar que dado que ambas variables se encuentran relacionadas en un sistema ecológico completo, entonces la magnitud estimada bajo el modelo probablemente es inferior al que podría observarse realmente en el futuro.

En la figura 2, es posible observar que para el año 2050 se tiene un comportamiento análogo al del año 2020, bajo la salvedad de que el decremento en la renta de la tierra se agudiza, pues ahora la disminución media es de poco más de 34% sobre el valor observado actualmente. Este porcentaje se traduce, en promedio, en un descenso de más de 16 dólares para el valor contingente de la renta de la tierra en la totalidad de los municipios de Nicaragua. Un decremento cuya magnitud es ligeramente superior a lo que se estimó para el año 2020. De manera similar, en la figura 3 observamos que para el año 2095 el efecto negativo sobre la renta de la tierra es del orden del 37%, un porcentaje superior a lo estimado para 2020 y 2050. En cualquier caso, el valor contingente de la renta de la tierra nicaragüense disminuye conforme la temperatura media anual y la precipitación acumulada sufren variaciones en los años futuros.

FIGURA 1
DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE EL VALOR
CONTINGENTE DE LA RENTA DE LA TIERRA PARA EL AÑO 2020

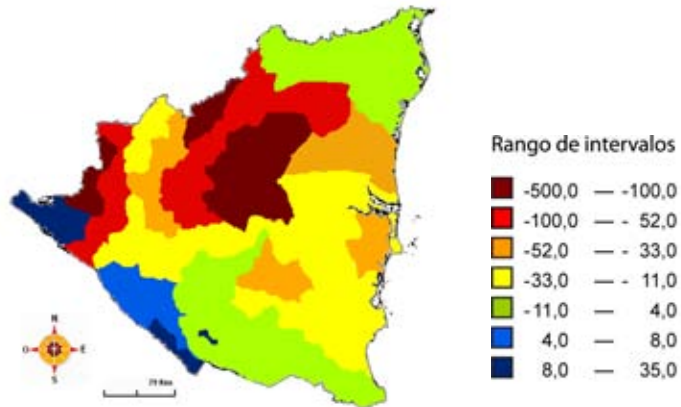


FIGURA 2
DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE EL VALOR
CONTINGENTE DE LA RENTA DE LA TIERRA PARA EL AÑO 2050

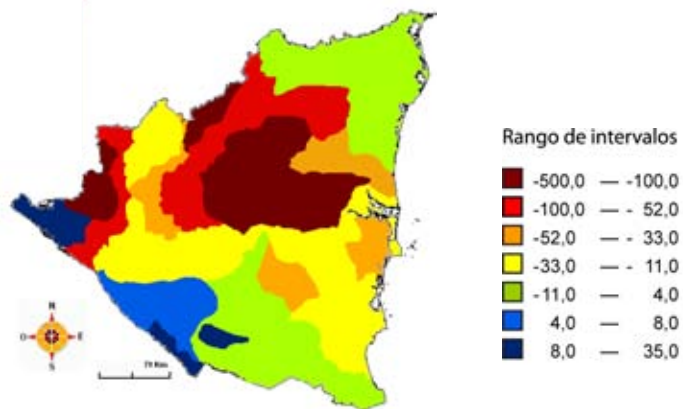
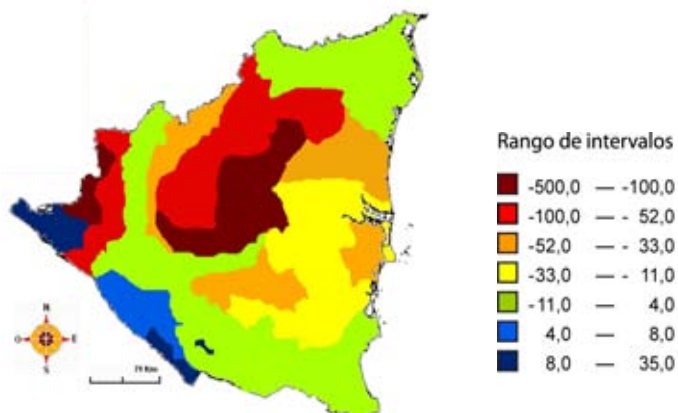


FIGURA 3
DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE EL VALOR
CONTINGENTE DE LA RENTA DE LA TIERRA PARA EL AÑO 2095



VI. CONCLUSIONES

El cambio climático constituye una amenaza para el sector agropecuario, sobre todo para países en desarrollo como es el caso de Nicaragua. En comparación con los cambios en el clima que han ocurrido en las últimas décadas los proyectados en el futuro se muestran más severos. Estos son una amenaza creciente para el desarrollo del sector.

Nicaragua es un país con una proporción importante de población vulnerable a los cambios climáticos, el 46% se encuentra en pobreza extrema y el 30% de los agricultores producen para su subsistencia; estos pequeños productores no tienen recursos para protegerse de los eventos climáticos y el deterioro ambiental; para ellos, pequeñas modificaciones en el clima pueden tener un grandes impactos en sus medios de sustento.

Al igual que la mayoría de los nicaragüenses, los pobres padecen incertidumbre en sus derechos de propiedad ya que tienen menos capacidad para hacerlos valer, son más vulnerables a huracanes, terremotos, sequías, incendios e inundaciones. Asimismo, el país tiene electricidad limitada, deficiente y costosa, más en áreas rurales, lo que limita el desarrollo de la agroindustria, el riego, las redes de frío y otros implementos y maquinarias (Política Sectorial Agropecuaria de Nicaragua, 2003); de la misma forma los caminos secundarios y terciarios se encuentran en malas condiciones, esto da lugar a una débil y costosa vinculación de áreas productivas remotas con los centros de consumo y puertos debido a los largos tiempos de movilización de carga, costos de transporte y deterioro de los productos; además la comunicación es deficiente, poco confiable y costosa (Canales y Cervantes (2008)). Todos los factores anteriormente enumerados contribuyen a que el sector agropecuario no se desarrolle plenamente e incrementa la vulnerabilidad de los productores agropecuarios

En este trabajo se ha corroborado la sensibilidad del sector agropecuario ante el cambio climático utilizando dos distintas metodologías: las funciones de producción y el análisis Ricardiano. A través de ambos enfoques se prevé una severa disminución en los rendimientos y en la renta de la tierra; por efecto de las variaciones en la precipitación e incremento en la temperatura. Ello permite apuntar que el cambio climático coloca al país en un riesgo latente con respecto a su seguridad alimentaria.

Nicaragua depende fundamentalmente de la producción de maíz y frijol para alimentar a su población, igualmente un porcentaje importante de sus exportaciones corresponden a café. Los resultados indican que estos tres cultivos serán gravemente afectados, repercutiendo de manera importante en la economía del país. El modelo de funciones de producción expone que las variaciones en las variables climáticas acarrearán efectos negativos sobre la producción agropecuaria. Las pérdidas económicas proyectadas a 2100 representan alrededor de 22% del PIB de 2007 (escenario A2 con una tasa de descuento de 2%). Asimismo, y de acuerdo con los resultados, en el caso del maíz al año 2100 las pérdidas podrían oscilar entre 3% y 5% del PIB (considerando una tasa de descuento del 2%). Para el caso del frijol, las pérdidas representarían entre 1% y 3% del PIB y en el caso del café los costos económicos acumulados hacia 2100 se predicen en alrededor de 6% del PIB.

Por otra parte y mediante el análisis Ricardiano, se encontró que el valor contingente de la renta de la tierra nicaragüense disminuye conforme la temperatura media anual y la precipitación acumulada sufren variaciones. Para el año 2095 se presenta un aumento de la temperatura media anual de 5,65° C y una baja de la precipitación acumulada de 328,56 mm, con relación a los valores medios históricos, lo anterior conlleva a una disminución de alrededor de 38% del valor contingente de la renta de la tierra.

Conocer los efectos del cambio climático puede ayudar a los hacedores de política a tomar decisiones y elaborar políticas agropecuarias acordes a las necesidades de los agricultores, que ayuden a los más vulnerables y que garanticen una producción agropecuaria suficiente para los próximos años.

Los agricultores podrían reducir las pérdidas potenciales del cambio climático incrementando los rendimientos agrícolas en las regiones más afectadas, mediante la aplicación de medidas de adaptación relacionadas con mejores prácticas agrícolas, como por ejemplo:

- Adaptar las fechas de siembra a los nuevos ciclos climáticos, es decir, elegir el momento oportuno de siembra para que las plantas se desarrollen adecuadamente. Tomando en cuenta la época de lluvias y los meses de mayor calor para respetar cada una de las etapas de crecimiento de las plantas.

- Practicar la rotación de cultivos y seleccionar las variedades que se adapten a las nuevas condiciones climáticas. De la misma forma considerar las condiciones agroecológicas de la región para adoptar los cultivos más adecuados y disminuir el riesgo de pérdida de cosechas y reducir los costos.

- Utilizar tecnologías que permitan el uso eficiente de los recursos hídricos, además de implementar medidas de conservación y manejo de suelos, con el fin de contribuir a disminuir el deterioro ambiental

- Realizar inversiones en sistemas eficientes y económicos de riego, para prevenir los efectos de la reducción en la precipitación. Los sistemas de riego deben ser congruentes con la disponibilidad de los recursos hídricos.

- Utilizar fertilizantes o abono orgánico, entre otras técnicas (cultivos de cobertura, agroforestería) para mejorar la productividad del suelo, estas técnicas deben de ser económicas y de fácil manejo, con el fin de que los agricultores pobres puedan implementarlas.

Estas acciones podrían ayudar a que a los productores minimicen sus pérdidas potenciales debidas al cambio climático. De manera adicional, los programas y políticas gubernamentales deberían tomar en cuenta algunas acciones como por ejemplo: apoyar la implementación de seguros agrícolas, impulsar el acceso a la información de mercado para que los productores puedan tomar decisiones óptimas, garantizar el acceso a crédito para los agricultores que tienen limitaciones económicas y problemas en cuanto a derechos de propiedad, ya que ellos no pueden acceder fácilmente a un financiamiento que les permita incrementar su producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams Richard, Hurd B. Reilly J. (1999), "A review of impacts to U.S. agricultural resources", prepared for the Pew Center on Global Climate Change.
- Amador, Martín (2000), "Evaluación del posible cambio climático sobre el rendimiento potencial del cultivo de la soya en la región central", Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria, Managua.
- 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 Central de Nicaragua (2009), *Indicadores económicos mensuales*, junio.
- Canales R. y M. Cervantes (2008), Nicaragua: Análisis del Impacto de los Servicios de Infraestructura y las Condiciones de Vida en las Zonas Rurales. Proyecto de Cooperación CEPAL/BID/IFPRI.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2009), *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe, 2008*.
- _____ (2009), *Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe, 2008*.
- _____ (2009), Preliminary overview of the Caribbean, 2008-2009(LC/CAR/L.189), marzo.
- _____ (2009), *Anexos Estadísticos, de los Estudio Económicos de Nicaragua*.
- _____ (2008), *Economic Survey of the Caribbean, 2007-2008* (LC/CAR/L.173), julio.
- Darwin, R., M. Tsigas, J. Lewandrowski y A. Ranases (1995), "World agriculture and climate change. Economic adaptations, *Agricultural Economic Report* No. 703, Washington: US Department of Agriculture, Economic Research Service, junio.
- FAO (2003a), *World Agriculture: Towards 2015/2030. A FAO Perspective*, Roma.
- _____ (2003b), *The digital soil map of the world (DSMW) CD-ROM*, Food and Agriculture Organization, Roma.
- Fleischer, A. I. Lichtman y R. Mendelsohn (2007), "Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful?", *Policy Research Working Paper*, No. 4135, Banco Mundial.
- Harmeling, Sven (2008), "Global climate risk index 2009 weather-related loss events and their impacts on countries in 2007 and in a long-term comparison", publisher: Germanwatch e.V., diciembre.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) (2009), *Encuesta de Empleo*, Nicaragua.
- 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.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal) (2009), *Encuesta Nacional Agropecuaria 2008*.
- _____ (2008), *Información estadística anual de producción agropecuaria (Ciclo agrícola 2006/2007 y período pecuario 2008)*, Nicaragua.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales), "Evaluación de la Vulnerabilidad Futura de los sistemas: Clima, Socioeconómico y Recursos Hídricos ante el Cambio Climático en la Cuenca No. 64" Proyecto: "Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba" (PAN 10-00014290), 2007.
- _____ (2003), *Plan de Acción Nacional ante el Cambio Climático*, Nicaragua.
- _____ (2007), *Naturalmente Unidos frente al Cambio Climático*. Nicaragua.
- 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. y S. N. Seo (2007), *Changing Farm Types and Irrigation as an Adaptation to Climate Change in Latin American Agriculture*. World Bank Policy Research Series Working Paper, No. 4161, Banco Mundial, Washington, D. C.
- Molua, E. y C. Lambi (2007), *The Economic Impact of Climate Change on Agriculture in Cameroon*, World Bank Policy Research Working Paper, No. 4364, Banco Mundial, Washington, D. C.
- PNUMA y UNFCCC (2004), *Carpeta de Información sobre el cambio climático*, octubre.
- Rivas, Carlos (2000), "Evaluación del posible cambio climático sobre el rendimiento potencial del cultivo del maíz (*Zea Mays* L.), en la región central de Nicaragua", Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria, Managua.

- Rivera, Isaac (2000), "Evaluación del posible cambio climático sobre el rendimiento potencial del cultivo del frijol en la región pacífico", Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria, Managua.
- 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, D. C.
- Seo, S. N. y R. Mendelsohn (2008a), *A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on Latin American Farms*, World Bank Policy Research Series Working Paper, No. 4163, Washington, D. C.
- _____ (2008b), "A Ricardian analysis of the impact of climate change on South American Farms, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(1): 69-79.
- Sergendon Kathleen, B. L. Dixon (1998), "Climate Change and agriculture: The role of farmer adaptation" *Chapter 3, the Economics of Climate Change*, R. Mendelsohn y J. Neumann, eds., Cambridge University Press, Cambridge.
- Verbeek, Marno (2005), "A guide to modern econometrics, Inglaterra, John Wiley & Sons Ltd.

ANEXOS

ANEXO I

NICARAGUA: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS, 2006-2100

		Observaciones	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Temperatura	A2	95	27,49	1,30	25,33	30,18
	B2	95	26,86	0,71	25,48	28,16
	A2 Hadgem	95	27,53	1,29	25,10	29,90
	B2 hadcm3	94	27,17	0,97	25,10	29,10
Precipitación	A2	95	1 544,66	466,57	746,24	2 908,04
	B2	95	1 688,99	322,11	1 064,02	2 838,29
	A2 Hadgem	95	1 035,45	595,94	248,38	2 425,49
	B2 hadcm3	94	1 278,23	832,74	311,26	4 195,60

ANEXO II

IMPACTO EN LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIAS

CUADRO AII-1

NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2020-2100

(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)

Año	ESCENARIO A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)							
	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	22,59	20,38	17,87	14,01	9,58	8,60	7,50	5,82
2030	37,31	31,54	25,66	17,91	16,18	13,59	10,96	7,54
2050	70,67	51,88	36,48	21,25	33,51	24,04	16,44	9,18
2070	112,92	70,51	42,93	22,10	59,45	35,49	20,40	9,70
2100	329,34	135,89	56,87	22,85	169,12	68,65	27,49	10,08

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO AII-2

NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2020-2100

(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario de 2007)

Año	ESCENARIO B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)							
	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	3,12	2,76	2,32	1,61	1,82	1,60	1,35	0,96
2030	20,99	16,64	12,31	6,87	9,67	7,67	5,68	3,21
2050	27,44	19,91	13,62	7,07	16,47	11,50	7,51	3,66
2070	45,00	27,15	15,89	7,31	30,09	17,34	9,45	3,90
2100	79,19	37,13	17,91	7,41	57,76	25,65	11,21	3,99

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO AII-3
NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO
CLIMÁTICO, 2006-2100
(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario)

ESCENARIO A2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)		
	Producción agropecuaria	Producción agrícola
2006-2010	6,04	2,37
2011-2020	15,14	6,58
2021-2030	11,03	4,92
2031-2040	11,89	5,38
2041-2050	4,86	3,13
2051-2060	5,08	3,19
2061-2070	5,90	3,55
2071-2080	9,37	4,77
2081-2090	8,73	4,45
2091-2100	8,02	4,06

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO AII-4
NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO
CLIMÁTICO, 2006-2100
(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario)

ESCENARIO B2 (ECHAM, GFDL, HADGEM)		
Año	Producción agropecuaria	Producción agrícola
2006-2010	-0,78	-0,20
2011-2020	3,75	1,90
2021-2030	13,96	6,07
2031-2040	-1,70	0,44
2041-2050	3,88	2,47
2051-2060	0,35	1,11
2061-2070	3,60	2,22
2071-2080	0,72	1,01
2081-2090	1,82	1,31
2091-2100	1,30	0,97

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO III
IMPACTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ, FRIJOL, Y CAFÉ

CUADRO AIII-1
NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN
DEL MAÍZ, 2020-2100

(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
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	3,02	2,60	2,13	1,43	0,15	0,11	0,07	0,00
2030	3,37	2,87	2,33	1,54	1,07	0,84	0,61	0,30
2050	8,76	6,00	3,88	1,95	5,30	3,24	1,76	0,59
2070	22,02	11,77	5,84	2,20	18,51	9,01	3,72	0,84
2100	82,30	29,85	9,66	2,40	41,53	16,02	5,23	0,92

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO AIII-2
NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN
DEL FRIJOL, 2020-2100

(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
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	3,11	2,80	2,45	1,91	1,84	1,69	1,53	1,27
2030	5,19	4,36	3,53	2,45	3,91	3,26	2,62	1,81
2050	10,11	7,34	5,09	2,92	6,09	4,52	3,24	1,98
2070	16,07	9,97	6,00	3,04	10,05	6,25	3,83	2,05
2100	44,18	18,40	7,79	3,13	18,44	8,78	4,37	2,08

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO AIII-3
NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN
DEL CAFÉ, 2020-2100

(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
Cambios en temperatura y precipitación								
2020	1,75	1,42	1,06	0,55	3,66	3,41	3,13	2,68
2030	1,04	0,93	0,76	0,44	4,50	4,05	3,57	2,90
2050	9,62	5,62	2,89	0,90	13,07	8,99	6,00	3,53
2070	39,15	18,58	7,34	1,47	39,31	20,54	9,98	4,05
2100	100,80	37,80	11,61	1,72	92,27	36,74	13,49	4,24

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO AIII-4
NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2006-2100
(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario)

Escenario A2			
	Maíz	Frijol	Café
2006-2010	-0,13	0,85	-0,43
2011-2020	2,90	2,06	1,98
2021-2030	0,28	1,54	-0,46
2031-2040	0,76	1,54	-0,03
2041-2050	1,68	0,89	3,47
2051-2060	1,38	0,73	3,45
2061-2070	1,97	0,82	4,15
2071-2080	2,42	1,16	3,58
2081-2090	2,31	1,06	2,56
2091-2100	2,44	1,12	1,80

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO AIII-5
NICARAGUA: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2006-2100
(En porcentajes acumulados del PIB agropecuario)

Escenario B2			
Año	Maíz	Frijol	Café
2006-2010	-0,22	0,78	1,88
2001-2020	0,35	0,96	1,61
2021-2030	0,75	1,55	0,63
2031-2040	0,40	0,36	1,28
2041-2050	1,43	0,62	2,55
2051-2060	1,45	0,44	3,21
2061-2070	1,90	0,57	3,57
2071-2080	1,03	0,34	2,52
2081-2090	1,01	0,38	2,27
2091-2100	0,78	0,29	1,77

Fuente: Elaboración propia.