



ESTUDIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA

Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina

Alejandro J. López Feldman



NACIONES UNIDAS

CEPAL





Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina

Alejandro J. López Feldman



Este documento fue preparado por Alejandro J. López Feldman, consultor de la Unidad de Cambio Climático de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y cuenta con el financiamiento de la Unión Europea, a través del Programa EUROCLIMA (CEC/14/001).

Ni la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en esta publicación. Los puntos de vista expresados en este estudio son de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Unión Europea.

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

Índice

Resumen	7
Introducción	9
I. Importancia de las actividades agropecuarias.....	11
A. El sector agropecuario y el crecimiento económico.....	11
B. El sector agropecuario y la pobreza.....	15
C. El sector agropecuario y el medio ambiente.....	16
D. El papel del gobierno en el sector agropecuario.....	17
II. Los efectos del cambio climático en las actividades agropecuarias	21
A. Modelos económicos para estimar los efectos del cambio climático en el sector agropecuario.....	22
B. Resultados principales y evolución de los métodos de estimación	24
C. Efectos del cambio climático en la ganadería.....	27
D. Resultados para América Latina y el Caribe.....	27
III. Adaptación de las actividades agropecuarias al cambio climático.....	33
A. Clasificación de las medidas de adaptación	33
B. Políticas públicas y adaptación al cambio climático	35
C. Políticas públicas para la adaptación del sector agropecuario en América Latina	38
1. Argentina	38
2. Bolivia (Estado Plurinacional de).....	38
3. Brasil.....	38
4. CARICOM.....	39
5. Chile.....	39
6. Colombia	39
7. Costa Rica	40
8. Cuba	40
9. Ecuador	40
10. El Salvador	40
11. Guatemala.....	41
12. Haití	41
13. Honduras	41
14. Jamaica	41

15. México	41
16. Nicaragua	42
17. Panamá	42
18. Paraguay	42
19. Perú	43
20. República Dominicana.....	43
21. Uruguay	43
22. Venezuela (República Bolivariana de)	43
IV. Discusión.....	47
Bibliografía.....	49
Anexos.....	57
Anexo I	58
Anexo II	59
Anexo III Documentos de CEPAL sobre los efectos del cambio climático en la agricultura en Centroamérica.....	60
Anexo IV Documentos de CEPAL sobre los efectos del cambio climático en la agricultura en países del Caribe	72
 Cuadros	
Cuadro 1	La importancia de la agricultura..... 19
Cuadro 2	Agricultura y cambio climático
Cuadro 3	Efectos del cambio climático en los rendimientos de cultivos en América
Cuadro 4	Efectos del cambio climático en el valor de la tierra.....
Cuadro 5	Efectos del cambio climático en la agricultura ante diferentes escenarios.....
Cuadro 6	Efectos del cambio climático en la producción de cultivos.....
Cuadro 7	Estimación de los efectos del cambio climático en la agricultura.....
Cuadro 8	Principales políticas y programas de adaptación existentes en América Latina
Cuadro A.1	Definición de variables incluidas en el archivo "historico.xlsx"
Cuadro A.2	Publicaciones por metodología y región.....
Cuadro A.3	Literatura relacionada
Cuadro A.4	Literatura relacionada
Cuadro A.5	Literatura relacionada
Cuadro A.6	Literatura relacionada
 Gráficos	
Gráfico 1	PIB per cápita y agricultura. Periodo 1965-2013.....
Gráfico 2	Población rural. Periodo 1965-2013
 Diagramas	
Diagrama 1	La adaptación y sus clasificaciones.....
Diagrama 2	Factores que afectan la percepción de riesgo climático y la capacidad de adaptación

Lista de acrónimos

EbA	<i>Environmental based Adaptation</i>
BLS	<i>Basic Linked System</i>
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CGE	<i>Computable General Equilibrium</i>
CO2	Dióxido de Carbono
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IMPACT	<i>International Model for Policy Analysis and Agricultural Commodities</i>
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SWOFSIM	<i>Static World Policy Simulation</i>

Resumen

Las concentraciones de gases efecto invernadero han alcanzado niveles tales que es inevitable que a lo largo del siglo XXI se presenten afectaciones al clima. Al ser el clima uno de los principales determinantes de la productividad agrícola se espera que el sector se vea afectado por el cambio climático. Esto complicará los esfuerzos por reducir la pobreza y afectará la seguridad alimentaria. Los efectos del cambio climático no serán homogéneos ni se presentarán al mismo tiempo en todos los lugares; la intensidad y temporalidad de los efectos dependerá en gran medida de las condiciones locales, tanto climáticas como de otra índole. Se observa además que los países en desarrollo, incluyendo América Latina, son más vulnerables a los efectos del cambio climático que los países desarrollados. Debido, entre otras cosas, a que dichos países dependen más de la agricultura, poseen menos capital para adoptar medidas de adaptación y en muchos casos están más expuestos a la ocurrencia de eventos climáticos extremos.

El presente documento tiene como objetivo presentar una síntesis de la evidencia de los efectos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario, con énfasis en América Latina. Se espera que este insumo pueda colaborar al diseño de políticas públicas que contribuyan a reducir dichos efectos y favorezcan los procesos de adaptación. Entender los efectos económicos del cambio climático ayuda a conocer el tamaño potencial de los daños y, por lo tanto, a decidir qué tanto debería invertirse en mitigación. Por otro lado, también puede ayudar a diseñar estrategias de adaptación al proveer información de cómo, cuándo y dónde debería darse dicha adaptación.

A la fecha existe una vasta literatura que aborda el tema de los efectos potenciales del cambio climático en la agricultura. El conocimiento científico existente es relativamente robusto en su capacidad de inferir los efectos que cambios en temperatura y precipitación tendrán en el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, es menos capaz de proveer información sobre las consecuencias del cambio climático en el ganado.

Aun cuando en varias partes del mundo los agricultores han comenzado a implementar algunas medidas de adaptación de bajo costo, es probable que esas medidas, y en general, las medidas de adaptación tomadas de manera autónoma por los agricultores no sean suficientes para hacer frente al cambio climático. Por lo tanto, será necesaria la aplicación de medidas de adaptación planeada que incluyan componentes locales, regionales, nacionales e incluso internacionales; muchas de estas medidas implican costos elevados. Además de los costos, la implementación de medidas de adaptación enfrenta una gran cantidad de barreras tanto ambientales como sociales. El diseño de políticas de adaptación eficientes requiere entender cuál es el papel que las distintas estrategias de adaptación

pueden jugar, cuáles pueden ser las más exitosas, y qué condiciones favorecen u obstaculizan la adaptación. Es importante reconocer que detrás de la decisión de adoptar o no una medida de adaptación están tanto los estímulos internos que enfrenta el agricultor como los estímulos externos que afectan al sistema agrícola en general.

El cambio climático implica un reto muy importante para los países en desarrollo que aún tienen pendiente, entre otras cosas, la reducción de la pobreza en la que vive una parte importante de su población. Por lo tanto, a pesar de que se necesita más investigación para entender los determinantes de la adaptación es claro que las intervenciones tendientes a promover y facilitar la adaptación al cambio climático no deben estar desligadas de otras intervenciones que buscan promover el desarrollo rural, la disminución de la pobreza y el manejo de los recursos naturales. Es decir, la adaptación al cambio climático no debe verse como un tema aislado sino como parte de una estrategia de desarrollo.

En este reporte se hace un recuento de la importancia que el sector agropecuario tiene para el crecimiento económico y del potencial que tiene para contribuir a los ingresos de la población rural y urbana, a la seguridad alimentaria y a la reducción de la pobreza. La evidencia empírica muestra que en América Latina dicho potencial no ha sido plenamente aprovechado.

La revisión de la literatura sobre los efectos del cambio climático deja ver que aunque los efectos serán heterogéneos entre países y al interior de los mismos estos pueden ser sumamente cuantiosos. Es por ello que es necesario contar con políticas públicas que busquen la mitigación de los gases de efecto invernadero a la vez que promuevan la adaptación ante el cambio climático. La literatura que analiza los determinantes de la adaptación al nivel de los hogares o los agricultores es aún muy limitada; esto es cierto no sólo para América Latina sino en general. Esta carencia debe ser subsanada pues limita el diseño de políticas públicas eficaces que puedan coadyuvar a que los individuos tomen medidas eficientes de adaptación ante el cambio climático.

A nivel mundial la implementación de políticas públicas para promover la adaptación es aún incipiente y, por lo tanto, no existen análisis sobre qué políticas funcionan mejor y bajo qué condiciones; no se pueden identificar las mejores prácticas o dar recomendaciones específicas sobre qué medidas tomar en un contexto específico. En todo caso, dado que los factores económicos, sociales, culturales, ambientales e institucionales afectan tanto la percepción que los individuos tienen sobre los riesgos climáticos como el conjunto de alternativas a las que tienen acceso, es poco probable que se puedan encontrar recomendaciones genéricas que sean válidas en todos los contextos y para todos los países. Adicionalmente, los gobiernos tendrán el reto de lograr comunicar a la población cuáles son las dimensiones reales de los riesgos que enfrentan y cómo estos pueden variar dependiendo de las condiciones locales. Dada la incertidumbre y limitantes que rodean a la ciencia del cambio climático, éste no es un reto menor. Sin embargo, es fundamental que la población cuente con información suficiente y adecuada para poder tomar las decisiones de prevención y adaptación que más le convengan.

Los países de América Latina han dedicado esfuerzos importantes a desarrollar políticas públicas para promover la adaptación al cambio climático. Sin embargo, es importante que se profundice el entendimiento sobre la forma en la que los agricultores en sus países perciben los riesgos climáticos, las limitantes que pueden enfrentar al momento de tomar decisiones de adaptación y la forma en que los contextos locales afectan tanto a la percepción del riesgo como a las acciones de adaptación. Una vez que se cuente con esa información podrán diseñarse políticas de adaptación que resulten relevantes localmente. Dada la incertidumbre que rodea al cambio climático, tanto en términos de la magnitud de sus efectos como del momento en el que se presentarán, es muy importante que las políticas sean flexibles y que puedan ser modificadas. En este sentido, es fundamental que al diseñar las políticas se diseñe también una estrategia de monitoreo y evaluación de las mismas para que los gobiernos tengan información confiable y oportuna que les permita decidir las ventajas y desventajas de cada política pública.

Introducción

Las concentraciones de gases efecto invernadero han alcanzado niveles que no se habían presentado en la tierra en por lo menos 800.000 años; la evidencia apunta a que las tasas aceleradas a las que dichos gases han crecido desde 1750 se debe principalmente a la actividad humana (Stocker *et al.*, 2013). Esto ha derivado en un aumento de la temperatura promedio de la tierra de 0,85°C en el periodo 1880-2012; en el Hemisferio Norte el periodo 1983-2012 fue probablemente el periodo más caluroso de los últimos 1400 años (Stocker *et al.*, 2013).

A lo largo del siglo XXI los efectos del cambio climático reducirán el crecimiento económico, complicarán los esfuerzos por reducir la pobreza y afectarán la seguridad alimentaria (Field *et al.*, 2014). Los efectos no serán uniformes entre países ni al interior de los mismos; dependerán en gran medida de las condiciones locales, tanto climáticas como de otro tipo, y de cómo dichas condiciones se modifiquen con el tiempo en respuesta al cambio climático y a otros fenómenos como el crecimiento económico (Mendelsohn y Dinar, 1999).

En términos económicos es muy probable que el sector agropecuario sea el más afectado por los efectos negativos del cambio climático (Fischer *et al.*, 2005; Mendelsohn, 2009). La región de América Latina que podría resultar más perjudicada es Centroamérica, sobre todo en lo que se refiere a seguridad alimentaria (Magrin *et al.*, 2014).

El presente documento tiene como objetivo elaborar una síntesis de la evidencia de los efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario, con énfasis en América Latina. Esto servirá como insumo para el diseño de políticas públicas que contribuyan a reducir los efectos del cambio climático y favorezcan los procesos de adaptación. Para lograr lo anterior, la sección I de este documento presenta evidencia sobre la importancia que el sector agropecuario tiene tanto para el crecimiento económico en general como para la reducción de la pobreza. La sección II inicia con una revisión de las principales metodologías utilizadas en economía para estimar los efectos del cambio climático en el sector agropecuario y continúa con una presentación de los principales resultados que se han encontrado tanto en América Latina como en otras regiones. El tema de la adaptación al cambio climático se aborda en la sección III. La sección IV concluye con una discusión preliminar. El documento contiene 4 anexos en los que se describe con más detalles la información consultada para la elaboración del mismo. A lo largo de todo el documento, hasta el punto en el que la información y los estudios empíricos disponibles lo permiten, se hace un especial énfasis en la situación en América Latina.

I. Importancia de las actividades agropecuarias

El sector agropecuario es diverso y está lleno de contrastes; representa una pequeña proporción de la economía mundial pero sigue siendo central para la vida de millones de personas. En el 2010, aproximadamente 2.600 millones de personas en el mundo dependían económicamente de este sector (Alston y Pardey, 2014). Alrededor del 40% de la superficie terrestre del planeta está ocupada por éste sector, aproximadamente 1.500 millones de hectáreas de tierra son utilizadas para plantar cultivos mientras que 3.500 millones se utilizan para pastoreo (Howden, *et al.*, 2007; Alston y Pardey, 2014). En 1961 los países más ricos del mundo producían el 44% de la producción agrícola mundial mientras que los países de la región Asia-Pacífico producían el 24%. Sin embargo, para el 2011 estas cifras habían cambiado a 25% y 45%, respectivamente; en el mismo periodo la producción de América Latina y el Caribe pasó del 9 al 13% (Alston y Pardey, 2014).

Existe una regularidad empírica muy bien documentada: conforme la economía de un país crece la importancia del sector agrícola disminuye (Johnston y Mellor, 1961; Anríquez y Stamoulis, 2007; Timmer, 2002). Por ejemplo, en el 2010 la agricultura representaba, en promedio, el 29% del PIB total en países con ingresos bajos (países con ingresos per cápita por debajo de 1.005 dólares); mientras que para los países de ingresos medios y altos representaba el 10,5% y el 1,5% (Alston y Pardey, 2014). El gráfico 1 muestra, para un conjunto de países de América Latina, que conforme el PIB per cápita aumenta la importancia relativa del sector agrícola disminuye. Por otro lado, el gráfico 2 muestra cómo la importancia relativa de la población rural respecto a la total disminuyó hasta el 2005 y después se mantuvo aproximadamente al mismo nivel¹.

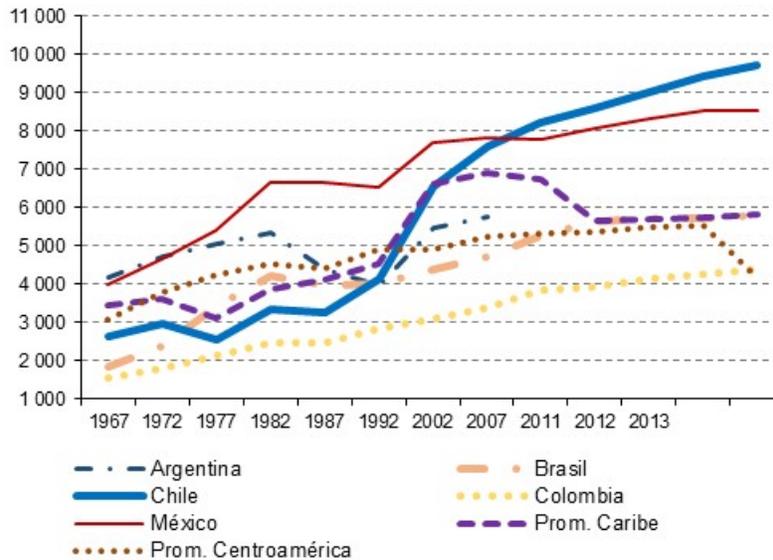
A. El sector agropecuario y el crecimiento económico

De acuerdo con Timmer (2002), desde mediados del siglo XVIII ha existido mucho interés en responder a la pregunta: ¿cuál es la contribución de la agricultura al crecimiento económico? La regularidad empírica antes citada dio lugar a una visión de la agricultura, fundamentada principalmente en el modelo propuesto por Lewis (1955), como un sector que declina de manera natural y cuyo papel principal es contribuir con trabajo, alimentos y quizá capital para la modernización de la industria. Siguiendo esta interpretación, el sector agrícola es visto como uno que responde muy poco a los incentivos y que tiene pocas ligas significativas con otros sectores (Valdés y Foster, 2010). Bajo esta visión resulta poco

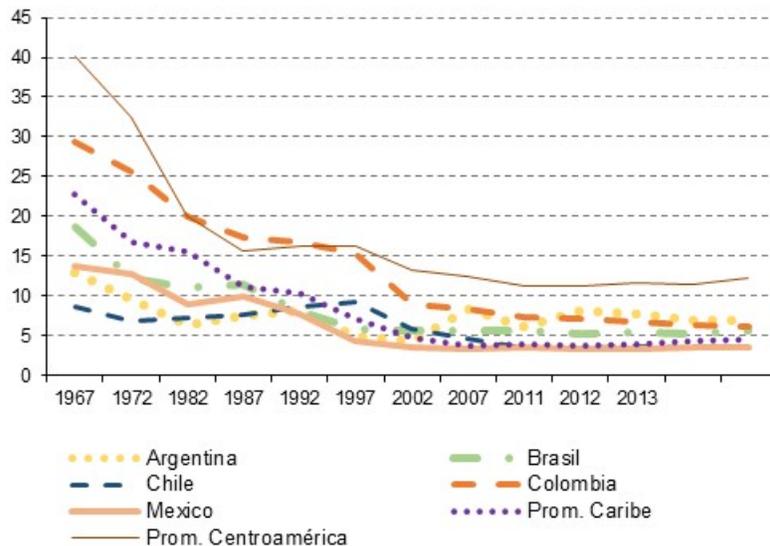
¹ Una base de datos con éstas y otras variables se incluye en el archivo histórico.xlsx. La descripción de las variables incluidas en dicho archivo se encuentra en el anexo I.

necesario dedicarle políticas públicas que busquen promover su modernización, de hecho, la implicación es todo lo contrario: la mejor estrategia para lograr la industrialización, y por ende el crecimiento económico, es drenar de recursos a la agricultura implementando políticas públicas sesgadas en su contra y a favor de otros sectores (Timmer, 2002). Desde 1950 hasta por lo menos los 80 esa fue la estrategia que prevaleció alrededor del mundo, particularmente en África y América Latina (Anríquez y Stamoulis, 2007).

Gráfico 1
PIB per cápita y agricultura. Periodo 1965-2013
 A. PIB per cápita (USD 2005)

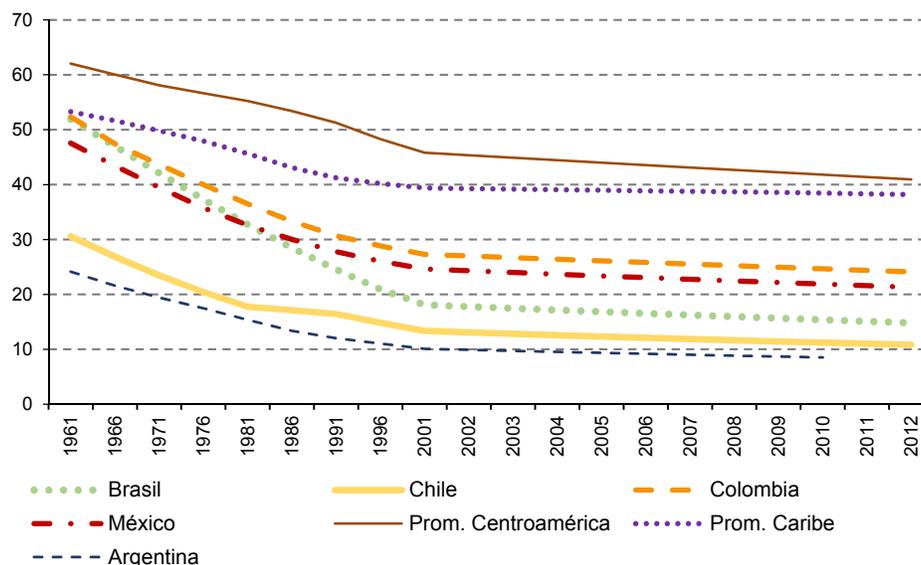


B. Agricultura (En porcentajes del PIB)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial: World Development Indicators, [en línea].

Gráfico 2
Población rural. Periodo 1965-2013
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial: World Development Indicators, [en línea].

Sin embargo, en las últimas décadas la teoría de Lewis, sobre todo atendiendo a sus implicaciones en materia de políticas públicas, ha sido desacreditada por trabajos más recientes que sugieren que: i) la agricultura reacciona ante cambios tecnológicos, ii) está ligada de manera directa con otros sectores, iii) en países en desarrollo este sector puede responder a los incentivos de la misma forma que el de los países desarrollados (Cervantes-Godoy y Dewbre, 2010). Estos argumentos condujeron a una interpretación alternativa de la regularidad empírica: en lugar de dejar de lado al sector agrícola lo que se debe hacer es promover su crecimiento para así facilitar la transformación estructural. Johnston y Mellor (1961), quienes fueron los primeros en promover esta visión, proponen cinco canales por los que un aumento en la productividad y en la producción agropecuaria contribuyen al crecimiento económico: i) aumentar la oferta de alimentos para consumo doméstico, ii) liberar trabajo para que sea empleado en la industria, iii) aumentar el tamaño del mercado para los productos manufacturados, iv) aumentar la inversión mediante el ahorro interno privado o la captación de impuestos agrícolas, y v) obtener divisas.

Timmer (2002), por su parte, utiliza un modelo neoclásico de crecimiento para analizar el papel que la agricultura puede jugar en el crecimiento económico. Dicho modelo parte de la premisa de que el sector agrícola puede contribuir a que una economía se acerque a su potencial tecnológico. En el modelo, la agricultura, al generar divisas, permite la importación de capital y por lo tanto cierra la brecha tecnológica de una economía. La tasa de inversión puede incrementarse cuando crece el sector agrícola; esto contribuye a cerrar la brecha de capital físico. Además, el crecimiento de este sector permite un incremento en los niveles de educación rural y un aumento en la cantidad de nutrientes disponibles, lo cual puede aumentar la productividad laboral y, por lo tanto, contribuir a cerrar la brecha de capital humano. Por último, aunque existe poca evidencia empírica que lo respalde, es posible que junto con el crecimiento agrícola se tenga una mejora en una serie de condiciones institucionales que conllevan a un mayor crecimiento.

Gollin, Parente y Rogerson (2002) también utilizan un modelo neoclásico pero ellos se concentran en el impacto que el crecimiento en productividad agrícola tiene para el crecimiento económico. De acuerdo con sus resultados, en el corto plazo, los aumentos en productividad agrícola pueden tener efectos mayores en el crecimiento económico que incrementos comparables en la productividad en el sector no-agrícola. Sin embargo, en el largo plazo la productividad en el sector no-agrícola es la clave para el crecimiento.

El sector agrícola también juega un rol importante en la seguridad alimentaria. Ningún país ha logrado sostener un proceso de crecimiento económico rápido sin antes resolver el problema de seguridad alimentaria. Ésta es necesaria para el crecimiento puesto que el acceso inadecuado e irregular a alimentos limita la productividad y reduce la inversión en capital humano (Bliss y Stern, 1978; Strauss, 1986). A nivel macroeconómico, las crisis alimentarias recurrentes afectan la estabilidad política y económica lo que a su vez reduce la eficiencia de la inversión (Alesina y Perotti, 1993).

La agricultura también puede tener efectos macroeconómicos negativos, principalmente si existe demasiada volatilidad en los precios de los alimentos (Schultz, 1953). De acuerdo con Timmer (2002) estos efectos son: i) una disminución en la inversión debido a mayores niveles de incertidumbre. Aunque es posible que los consumidores, preocupados por posibles aumentos en precios, aumenten sus ahorros y que los productores, preocupados por posibles caídas en precios, hagan lo mismo, estos ahorros suelen mantenerse en activos líquidos que poco o nada contribuyen a la inversión; ii) los precios de los alimentos pueden tener efectos desestabilizadores en los precios de otros bienes y servicios. Si en una economía los precios cambian frecuentemente debido a fluctuaciones temporales e inesperadas en los mercados de alimentos entonces los precios proveen menos información sobre oportunidades atractivas de inversión de lo que lo harían si los precios de los alimentos fueran estables; iii) si los precios de los bienes agrícolas aumentan el nivel de riesgo en la economía, entonces la inversión se aleja de las actividades productivas y se mueve hacia las actividades especulativas. Por lo tanto, un sector agrícola desarrollado que da lugar a precios estables de los alimentos tiene efectos macroeconómicos positivos.

Más allá de consideraciones teóricas, los estudios econométricos sobre el papel que juega el sector agrícola en el crecimiento económico pueden, en principio, capturar las externalidades que el sector agrícola tiene en otros sectores (Valdés y Foster, 2010). Estos estudios también arrojan información sobre los determinantes de la productividad agrícola, lo cual ayuda a entender los caminos que podrían seguirse para fomentar el crecimiento económico (Gollin, Parente y Rogerson, 2002). Sin embargo, es importante recalcar que este tipo de estudios deben hacer frente a un problema intrínseco relacionado con determinar una relación de causalidad. Los problemas de identificación son tan fuertes que autores como Tsakok y Gardner (2007) opinan que los análisis econométricos nunca podrán encontrar la causalidad entre el sector agrícola y el crecimiento. Dicho esto, veamos brevemente los resultados de algunos estudios empíricos.

Anríquez y Stamoulis (2007) muestran evidencia que respalda la hipótesis de que la agricultura tiene fuertes lazos con otros sectores; una expansión agrícola basada en aumentos en productividad puede constituirse en un factor que jala a otros sectores y, por lo tanto, incrementa la actividad económica y el empleo. En este sentido los autores argumentan que por lo menos hasta fines de los 80 se valoró de manera equivocada el papel que jugaba el sector primario en el desarrollo; esto contribuyó a que se diera un sesgo en contra de la política pública que favorecía la agricultura. Janssen y Sanint (1991) dejan en claro que un punto muy importante para el desarrollo rural es lograr incrementar los lazos entre la parte del sector agrícola que está compuesta por pequeños agricultores y otros sectores de la economía.

Timmer (2002) presenta una serie de resultados econométricos que buscan dar evidencia del impacto positivo que la agricultura tiene en el crecimiento económico. Utilizando una muestra de 65 países en desarrollo, para el periodo 1960-1985, muestra que existe una correlación positiva, y altamente significativa, entre crecimiento en el sector agrícola y crecimiento en el sector no-agrícola; por ejemplo, un aumento de 1% en el sector agrícola implica un aumento del 0,2% en el no-agrícola. Por su parte, Bravo-Ortega y Lederman (2005) muestran que en los países en desarrollo un aumento de 1% en el crecimiento agrícola implica un aumento de entre 0,12% y 0,15% en el crecimiento del sector no-agrícola.

De acuerdo con Bravo-Ortega y Lederman (2005), aun cuando los países de América Latina y el Caribe se han beneficiado del crecimiento agrícola, los efectos marginales de la producción no-agrícola en el bienestar social son mayores que los obtenidos a través de las actividades agrícolas. Sin embargo, cuando se toma en cuenta el tamaño de cada sector en la economía la agricultura

contribuye más que el sector no-agrícola al crecimiento económico. Por otro lado, la diversidad de América Latina en términos demográficos, agro-ecológicos y contextos institucionales es tal que resulta muy difícil encontrar explicaciones válidas para toda la región (Carr, López y Bilsborrow, 2009).

B. El sector agropecuario y la pobreza

Los aumentos en producción y en productividad agrícola han sido relacionados con reducciones en la pobreza. Estos efectos positivos generalmente van más allá de los dueños de la tierra y no necesariamente se circunscriben a las zonas rurales. Esto se debe a que aun cuando los individuos más pobres en las zonas rurales generalmente tienen muy poca o nada de tierra, una parte importante de su ingreso proviene de trabajar como empleados agrícolas. Además, al igual que lo hacen los pobres de las zonas urbanas, utilizan una parte importante de su ingreso para comprar alimentos (Thirtle, Lin y Piesse, 2003).

Existen cuatro canales mediante los cuales el crecimiento agrícola puede contribuir a aliviar la pobreza: i) incrementando de manera directa el ingreso y consumo de los pequeños agricultores, ii) reduciendo el precio de los alimentos, iii) aumentando el ingreso generado por la economía rural no-agrícola, y iv) aumentando el empleo y salario de los trabajadores no-calificados (Anríquez y Stamoulis, 2007). Gallup, Radelet y Warner (1997) encuentran que un aumento de 1% en el crecimiento del PIB agrícola per cápita se refleja en un aumento de 1,61% en el ingreso per cápita del quintil más pobre de la población. Por otro lado, aumentos similares en el PIB industrial y en el PIB del sector servicios implican aumentos de 1,16% y 0,79% en el ingreso de ese mismo grupo de la población.

Galindo *et al.* (2014b) encuentran que para América Latina la magnitud del efecto que una caída del producto agrícola tiene en la pobreza es mayor que la magnitud del efecto de una fase de crecimiento. Es decir, las pérdidas en la producción pueden aumentar la pobreza más de lo que aumentos similares en producción la reducirían. Además, existe un proceso de retroalimentación entre el sector agrícola y el resto de la economía por lo que una caída en la producción agrícola se vería acompañada por un efecto adicional con sus consecuentes efectos negativos en la pobreza.

La relación entre crecimiento en el sector agrícola y disminución en la pobreza varía mucho dependiendo de los contextos regionales y de las condiciones de cada país, en particular del ambiente macroeconómico bajo el cual opera el sector (Cervantes-Godoy y Dewbre, 2010). En ese sentido, De Janvry y Sadoulet (2009) reportan que en Asia del Este un aumento de 10% en la producción de cereales se ve acompañada de una disminución de más de 50% en la pobreza rural. Por otro lado, aun cuando en América Latina y el Caribe se dieron aumentos importantes en la producción de cereales (el promedio de crecimiento entre 1993 y 2002 fue de 2,5% anual) la pobreza rural apenas se redujo. Los contrastes regionales se presentan también a nivel país; un aumento de 1% en la producción de cereal en China implica una reducción de la pobreza del 5,1% mientras que en Brasil la reducción de la pobreza ante el mismo aumento en la producción es de únicamente 0,6%.

Una de las principales razones por las cuales el efecto del crecimiento agrícola en la disminución de la pobreza varía entre países y regiones es la desigualdad en la distribución de la tierra; a mayor desigualdad menor efecto en la pobreza (Thirtle, Lin y Piesse, 2003). En América Latina la desigualdad en términos de la cantidad de tierra que poseen los agricultores va acompañada de una desigualdad en la calidad de la misma. Esto se debe a que el mercado de tierra está segmentado en dos: los hogares más ricos tienen acceso al mercado de las tierras más productivas mientras que los hogares más pobres tienen que adquirir tierra de menor calidad o migran a tierras marginales (Barbier, 2004).

La magnitud del efecto que un cambio en la productividad del trabajo agrícola tiene en la pobreza también es heterogénea y depende en buena medida de la estructura productiva prevaleciente en cada país o región: el efecto es mayor y más fuerte cuando se tienen pequeños productores y cuando la agricultura es intensiva en trabajo (De Janvry y Sadoulet, 2009). Asia del Este y América Latina y

el Caribe ejemplifican claramente esta dicotomía; en ambas regiones se tuvieron aumentos importantes en la productividad laboral agrícola pero sólo el primer caso se vio acompañado de caídas importantes en la pobreza.

Thirtle, Lin y Piesse (2003) analizan, utilizando un modelo econométrico con un sistema de cuatro ecuaciones, información sobre 59 países para estimar el efecto que la inversión en investigación y desarrollo en el sector agrícola tiene en la pobreza. En términos generales encuentran que el crecimiento en la productividad agrícola tiene un efecto sustancial en la reducción de la pobreza, cosa que no sucede con los aumentos en productividad en los sectores industrial y de servicios. Cuando vemos los resultados a nivel regional la situación en América Latina es muy distinta a lo que sucede en otras regiones. Al estimar el rendimiento que la inversión en investigación y desarrollo tiene se puede estimar cuánto cuesta sacar a una persona de la pobreza (medida de acuerdo al indicador de un dólar por día); en África el costo es de \$ 144 dólares, en Asia \$ 180 mientras que en América Latina es de \$ 11.000. El fuerte contraste entre América Latina y Asia del Este llama especialmente la atención dado que el porcentaje de población por debajo de la línea de pobreza de ambas regiones es muy similar (15,57% y 15,32%, respectivamente).

Por su parte, Bravo-Ortega y Lederman (2005) encontraron que el crecimiento del PIB derivado de un aumento en la productividad del trabajo agrícola es casi tres veces más efectivo aumentando el ingreso de los más pobres que un aumento del PIB cuyo origen es el aumento en la productividad del trabajo en otro sector. Sin embargo, Hasan y Quibria (2004) encuentran que mientras el crecimiento agrícola es lo más efectivo para reducir la pobreza en el África Sub-Sahariana y en el sur de Asia, en América Latina lo más efectivo es el crecimiento en servicios y en Asia del Este es el crecimiento industrial.

Por otro lado, en períodos de crisis económica o de desequilibrios sociales el medio rural puede servir como una red social de protección para la población urbana (Anríquez y Stamoulis, 2007). Por último, es importante resaltar que aunque una estrategia exitosa de reducción de la pobreza implica diseñar políticas que tomen en cuenta a los agricultores más pobres, eso no quiere decir que lo que se deba hacer sea promover la permanencia de los pequeños agricultores para siempre y en todos los lugares. Es decir, el objetivo no debe ser garantizar la permanencia de millones de pequeños agricultores sino reducir o eliminar la pobreza. Valdés y Foster (2010) plantean que se debe abandonar la idea romántica que supone que podemos eliminar o reducir la pobreza y al mismo tiempo mantener el número de pequeños agricultores constante. Lo que se debe buscar es aumentar el crecimiento agrícola para fomentar el crecimiento económico y mejorar las oportunidades de que todas las familias rurales obtengan ingresos no-agrícolas (Valdés y Foster, 2010).

C. El sector agropecuario y el medio ambiente

La agricultura puede contribuir a la mitigación de emisiones mediante el uso de prácticas agronómicas que ayuden a incrementar el secuestro y retención de carbono en el suelo. Estas prácticas incluyen el uso de variedades mejoradas de cultivos, extender la rotación de cultivos, incluir cultivos perenes, modificar las prácticas de labranza, manejar los residuos, el manejo de nutrientes, el manejo de agua y el cambio de uso de suelo a pastos o bosque. Las prácticas de manejo de tierra pueden proteger los acervos existentes de carbono y garantizar la resiliencia del secuestro de carbono en los suelos agrícolas (Carillo y Maietta, 2014). Bravo-Ortega y Lederman (2005) analizan el impacto de la agricultura, y otros sectores, en tres indicadores ambientales: emisiones de CO₂, deforestación y uso de agua. Estos autores argumentan que la agricultura en América Latina es neutral en lo que a emisiones y deforestación se refiere pero utiliza considerablemente más agua que el sector no-agrícola.

Por otro lado, la intensificación agrícola puede tener fuertes efectos negativos en el medio ambiente tales como la pérdida o degradación de suelos y la pérdida de bosques y otros hábitats naturales. Además, el uso intensivo e indiscriminado de pesticidas causa afectaciones a los recursos bióticos. Lamentablemente, todos estos efectos negativos se han presentado en América Latina

(Redclift, 1989, Barbier, 2004). Durante la primera mitad de los 90 los habitantes de América Latina deforestaron 5 veces más bosque por persona viviendo en zonas rurales que los africanos y 40 veces más que los asiáticos (Carr, Lopez y Bilsborrow, 2009). De acuerdo con Barbier (2004) en América del Sur la cantidad de tierra cultivada aumentará en 50% para el 2050 y se espera que 70% de ese aumento provenga de deforestación y transformación de humedales. En Centroamérica y el Caribe se espera una expansión de cerca del 40%, muy probablemente 80% de dicha expansión provendrá de la deforestación y los humedales.

D. El papel del gobierno en el sector agropecuario

A lo largo del presente documento se ha establecido que la agricultura es muy importante para el desarrollo económico. ¿Cuál debería ser entonces el papel del Estado en relación al sector agrícola? Una manera de responder a esta pregunta es analizando la situación y las condiciones bajo las cuales se proveen algunos de los insumos fundamentales para el adecuado desarrollo de la agricultura: la investigación, la irrigación y el mercadeo.

De acuerdo con Alston y Pardey (2014), a inicios del siglo XIX se empezó a desarrollar una forma más organizada, y con más fundamentos científicos, de agricultura. Junto con innovaciones genéticas en los cultivos, este aumento de conocimiento científico dio lugar a innovaciones en el manejo de pestes y enfermedades lo que a su vez permitió innovaciones ahorradoras de trabajo y el reemplazo de trabajo humano por molinos de viento y agua que eventualmente fueron desplazados por tractores y otras máquinas. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, la agricultura continúa siendo un sector atomizado en el cual la inversión individual en innovación no es del todo viable. Además, las demandas del sector suelen ser específicas a las características ambientales del lugar en el que serán utilizadas. Esto último hace que las posibilidades de usar una misma tecnología agrícola en distintos lugares sean limitadas.

Históricamente una proporción muy importante de las actividades de investigación y desarrollo en el área agrícola han recaído en el sector público; incluso las investigaciones del sector privado se apoyan en ciencia básica producida por universidades y centros de investigación (Timmer, 2002). A nivel mundial el gobierno sigue siendo el principal promotor de la investigación agrícola. En el 2009 a nivel mundial el sector público invirtió 35 billones de dólares mientras que las estimaciones apuntan a que en el mismo año el sector privado invirtió entre 20 y 22 billones de dólares; un tercio de la inversión, tanto pública como privada, de ese año correspondía a los Estados Unidos. Por otro lado, el gasto público de Brasil, India y China en investigación agrícola representa 31% del gasto público a nivel mundial (Alston y Pardey, 2014). En general en América Latina se ha tenido un sesgo a favor de las zonas urbanas lo cual se ha visto reflejado en muy poca inversión, tanto pública como privada, tendiente a aumentar la productividad rural (Timmer, 2002).

En lo que a los grandes proyectos de irrigación se refiere, debido a su costo y a que muchos de sus beneficios se derivan de externalidades (e.g. a la salud), estos prácticamente siempre requieren de la participación del gobierno. Para que un sistema de mercadeo rural funcione de manera eficiente es necesario que un conjunto de factores se conjuguen e integren de manera adecuada. Estos componentes incluyen accesos y caminos adecuados que comuniquen al campo con centros de recolección y venta, infraestructura de telecomunicaciones, infraestructura eléctrica, accesos a medios de transporte y a intermediarios financieros así como un sistema de reglas que permita que los contratos puedan ser escritos y sobre todo implementados a un costo bajo. El problema es más complejo pues no basta con contar con estos componentes por separado sino que es necesario que todo funcione dentro de un sistema que permita una adecuada coordinación (Timmer, 2002).

Es por consideraciones como las anteriores que el acuerdo más o menos generalizado es que se necesita una participación activa del Estado en el sector agropecuario; en la práctica los mercados no son capaces de proveer de estabilidad de precios y seguridad alimentaria ni tampoco de proteger al medio ambiente (Timmer, 2002). Valdés y Foster (2010) argumentan que si uno de los objetivos del gobierno

es el crecimiento económico acompañado de un crecimiento en el ingreso de los más pobres, entonces es recomendable invertir en bienes públicos relacionados al sector agrícola en una proporción mayor que la participación que tiene el sector en el PIB nacional. Sin embargo, es importante reconocer que a pesar de que la inversión en infraestructura por parte del sector público suele tener efectos de “*crowding-in*” respecto a la inversión privada (Timmer, 2002), la evidencia en cuanto a la efectividad de la inversión pública para inducir el crecimiento agrícola es incompleta y dependiente del contexto (De Janvry y Sadoulet, 2009).

De acuerdo con Timmer (2002) las principales políticas para promover al sector agrícola pueden dividirse en cuatro grandes rubros: i) entorno macroeconómico adecuado, ii) inversión en infraestructura rural, iii) promoción de innovación tecnológica, y iv) incentivos financieros. En general, más allá de proveer de un entorno macroeconómico apropiado, el gobierno debe proveer de bienes públicos que, como lo reconocieron Johnston y Mellor (1961), constituyen insumos fundamentales para aumentar la productividad agrícola. Entre estos están la investigación para mejorar las posibilidades de producción, los programas de educación y extensión, facilidades para proveer de insumos de mejor calidad (en especial semillas mejoradas y fertilizantes) y acceso a crédito y a opciones de mercadeo.

Además de proveer de bienes públicos tradicionales, el gobierno debe proveer asistencia a los agricultores para cumplir con los requerimientos de nuevos productos así como crear el marco institucional y regulatorio adecuado para permitir que los pequeños productores se puedan organizar y aprovechar las economías de escala (Anríquez y Stamoulis, 2007). Es importante que los pequeños agricultores se involucren directamente en los procesos de toma de decisiones sobre el uso de la tecnología agrícola y del medio ambiente por lo que es recomendable promover proyectos más descentralizados y más participativos. Las condiciones actuales, en parte como respuesta al temor de posibles crisis alimentarias, son más favorables que antes para promover el crecimiento agrícola y usarlo como una política pública que contribuya a la disminución de la pobreza (De Janvry y Sadoulet, 2009).

Por último, es importante resaltar que demasiadas políticas se diseñan sin contar con un entendimiento adecuado del contexto y funcionamiento del sector agrícola, de la economía rural en general y de sus interrelaciones con el resto de la economía (Christiaensen y Demery, 2007). En este sentido, los determinantes de la eficiencia y productividad en la producción agrícola son complejos y su importancia relativa puede variar de un lugar a otro. Por lo tanto, es fundamental que las actividades de investigación y desarrollo se den de forma descentralizada. Johnston y Mellor (1961) dicen que para diseñar una estrategia que logre aumentar la productividad agrícola en una región en particular es necesario conocer las características agrícolas de dicha región. Stiglitz (1987) va un poco más allá al reconocer que una parte importante del problema es que no existen soluciones generales, lo que funciona en un país puede no funcionar en otro. Esto se debe, en gran parte, a las circunstancias e instituciones prevalecientes en cada país. Aun cuando las recomendaciones generales pueden ser útiles no existe un sustituto para los estudios basados en agricultores representativos de las distintas áreas que existen en un país o región (Johnston y Mellor, 1961). Considerando lo anterior, para poder diseñar políticas públicas que promuevan el crecimiento en el sector agropecuario, y la disminución en la pobreza, es necesario contar con más estudios empíricos cuyo sustento sean bases de datos longitudinales a nivel hogar o agricultor.

Cuadro 1
La importancia de la agricultura

Conclusión	Evidencia	Autor
La agricultura es fundamental para la vida de millones de personas	En 2010, aproximadamente 2,600 millones de personas dependían de la agricultura	Alston y Pardey (2014)
	40% de la superficie terrestre del planeta está dedicada a la agricultura En América Latina y el Caribe la producción agrícola pasó de representar el 9% de la producción mundial al 13% en el periodo 1961-2011	Howden, <i>et al.</i> (2007) Alston y Pardey (2014)
En los últimos años se ha dado una disminución de la actividad agrícola en muchos países	Conforme la economía de un país crece, la importancia del sector agrícola disminuye	Johnston y Mellor (1961) Anriquez y Stamoulis (2007) Timmer (2002)
	En 2010 la agricultura representaba 29% del PIB de países con ingresos bajos, mientras que el 10,5% y 1,5% de los países con ingresos medios y altos	Alston y Pardey (2014)
El crecimiento del sector agrícola puede promover el crecimiento económico	La tecnología agrícola tiene incidencia directa en el desarrollo de otros sectores económicos	Cervantes-Godoy y Dewbre (2010)
	Aumentar la productividad agropecuaria contribuye al crecimiento económico, al aumentar la oferta de alimentos para consumo doméstico, el mercado de productos manufactureros y permitir una mayor captación de impuestos	Johnston y Mellor (1961)
	La agricultura puede contribuir a que una economía se acerque a su potencial tecnológico, aumenta la productividad laboral y contribuye a reducir la brecha de capital humano	Timmer (2002)
El sector agrícola es clave para lograr la seguridad alimentaria	Sin lograr el acceso a alimentos, existen limitantes para la productividad y el capital humano	Bliss y Stern (1978) Strauss (1986)
	Con alta volatilidad de precios de los alimentos, la estabilidad macroeconómica puede verse afectada mediante disminución de inversión, precios cambiantes y mayor riesgo	Timmer (2002)
El sector agrícola tiene externalidades positivas en otros sectores económicos	Existen diversos estudios empíricos sobre determinantes de la productividad agrícola y la importancia de ésta en el crecimiento económico	Valdés y Foster (2010) Gollin, Parente y Rogerson (2002)
	La expansión agrícola basada en aumentos en la productividad puede provocar crecimiento en otros sectores, generando empleo	Anriquez y Stamoulis (2007)
	Al existir conexiones entre el sector agrícola y otros sectores, puede existir un mayor desarrollo rural	Janssen y Sanint (1991)
	Estudios que analizan la gran importancia del crecimiento del sector agrícola en el crecimiento de otros sectores	Timmer (2002) Bravo-Ortega y Lederman (2005)
Relación entre crecimiento agrícola y disminución de pobreza	Canales de reducción de pobreza: aumentar el ingreso de los agricultores, reducir el precio de los alimentos y aumentar el empleo	Anriquez y Stamoulis (2007)
	El aumento en el PIB agrícola influye de manera positiva en el ingreso de la población más pobre pero el efecto depende de la región estudiada	Cervantes-Godoy y Dewbre (2010) Gallup, Radelet y Warner (1997) De Janvry y Sadoulet (2009) Thirtle, Lin y Piesse (2003) Barbier (2004)
Existe una relación estrecha entre prácticas agrícolas y conservación del medio ambiente	El crecimiento del sector agrícola aumenta el PIB mediante aumentos en la productividad de trabajo agrícola y el efecto es mayor para países más pobres	Bravo-Ortega y Lederman (2005) Hassan y Quibria (2004)
	La agricultura puede funcionar como fuente de mitigación de emisiones por distintos medios La intensificación agrícola puede tener efectos negativos por degradación de suelos y pérdida de áreas naturales	Carillo y Maietta (2014) Bravo-Ortega y Lederman (2005) Redclift (1989) Barbier (2004) Carr, Lopez y Bilsborrow (2009)
Las políticas públicas dedicadas al sector agrícola son importantes para su desarrollo	La participación activa del Estado es necesaria en el sector agropecuario con fomento a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías	Alston y Pardey (2014) Timmer (2002) Valdés y Foster (2010) De Janvry y Sadoulet (2009) Johnston y Mellor (1961) Anriquez y Stamoulis (2007) Stiglitz (1987) Christiaensen y Demery (2007)

Fuente: Elaboración propia.

II. Los efectos del cambio climático en las actividades agropecuarias

El clima es uno de los principales determinantes de la productividad agrícola (Adams, *et al.*, 1998) y debido al incremento en la concentración de gases efecto invernadero es prácticamente inevitable que se presenten cambios en el clima a los cuales la agricultura tendrá que adaptarse. Esto requerirá no sólo de cambios en el tipo y combinación o mezcla de cultivos y ganado que se producen sino también un aumento en la inversión (McCarl, 2010). Más allá de las posibilidades de adaptación se espera que el sector agrícola sea el sector que sufra los mayores efectos económicos ante el cambio climático (Fischer *et al.*, 2005; Mendelsohn, 2009). De acuerdo con el IPCC, el sector rural se verá fuertemente afectado, entre otras cosas debido a las caídas en el ingreso agrícola. Se espera que los impactos afecten de manera desproporcionada el bienestar de los pobres en zonas rurales haciendo más difícil el combate a la pobreza (Field *et al.*, 2014). Además, el cambio climático afectará la seguridad alimentaria al impactar la disponibilidad y acceso a alimentos así como la estabilidad de las reservas de alimentos y la volatilidad de los precios.

Lo anterior no quiere decir que los efectos del cambio climático serán homogéneos ni que se presentarán al mismo tiempo en todos los lugares. Es posible que en un inicio el calentamiento moderado del planeta beneficie a la producción de cultivos en las regiones templadas y perjudique a las regiones semi-áridas y tropicales. Sin embargo, si el calentamiento continua más allá de la mitad del siglo la producción en todas las regiones del planeta se verá afectada de manera negativa (Tubiello y Rosenzweig, 2008). En el caso de América Latina, se espera que la productividad se mantenga o incluso se incremente ligeramente para mediados de siglo en el sureste de América del Sur, por otro lado, en Centroamérica la productividad caerá en los próximos 15 años poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las poblaciones más pobres (Field *et al.*, 2014).

Los países en desarrollo son más vulnerables a los efectos del cambio climático que los países desarrollados. Esto se debe, entre otras cosas, a que dichos países dependen más de la agricultura, poseen menos capital para adoptar medidas de adaptación, y en muchos casos están más expuestos a la ocurrencia de eventos climáticos extremos así como a niveles de calor que actualmente ya son demasiado elevados (Fischer, *et al.*, 2005; Mendelsohn, 2009). Al interior de los países en desarrollo, los pequeños agricultores serán los más afectados dado su bajo acceso a: tecnologías, insumos, información y recursos monetarios para tomar medidas de adaptación (Birthal *et al.*, 2014).

América Latina no es una excepción a lo anterior y, a pesar de que se han dado mejoras, los niveles de pobreza en muchos países de América Latina son tales que se tiene una alta vulnerabilidad a la variabilidad climática (Margin *et al.*, 2014). Entre 2000 y 2013 los eventos climáticos extremos en América Latina trajeron como resultado 13.883 muertes y 53,8 millones de personas afectadas; las pérdidas económicas estimadas ascendieron a \$ 52 mil millones de dólares (Margin *et al.*, 2014). La agricultura en gran parte de la región es vulnerable al cambio climático e incluso un calentamiento moderado causaría daños a los cultivos en muchos de los países que la integran (Mendelsohn, 2009; Seo y Mendelsohn, 2008).

Entender los efectos económicos del cambio climático ayuda a conocer el tamaño potencial de los daños y, por lo tanto, a decidir qué tanto debería invertirse en mitigación. Por otro lado, también podría ayudar a diseñar estrategias de adaptación al proveer información de cómo, cuándo y dónde debería darse dicha adaptación (Mendelsohn, 2009). A la fecha existe una vasta literatura que aborda el tema de los efectos potenciales del cambio climático en la agricultura (Hertel y Rosch, 2010). El conocimiento científico existente es relativamente robusto en su capacidad de inferir los efectos que cambios en temperatura y precipitación tendrán en el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, es menos capaz de proveer información sobre las consecuencias del cambio climático en el ganado y en las enfermedades y pestes, así como sobre el potencial efecto fertilización del dióxido de carbono en los cultivos (McCarl, 2010). Lo mismo se puede decir sobre las formas en las que las distintas poblaciones humanas responderán a dichos efectos (Adams, *et al.*, 1998).

Cuadro 2
Agricultura y cambio climático

Conclusión	Evidencia	Autor
Las actividades agrícolas tienen gran potencial de ser afectadas negativamente por el cambio climático	El clima es un factor determinante para la productividad agrícola y por ende este es uno de los sectores más propicios a sufrir alteraciones ante el cambio climático	Adams <i>et al.</i> (1998) Fischer <i>et al.</i> (2005) Mendelsohn (2009) Tubiello y Rosenzweig (2008) Hertel y Rosch (2010) IPCC (2014)
	Como el ingreso agrícola puede caer ante el aumento de temperaturas, las zonas rurales son las que se verán más afectadas	
	Ante los posibles estragos del cambio climático, es necesario que la agricultura y las poblaciones que dependen de ella tengan mayor capacidad adaptativa	McCarl (2010) Mendelsohn (2009)
La exposición al cambio climático dependerá de la región y de las condiciones económicas dentro de los países	Los países en desarrollo son más vulnerables a los efectos del cambio climático ya que dependen más de la agricultura y experimentan mayores temperaturas	Fischer <i>et al.</i> (2005) Mendelsohn (2009)
	Dentro de los países en desarrollo como la región de América Latina, los pequeños agricultores dentro de áreas rurales serían los más afectados	Birthal (2014) IPCC (2014) Mendelsohn (2009) Seo y Mendelsohn (2008)

Fuente: Elaboración propia.

A. Modelos económicos para estimar los efectos del cambio climático en el sector agropecuario

El consenso de la mayor parte de las investigaciones existentes hasta fines de los 80 era que la producción agropecuaria, tanto en Estados Unidos como a nivel mundial, no se vería seriamente afectada por el cambio climático (Adams, 1989). En la década de los 90 aumentó la cantidad de estudios, la calidad de las proyecciones climáticas y los estudios con análisis económico. Adams *et al.* (1998) sintetizan algunos de los estudios existentes hasta ese momento. En el cuadro 1 se puede ver que el consenso de los 80 se reemplazó por una visión que ahora incluía la posibilidad de fuertes efectos negativos tanto para América del Norte como para América Latina.

Cuadro 3
Efectos del cambio climático en los rendimientos de cultivos en América

Localización	Impacto (cultivo: cambio porcentual en rendimiento)
América Latina	
Argentina	Trigo: +3 a +48% Maíz: -36 a -4% Girasol: +14 a +23% Soja: -8 a -3%
Brasil	Trigo: -50 a -15% Maíz: -25 a -2% Soja: -61 a -6%
México	Maíz: -61 a -6%
Uruguay	Cebada: -40 a -8% Trigo: -30% Maíz: -15 a 10%
América del Norte	
Canadá (Alberta, Manitoba, Saskatchewan, Ontario)	Trigo: -40 a +234%
Estados Unidos (promedio del total de EUA basado en sitios seleccionados)	Trigo: -20 a 2% Maíz: -30 a -15% Soja: -40 a +15%

Fuente: Adaptado de Adams, *et al.* (1998).

El número de trabajos enfocados a analizar los efectos económicos del cambio climático en la agricultura continuó su crecimiento y a la fecha se cuenta con una muy amplia literatura en el tema². La mayor parte de esa literatura aborda el tema desde una perspectiva predominantemente empírica; incluso los trabajos teóricos que existen en el área enfatizan la importancia de abordar el tema desde dicha perspectiva. Mendelsohn, Dinar y Sanghi (2001) proponen un modelo que busca darle fundamento teórico a la hipótesis que sugiere que a mayor nivel de desarrollo en un país menor será la sensibilidad de su sector agrícola ante cambios climáticos. Los resultados de su modelo implican que la relación entre desarrollo y sensibilidad climática depende de si el desarrollo tecnológico permite que el capital sea un complemento o un sustituto del clima. Esa es una pregunta empírica a la cual los autores responden haciendo uso de datos de Brasil, Estados Unidos e India; el desarrollo económico reduce la sensibilidad climática. Por su parte, Zilberman, *et al.* (2004) proponen un modelo sobre el efecto del cambio climático en la agricultura. En su modelo asumen que el cambio climático traerá consigo un efecto fertilización y a su vez un desplazamiento de las condiciones favorables de la agricultura que se alejará del Ecuador y se moverá hacia los polos. Su conclusión principal es que aun cuando a nivel global los efectos no sean demasiado grandes si se tendrán fuertes efectos distributivos en los que habrá ganadores y perdedores. Para los autores, entender mejor estos efectos distributivos es fundamental para que se puedan diseñar políticas públicas adecuadas; esto se logrará únicamente con más y mejor evidencia empírica sobre los efectos del cambio climático a nivel desagregado.

Entre los trabajos empíricos más destacados de los últimos 25 años están los de Adams (1988), Adams *et al.* (1990), Darwin *et al.* (1995), Deschênes y Greenstone (2007), Fisher *et al.* (2012), Kane *et al.* (1992), Mendelsohn *et al.* (1994), Rosenzweig y Parry (1994) y Schlenker *et al.* (2006). A continuación se presentan los principales resultados de estos y otros trabajos empíricos, y al mismo tiempo se describe la evolución metodológica que ha tenido el análisis de los efectos del cambio climático en la agricultura.

² En el anexo II se presenta un cuadro con una breve descripción de los trabajos teóricos o empíricos a los que se hace referencia tanto en esta sección como en la sección V de este documento.

B. Resultados principales y evolución de los métodos de estimación

Adams *et al.* (1988) y Adams *et al.* (1990) representan el resultado de uno de los primeros esfuerzos por analizar desde el punto de vista económico los efectos potenciales del cambio climático en la agricultura de Estados Unidos. Adams *et al.* (1988) utilizan estimaciones de modelos experimentales de cultivos, junto con modelos de programación matemática, para analizar las posibles implicaciones económicas del cambio climático en la agricultura bajo irrigación en el oeste de los Estados Unidos. Los autores encuentran efectos económicos moderados pero que podrían cambiar la estructura de la agricultura en esa región. Adams *et al.* (1990) realizan un estudio similar pero para todo Estados Unidos. Al ser uno de los primeros estudios de este tipo a escala nacional los autores hacen mucho énfasis en el hecho de que los efectos dependen fuertemente del modelo climático utilizado y de los supuestos respecto al efecto fertilización del CO₂; los efectos que encuentran van desde una pérdida de 10.000 millones de dólares anuales hasta una ganancia de casi 11.000 millones de dólares. Concluyen que la cantidad de tierra bajo irrigación se expandirá y que los patrones regionales de la agricultura se verán modificados.

Uno de los primeros análisis de los efectos del cambio climático en la agricultura a nivel mundial fue realizado por Kane, Reilly y Tobey (1992). Ellos argumentan que en una economía abierta no se puede considerar el efecto del cambio climático en un país en particular sin tomar en cuenta lo que sucede en el resto del mundo. Esto se debe a que los cambios del clima son un fenómeno global que afecta los precios agrícolas mundiales a través de los mercados internacionales. Por lo tanto, no se pueden utilizar únicamente estimaciones de cambios a nivel país para inferir los efectos económicos del cambio climático en los productores y consumidores agrícolas. El modelo que utilizan se conoce como SWOPSIM (Static World Policy Simulation). Este modelo desagrega al mundo en 13 regiones/países y 20 bienes agropecuarios. Es un modelo estático y de equilibrio parcial, por ende no incorpora los efectos en otros sectores ni permite cambios en la tecnología, la población u otras variables. Los resultados son una fotografía de lo que sucedería con la agricultura a nivel mundial dada la tecnología, estructura de producción y condiciones de demanda. Los cambios climáticos se introducen como aumentos/disminuciones exógenos en la producción de países o regiones específicas. Entre sus resultados destaca el hecho de que incluso en el escenario más pesimista el efecto neto en bienestar a nivel mundial, aunque negativo, es muy pequeño; 0,47% del PIB. Más allá de China ningún país/región sufre pérdidas de bienestar por arriba del 1% del PIB.

Por su parte, Rosenzweig y Parry (1994) utilizan un modelo de equilibrio general conocido como sistema básico conectado (BLS, Basic Linked System) para analizar los efectos del cambio climático en la oferta de alimentos a nivel mundial. Sus resultados muestran caídas del 1 al 8 por ciento en la producción mundial de cereales y aumentos en los precios de 24 a 145 por ciento. Otro análisis a nivel mundial es el de Darwin *et al.* (1995). Ellos utilizan un modelo de equilibrio general computable (CGE, Computable General Equilibrium) y encuentran que los efectos en la producción mundial de alimentos serán aún menores de lo que otros estudios globales habían encontrado. Para el caso específico de los cereales ellos incluso predicen aumentos moderados en la producción mundial. Sin embargo, reconocen que los beneficios y los costos del cambio climático no se distribuirán de manera homogénea a lo largo del planeta.

En 1994 se publicó un artículo de Mendelsohn, Nordhaus y Shaw que ha tenido un enorme impacto en la medición de los efectos económicos del cambio climático en la agricultura. Esto se debe tanto a la metodología que propusieron (el modelo Ricardiano), y la crítica que suscitó, como al hecho de que el artículo contribuyó a que el énfasis del análisis se pusiera en los efectos a nivel nacional o sub-nacional en lugar de a nivel regional o global.

Mendelsohn *et al.* (1994) propusieron el modelo Ricardiano como una alternativa al método de funciones de producción que hasta ese momento era el enfoque más utilizado. Los modelos de función producción se basan en métodos estadísticos que estiman la relación entre producción y variables climáticas o en métodos experimentales calibrados con los resultados de cultivos que crecen en laboratorios bajo condiciones controladas. Esta información se utiliza en un modelo económico de simulación para predecir, entre otras cosas, el rendimiento neto de los cultivos ante variaciones climáticas.

El argumento central de Mendelsohn *et al.* (1994) es que el método de función producción tiende a sobreestimar los efectos del cambio climático pues no incorpora de manera adecuada la adaptación por parte de los agricultores; sus resultados para Estados Unidos mostraron efectos considerablemente menores (incluso positivos en algunos escenarios) que los obtenidos con el método de funciones de producción.

La capacidad del modelo Ricardiano de tomar en cuenta las posibilidades de adaptación lo ha convertido en el modelo más utilizado desde entonces para realizar análisis económicos sobre los efectos del cambio climático en la agricultura. El modelo Ricardiano es visto por muchos autores como un punto intermedio entre los modelos que usan funciones de producción agronómicas que no capturan del todo las posibilidades de adaptación y los modelos de equilibrio general computable que son apropiados únicamente para análisis muy agregados del sector agropecuario (Schlenker, *et al.* 2006).

Para respaldar el argumento de que los análisis basados en métodos experimentales tienden a sobreestimar los efectos del cambio climático, Mendelsohn y Schlesinger (1999) comparan, para una serie de sectores (agrícola, pesquero, energético y agua), los resultados de funciones de respuesta climática estimados por medio de métodos experimentales con los resultados que se obtienen al utilizar estimaciones econométricas de sección cruzada. Sus resultados muestran que los efectos son mayores cuando se utiliza el método experimental y los autores argumentan que esto se debe a que dicho método no permite la adaptación de los agricultores ante el cambio climático. Sin embargo, reconocen que dicho método tiene como atractivo la posibilidad de evitar que se tenga variación no controlada (por ejemplo por calidad de la tierra o de los insumos, o habilidad del agricultor) lo cual no puede hacerse de manera perfecta en un análisis con datos de sección cruzada.

Una crítica de Reilly (1999) al enfoque Ricardiano es que éste representa, en el mejor de los casos, un equilibrio de largo plazo y no da mucha información de cómo se llega a él. El equilibrio de largo plazo asume que los agricultores pueden conocer e interpretar de manera adecuada cambios en los patrones climáticos. Dada la enorme variabilidad que puede tener el clima de un año a otro, una pregunta crucial que, para Reilly (1999), el modelo Ricardiano no logra responder es: ¿qué tan hábiles son los agentes para detectar y adaptarse de manera exitosa al cambio climático? De manera similar, Adams *et al.* (1998) critican los modelos Ricardianos por asumir que los agricultores saben automáticamente cómo y cuándo responder a los cambios climáticos. Mendelsohn (2009) reconoce que el modelo Ricardiano no es un análisis dinámico sino de estática comparativa que asume que los agricultores ajustan sus insumos y prácticas agrícolas para tomar ventaja de las condiciones, incluyendo el clima, que rodean a la granja.

Schlenker *et al.* (2005) critican los resultados a los que llegan Mendelsohn *et al.* (1994) argumentando que el modelo Ricardiano tiene una fuerte debilidad en lo que a la modelación de la irrigación se refiere. Explican que Mendelsohn *et al.* (1994) asumen que, por ejemplo, si Iowa tuviera el mismo clima que California entonces tendría también la misma disponibilidad y arreglo institucional en términos de oferta de agua para irrigación. Para Schlenker *et al.* (2005), los efectos del cambio climático en tierras irrigadas deben ser modelados de manera independiente de los efectos en tierras no-irrigadas. De acuerdo con sus estimaciones agrupar ambos tipos de tierra en una estimación de tipo Ricardiano es inadecuado, por lo tanto, estiman un modelo de efecto de cambio climático utilizando únicamente el valor de la tierra no-irrigada. Estiman una pérdida de entre 5.000 y 5.300 millones de dólares en los beneficios anuales, lo cual contrasta con los efectos encontrados por Mendelsohn (1994) que en algunos escenarios incluso eran positivos.

Schlenker *et al.* (2006) proponen una serie de modificaciones al modelo Ricardiano entre las que destacan el uso de días-grado (*degree-days*) así como la posibilidad de correlación espacial de los errores. Además, restringen su análisis a una muestra de condados de Estados Unidos donde es posible practicar la agricultura sin necesidad de irrigación. El concepto de días-grado se basa en la literatura agronómica que dice que lo importante para explicar el crecimiento de los cultivos no es la temperatura promedio en un mes sino el número de días que la temperatura se encuentra en un rango adecuado. En su análisis, un día-grado es un día para el cual la temperatura se encontró dentro del rango de 8 y 32°C. Sus resultados muestran que el efecto del cambio climático podría implicar una pérdida de entre el 10%

y el 25% del valor de la tierra. En un estudio subsecuente, Schlenker y Roberts (2009) utilizan datos de temperatura con un alto nivel de desagregación (variación durante el día y para todos los días de la temporada agrícola) para medir el efecto del cambio climático en el rendimiento de algodón, maíz y soya en Estados Unidos; encuentran efectos negativos de entre 30% y 46% para el escenario climático más moderado y de entre 63% y 82% para el más extremo (Hadley III).

Deschenes y Greenstone (2007) critican el enfoque hedónico o método Ricardiano por ser demasiado sensible a pequeños cambios de especificación. Argumentan que el modelo sufre de un problema de variables omitidas y que el sesgo que eso genera explica, en gran medida, el efecto negativo del clima en la agricultura. Para mostrar su punto replican el análisis de Schenkler *et al.* (2005) y estiman de nuevo los efectos modificando algunos de los supuestos de la regresión; concluyen que el método Ricardiano no produce resultados robustos. Como solución a este problema proponen un método alternativo basado en un análisis de efectos fijos, en lugar del análisis de sección cruzada característico del modelo Ricardiano, donde en lugar de usar valor de la tierra se usa rentabilidad agrícola. Sus resultados indican que el cambio climático producirá, en Estados Unidos, un aumento (no estadísticamente significativo) en la rentabilidad agrícola de 1.300 millones de dólares al año.

La diferencia tan marcada entre los resultados reportados por Schenkler *et al.* (2005) y los de Deschenes y Greenstone (2007) generaron un amplio debate en la literatura, no sólo por curiosidad científica o intelectual sino por las implicaciones de política pública que tiene un resultado de efecto negativo contra el de uno positivo. Gran parte del debate se resolvió cuando Fisher *et al.* (2012) reportaron que el efecto positivo que Deschenes y Greenstone (2007) encontraron se debió en gran medida a un error en el manejo de los datos por parte de estos últimos. Deschenes y Greenstone (2012) reconocen la existencia de esos errores y reportan que cuando los corrigen sus resultados pasan de un incremento, estadísticamente no significativo, de 1.300 millones de dólares en los ingresos netos anuales del sector agrícola a una disminución, estadísticamente significativa, de 4.500 millones de dólares anuales; cuando utilizan un modelo climático más reciente las pérdidas estimadas son de 9.900 millones. De este modo, aunque persisten las dudas sobre la validez de las diferentes estrategias de estimación, sobre todo en lo que se refiere a la capacidad de los distintos modelos para controlar por heterogeneidad no-observada, la evidencia empírica apunta a que los efectos del cambio climático en la agricultura de Estados Unidos no sólo serán negativos sino que incluso podrían ser considerables.

Otra crítica al modelo Ricardiano tiene que ver con el uso de variables demasiado agregadas. Hanemann y Dale (2006) utilizan un análisis para California para concluir que cuando las variables climáticas se promedian de manera excesiva, ya sea a nivel temporal, espacial o sectorial, los daños del cambio climático se tienden a sub-estimar. Tomando como ejemplo el caso de la temperatura dicen que la mayor parte de los estudios se centran en cambios en la temperatura promedio, sin embargo, la temperatura varía de manera espacial y un cambio en la temperatura en un momento específico del tiempo, en un escenario dado, en un lugar específico, puede ser muy distinto del cambio en otro lugar. Si los efectos del cambio climático fueran lineales en el grado de calentamiento entonces la variación temporal y espacial sería menos importante. Sin embargo, muchos de los efectos son no-lineales y son una función convexa del nivel de calentamiento: existen umbrales y los daños aumentan de manera desproporcionada conforme el umbral se traspasa. Por lo tanto, es muy probable que los daños se subestimen cuando se ignora la variación temporal y espacial y se usa, por ejemplo, la temperatura promedio. Otra práctica importante que se debería evitar es la de tratar a unidades económicas como si fueran homogéneas y caracterizaran a un “agente representativo.” Esto también puede llevar a subestimaciones debido a la no-linealidad de la función de daños.

Como se mencionó antes, uno de los problemas con el modelo Ricardiano es que no considera de manera adecuada la irrigación. Una solución que varios autores han utilizado (e.g., Schlenker, *et al.*, 2005) es estimar una ecuación para tierra irrigada y otra para tierra no irrigada, el problema es que se asume que la irrigación es algo exógeno. Para resolverlo Kurukulasuyira *et al.* (2011) realizaron la primera estimación en la que la endogeneidad de la irrigación es modelada de manera explícita. Sus resultados, para 11 países en África, muestran que la irrigación es efectivamente una decisión que se ve afectada por variables climáticas por lo que los modelos que no corrigen por la endogeneidad de la irrigación están sesgados.

En lo que al desempeño de distintos enfoques econométricos se refiere Lobell y Burke (2010) analizan los tres métodos econométricos que más comúnmente se utilizan para estimar la relación entre variables climáticas y producción agrícola: series de tiempo, datos panel y sección cruzada. Utilizan un modelo calibrado con el método experimental para simular series de producción de maíz en casi 200 sitios en el África Sub-Sahariana, después estiman los tres modelos econométricos y comparan su comportamiento. Entre las conclusiones que encuentran destaca que los modelos econométricos son una herramienta valiosa que efectivamente logra capturar aspectos importantes de la relación entre temperatura, precipitación y producción. Los métodos de series de tiempo parecen mejores para estimar la respuesta a la precipitación, mientras que los de datos panel y sección cruzada son mejores estimando el efecto de la temperatura. Por su parte Seo (2008) utiliza datos de América del Sur (Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, Chile, Uruguay y Venezuela) para estimar dos modelos con estructura espacial (rezagos espaciales y errores espaciales) y dos sin estructura espacial (mínimos cuadrados ordinarios y datos panel). Sus resultados muestran que existe una fuerte correlación espacial en los valores de la tierra, por lo tanto, los modelos espaciales llevan a la estimación de efectos sustancialmente distintos (menores) que los modelos que no incluyen consideraciones espaciales.

Por último, es importante mencionar que hasta el momento existen muy pocos estudios que incorporen explícitamente el efecto fertilización del dióxido de carbono en sus análisis; la hipótesis es que una atmósfera enriquecida con carbono promoverá el crecimiento de las plantas. La realidad es que aún existe mucha incertidumbre sobre qué tanto se pueden beneficiar los cultivos de dicho efecto (Wang, *et al.*, 2014). Esto se debe en gran parte a que no es fácil alterar de manera experimental los niveles de CO₂ a los que está expuesto un cultivo en el campo. Evidencia reciente muestra que las estimaciones con las que se contaba hasta hace unos años pueden haber sobreestimado fuertemente el efecto fertilización, incluso es posible que para cultivos como la caña de azúcar, el maíz y el sorgo el efecto sea insignificante (Long *et al.*, 2006).

C. Efectos del cambio climático en la ganadería

Existe evidencia científica que muestra que la producción ganadera se ve afectada por las condiciones climáticas debido a que: i) la temperatura del aire, la humedad y la velocidad del viento afectan el apetito y crecimiento de los animales, la producción de leche y lana y la reproducción; ii) la temperatura y la precipitación afectan la cantidad y calidad de los pastizales y forrajes así como la severidad y distribución de las enfermedades y parásitos (Adams, *et al.* 1998; Seo, *et al.*, 2010).

A pesar de lo anterior la mayor parte de la literatura se ha centrado en los efectos del cambio climático en los cultivos y muy poco en la ganadería. Entre la evidencia existente se tienen resultados que muestran que tanto en África como en América Latina la ganadería es altamente sensible al clima (Seo, *et al.*, 2010). Dichos autores estiman un modelo logit multinomial para analizar cómo se podría ver afectada la ganadería en América del Sur ante cambios en el clima. Sus resultados muestran que la cría de ganado bovino es altamente sensible al clima por lo que ante climas más secos y cálidos se espera una disminución en dicho ganado, acompañado de un incremento de ganado ovino. Para el caso de India Birthal *et al.* (2014) muestran que aumentos en la temperatura afectarán negativamente el crecimiento del ganado.

D. Resultados para América Latina y el Caribe

En uno de los primeros estudios para América Latina, Jones y Thornton (2003) analizan los efectos que el cambio climático podría tener en la producción de maíz en el año 2055 (sus estimaciones incluyen también a África). Sus resultados, basados en un modelo de simulación en el que las predicciones de lluvia se obtienen de un modelo de Markov, muestran una reducción agregada de 10% en la producción. Esta pérdida no es demasiado significativa si se considera que en el modelo no se incorpora la posibilidad de innovación tecnológica, ni ningún otro tipo de adaptación. Sin embargo, los autores

advierten que el efecto agregado oculta una gran variación entre regiones, la cual puede verse de manera clara en los mapas generados por los autores. En algunas zonas la reducción puede incluso superar una tonelada por hectárea lo cual sin duda tendría repercusiones importantes. Por último, los autores resaltan el hecho de que el maíz es un cultivo muy tolerante a las temperaturas elevadas así es que es posible que los efectos para otros cultivos menos tolerantes sean mucho mayores.

Entre el 2003 y el 2004 un proyecto del Banco Mundial recolectó datos de una muestra de más de 2.200 granjas en 7 países de América Latina (Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Uruguay y Venezuela). A continuación se describen una serie de artículos que han utilizado dichos datos para analizar, por medio de distintas variantes del modelo Ricardiano, los efectos del cambio climático en el sector agrícola.

El primero de ellos es el de Seo y Mendelsohn (2007) quienes encuentran que tanto el valor de la tierra como los ingresos netos reaccionan de manera negativa ante distintos escenarios de cambio climático. Es importante mencionar que en las estimaciones se toman en cuenta no sólo cultivos sino también ganado. Por su parte, Seo y Mendelsohn (2008) analizan el efecto que el clima tiene en la decisión de la elección que los agricultores hacen sobre el cultivo principal que sembrarán. Sus resultados muestran que aumentos en el clima hacen que los agricultores se muevan del maíz, trigo y papa a calabaza, frutas y vegetales. Seo (2010) estima un modelo microeconómico en dos etapas para entender el efecto que el cambio climático tiene tanto en la decisión del tipo de sistema que empleará el agricultor como en el valor de la tierra. En una primera etapa se modela la decisión del agricultor respecto al tipo de sistema que manejará: exclusivamente cultivos, exclusivamente ganado o un sistema mixto. Una vez que se corrige por este sesgo de selección se estiman los valores de la tierra. Utilizando distintos escenarios climáticos, el autor encuentra que los efectos negativos en el valor de la tierra van del 4% al 8%, sin embargo, si los agricultores no se adaptaran, es decir, si no tuvieran la opción de cambiar su sistema de producción, los efectos negativos estarían de entre el 11% y el 18%. En ese mismo trabajo se hace una comparación entre las estimaciones realizadas mediante tres modelos: modelo en dos etapas que permite adaptación, un modelo Ricardiano simple y un modelo Ricardiano espacial. Los resultados del modelo en dos etapas son muy similares a los del modelo espacial; ambos arrojan efectos negativos considerablemente menores que el enfoque Ricardiano simple. Por último, Seo *et al.* (2010) analizan la decisión de los agricultores sobre el tipo de ganado que crían dependiendo de las características climáticas prevalecientes en sus tierras. La decisión sobre cuál de cinco tipos de animal (reses para carne, reses para leche, cerdos, ovejas y pollos) será el predominante se modela por medio de un logit multinomial. Los resultados muestran que ante aumentos en la temperatura la probabilidad de que un hogar decida tener ovejas aumenta en 7% mientras que la probabilidad de que tenga cualquier otro tipo de animal disminuye; la disminución mayor se da en las reses para carne cuya probabilidad cae en 3,2%.

Más allá de los estudios que analizan los datos obtenidos por el Banco Mundial existen una serie de estudios para distintos países de América Latina. Entre esos está el de Timmins (2006) para Brasil, en el que se utiliza un modelo estructural de uso endógeno del suelo que permite predecir los efectos del cambio climático tanto en un escenario de cero costos de ajuste como en uno en donde los costos de ajuste son tan altos que los individuos no cambian su comportamiento en respuesta al cambio climático. El autor propone resolver el problema de endogeneidad mediante el uso de variables instrumentales, específicamente mediante el uso de variables que afectan el valor de la tierra en usos alternativos al estudiado. Sus resultados muestran que los efectos del cambio climático son menos negativos de lo que el modelo Ricardiano tradicional predice. Otro estudio para Brasil es el de da Cunha *et al.* (2014), quienes realizaron una de las pocas estimaciones econométricas en las que explícitamente se modela la decisión de adopción de irrigación para un país de América Latina; encuentran que ante variaciones climáticas el valor de la tierra irrigada es más estable que el de la no-irrigada. Por su parte, Galindo *et al.* (2015) estiman un modelo Ricardiano estructural en el que la elección de cultivos es endógena. De acuerdo con sus estimaciones, basadas en una muestra de más 100.000 productores en Perú, la elección de cultivos podría alterarse de manera importante en respuesta al cambio climático (e.g., menos siembra de papa y más siembra de maíz y plátano). El efecto estimado en el ingreso de los productores, una vez que se toma en cuenta el cambio en la mezcla de cultivos, es de entre -8 y -13%.

Mendelsohn, *et al.* (2010) utilizan el enfoque Ricardiano para analizar los efectos potenciales del cambio climático en el valor de la tierra de los pequeños agricultores en México. Encuentran que el país enfrentaría cuantiosas pérdidas que pueden rebasar incluso el 50% del valor de la tierra. Galindo *et al.*, (2015) encuentran efectos negativos cuya magnitud es comparable a lo encontrado por Mendelsohn *et al.* (2010). Sin embargo, su análisis, basado en un panel de datos para 2.431 municipios de México en el periodo 2003-2009, incluye la presencia de eventos climáticos extremos además de distinguir entre tierras irrigadas, de temporal y mixtas. Al hacer esto los autores muestran que los efectos son heterogéneos; las tierras irrigadas son más vulnerables a los aumentos en temperatura mientras que las de temporal lo son a disminuciones en precipitación y a la presencia de eventos extremos.

Por su parte, Ponce, *et al.* (2014) analizan los efectos del cambio climático en el sector agrícola chileno utilizando un modelo matemático de programación conocido como Programación Matemática Positiva (Howitt, 1995) el cual hace uso de simulaciones de Monte Carlo para tomar en cuenta la incertidumbre. Sus resultados muestran que los productores de frutas serán afectados mucho más que los productores de granos.

En el 2010 la CEPAL realizó una serie de documentos sobre los efectos del cambio climático en los países de Centroamérica. En dichos estudios se siguió tanto un enfoque de funciones producción como una estimación de modelos Ricardianos. En el cuadro 4 se muestran los efectos que cambios en la temperatura y la precipitación pueden tener en el valor de la tierra de los distintos países. En todos los casos un aumento en la temperatura deriva en una disminución en el valor de la tierra. Para todos los países, con excepción de Guatemala, un aumento en la precipitación implica una disminución en el valor de la tierra. Haciendo uso de las estimaciones obtenidas con los modelos Ricardianos, así como de modelos de cambio climático se simuló los efectos potenciales del cambio climático en distintos horizontes temporales.

Cuadro 4
Efectos del cambio climático en el valor de la tierra

Autor	País	Escenario	Efecto Ricardiano
Mora, Ramírez, Ordaz, Acosta y Serna (2010)	Guatemala	Incremento de 1°C en la temperatura media anual	Renta de la tierra por hectárea disminuye en 5,8 dólares (5% de la renta promedio de tierra)
		Incremento de una unidad adicional en la precipitación acumulada anual	Aumento aproximado de 20 centavos de dólar
Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna (2010)	Costa Rica	Incremento de 1°C en la temperatura media anual	Ingreso por alquiler de la propiedad disminuye cerca de 2 dólares
		Incremento de una unidad adicional en la precipitación acumulada anual	Disminución promedio de 1,3 centavos de dólar
		Aumento en 100 mm de la precipitación acumulada anual	Disminución de 1 dólar por ingreso al alquiler de la propiedad (1,8% del ingreso promedio)
Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna (2010)	El Salvador	Incremento de 1°C en la temperatura media anual	Ingreso por alquiler de la propiedad disminuye en 46 centavos de dólar (2% de la ganancia mensual por alquiler de propiedad)
		Incremento de una unidad adicional en la precipitación acumulada	Disminución aproximada de 19 centavos de dólar
		Aumento 10 mm de la precipitación acumulada anual	Disminución de 2 dólares en el ingreso por alquiler de propiedad (8% del ingreso promedio)
Mora, Ramírez, Ordaz, Acosta y Serna (2010)	Panamá	Incremento de 1°C en la temperatura media anual	Valor de venta de la finca o parcela disminuye en 7,15 dólares (24% del valor promedio de venta de la finca)
		Incremento de una unidad adicional en la precipitación acumulada anual.	Disminución promedio de 5,2 dólares

Cuadro 4 (conclusión)

Autor	País	Escenario	Efecto Ricardiano
Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta y Serna (2010)	Nicaragua	Incremento de 1°C en la temperatura media anual	El valor contingente de la renta de la tierra disminuye en 2,20 dólares (5% del valor contingente de la renta de tierra)
		Incremento de una unidad adicional en la precipitación acumulada anual	Disminución aproximada de 1,3 centavos de dólares
		Aumento de 100 mm de precipitación acumulada anual	Disminución de un dólar en el valor
Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna (2010)	Honduras	Incremento de 1°C de la temperatura media	Disminución de las ganancias agrícolas mensuales promedio de 1,7 dólares (1% del ingreso promedio pero 23% de hogares con menos ingresos)
		Incremento en una unidad de precipitación acumulada anual	Disminución de 2 centavos de dólar
		Aumento de 10 mm en la precipitación acumulada anual	Reducción del 0,1% del ingreso mensual, 3% para los hogares más pobres

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 5 muestra un resumen de los resultados presentados en los distintos reportes. Como se puede apreciar, las estimaciones sobre los efectos del cambio climático en la agricultura de los países de Centroamérica muestran efectos negativos en prácticamente todos los escenarios y horizontes temporales. Los resultados de las simulaciones indican que Belice podría ser el país más afectado de la región. En el anexo III se incluye una descripción detallada sobre la metodología general que se utilizó en cada uno de estos reportes así como un breve resumen de sus características y principales resultados. En el cuadro 6 se presentan resultados de un conjunto de estudios que CEPAL realizó en el 2011 para algunos países del Caribe. Se puede ver que el cambio climático tendría impactos negativos en la mayor parte de los cultivos. En el anexo IV se presenta un breve resumen de cada uno de los cuatro estudios.

Cuadro 5
Efectos del cambio climático en la agricultura ante diferentes escenarios

Autor	País	Efecto económico de cambios en precipitación y temperatura (2020-2100) en producción agropecuaria (Porcentaje del PIB de 2007)				
		2020	2030	2050	2070	2100
Mora, Ramírez, Ordaz, Acosta y Serna (2010)	Guatemala	(-0.03,0.45)	(0.02,0.78)	(-1.30,1.01)	(-4.83,0.37)	(-18.77,-0.45)
Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna (2010)	Costa Rica	(-1.22,-0.14)	(-2.08,-0.44)	(-3.51,-1.46)	(-5.87,-2.56)	(-11.86,-3.67)
Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna (2010)	El Salvador	(-1.08,-0.91)	(-2.06,-1.29)	(-2.62,-1.66)	(-3.22,-1.91)	(-7.99,-2.27)
Mora, Ramírez, Ordaz, Acosta y Serna (2010)	Panamá	(-4.01,-1.48)	(-5.52,-2.46)	(-10.04,-4.26)	(-13.25,-5.86)	(-19.42,-7.61)
Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta y Serna (2010)	Nicaragua	(-3.37,-0.38)	(-5.22,-2.04)	(-8.58,-2.25)	(-11.66,-2.63)	(-22.48,-2.96)
Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna (2010)	Honduras	(-2.30,-1.02)	(-4.00,-2.08)	(-7.69,-2.76)	(-10.94,3.30)	(-18.60,-3.87)
Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta y Serna (2010)	Belice	(-6.42,-0.94)	(-12.25,-3.84)	(-16.78,-4.93)	(-21.40,-6.09)	(-34.50,-7.20)

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los autores reportan el cambio para distintas tasas de descuento para los escenarios A2 y B2, aquí se presenta únicamente un resumen de dichos resultados.

Cuadro 6
Efectos del cambio climático en la producción de cultivos

Autor	País	Producción de cultivos	Pesquerías
Witter (2011)	Jamaica	Caña de azúcar: para la producción óptima, la lluvia en la temporada de cultivo debe ser mayor o igual a la mínima de 189,93 mm por mes. La desviación fuera de la temperatura media tiene efectos negativos en la caña de azúcar. Aumentos en la temperatura promedio de 29,43°C tienen impacto negativo en los rendimientos, disminución debajo del promedio aumenta los rendimientos Cebollines: la precipitación óptima es 176,1 mm por mes y temperatura mínima óptima de 29,5°C al mes Camote: precipitación mínima de 192 mm por mes, temperatura óptima de 29,6°C. Los rendimientos responden positivamente a las lluvias pero existe una temperatura máxima en la cual los rendimientos varían	
Kirton (2011)	Guyana	Arroz: la temperatura óptima para arroz es 27,4°C, por cada aumento de 0,1°C, la producción cae 6,7% Caña de azúcar: Si la temperatura aumenta 1°C, la producción de azúcar cae en 5%	Aumento en la precipitación promedio de 0,1 metros se asocia con una disminución de 1,3% de producción pesquera
Hutchinson (2011)	Santa Lucía	Plátano: el promedio de precipitación mensual es 128,87 mm, que es menor al óptimo; se espera que un aumento en la precipitación tenga efectos positivos en la producción de plátano. Temperaturas mayores a 27,05°C afectarían negativamente la producción de plátano	
Hutchinson (2011)	Trinidad y Tabago	Tubérculos: la precipitación promedio anual es de 1998 mm que es mayor a la óptima para la producción de tubérculos. Aumentos en la precipitación pueden tener efectos negativos en la producción de estos cultivos. La temperatura promedio de 1995 a 2008 está cercana a la óptima, aumento de la temperatura tendrá efectos positivos para algunos de estos cultivos	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7
Estimación de los efectos del cambio climático en la agricultura

Conclusión	Evidencia	Autores
El cambio climático puede tener efectos en la agricultura de manera agregada (a nivel global o país)	Existe una relación entre el nivel de desarrollo de un país y la sensibilidad climática y ésta depende de la interacción entre tecnología y clima	Mendelsohn, Dinar y Shanghai (2001)
	La relación del país con el sistema internacional es importante de considerar al analizar el efecto del cambio climático en el precio de los alimentos, producción agrícola y adopción de tecnologías. Por lo tanto, existirán efectos diferenciados, a nivel nacional y regional, del cambio climático	Kane, Reilly y Tobey (1992) Rosenzweig y Parry (1994) Darwin <i>et al.</i> (1995)
Para analizar el efecto del cambio climático es necesario incorporar la posible adaptación de los agricultores ante choques en la producción	Para estimar el rendimiento neto de los cultivos ante variaciones climáticas sin sobrestimar el efecto del cambio climático se propone el modelo Ricardiano	Mendelsohn (1994) Schlenker (2006) Mendelsohn y Schlesinger (1999)
	Aunque el enfoque Ricardiano ayuda a estimar la variabilidad del clima y la respuesta del sector agrícola, no permite realizar un análisis de los determinantes de adaptación de los agentes	Reilly (1999) Adams <i>et al.</i> (1998) Schlenker (2005)
Aunque el modelo Ricardiano es uno de los más adecuados para analizar los efectos del cambio climático en la agricultura algunos problemas de estimación persisten	Modificaciones al modelo Ricardiano para corregir correlación espacial de los errores y restricciones de la muestra son necesarias para aislar el efecto de la temperatura en la agricultura	Schlenker <i>et al.</i> (2006)
	El modelo Ricardiano es muy sensible a cambios de especificación y puede tener sesgo de variables omitidas. Ante eso se propone un análisis de efectos fijos	Deschenes y Greenstone (2007)
	Los análisis pueden ser más robustos al considerar únicamente ciertas regiones o niveles más locales que permiten incorporar variaciones espaciales específicas	Hanemann y Dale (2006)

Cuadro 7 (conclusión)

Conclusión	Evidencia	Autores
	El modelo Ricardiano no hace diferencias en insumos tecnológicos, deben incorporarse estas diferencias para analizar de mejor manera el impacto de la temperatura en la agricultura	Schlenker <i>et al.</i> (2005) Kurukulasuyira (2011)
Un aspecto menos documentado pero muy importante es que la producción ganadera también se vería afectada ante cambios en la temperatura	Cambios en la temperatura afectan el apetito y crecimiento de los animales así como los alimentos de los animales En África y América Latina la ganadería es muy sensible al clima	Adams <i>et al.</i> (1998) Seo <i>et al.</i> (2010) Seo <i>et al.</i> (2010)
Los efectos del cambio climático en América Latina pueden ser muy diferentes dependiendo de la región, el cultivo estudiado y el análisis realizado	El efecto del aumento de las temperaturas depende del cultivo y la tecnología utilizada en las regiones de América Latina El valor de la tierra y los ingresos agrícolas se comportan de manera distinta dependiendo el escenario de cambio climático El cambio climático afecta las decisiones productivas de los agricultores y la tecnología empleada	Jones y Thornton (2003) Mendelsohn (2009) Ponce <i>et al.</i> (2014) Seo y Mendelsohn (2007) Seo (2010)

Fuente: Elaboración propia.

III. Adaptación de las actividades agropecuarias al cambio climático

La concentración de gases efecto invernadero ha alcanzado niveles tales que el sector agrícola se verá forzado a tomar medidas para adaptarse al cambio climático (Howden, *et al.*, 2007). La adaptación al cambio climático se puede definir como el rango de acciones que se toman en respuesta a cambios en las condiciones climáticas locales o regionales (Smit *et al.*, 2000). La adaptación no es algo nuevo, a lo largo de la historia los humanos han adaptado sus prácticas agrícolas para responder a condiciones económicas, sociales y ambientales cambiantes (Kurukulasuriya y Rosenthal, 2003). La diferencia principal es que ahora las condiciones climáticas están cambiando a una velocidad relativamente elevada y, por lo tanto, no queda claro que tan rápido se podrán adaptar los agricultores a dichos cambios (Jones *et al.*, 2012).

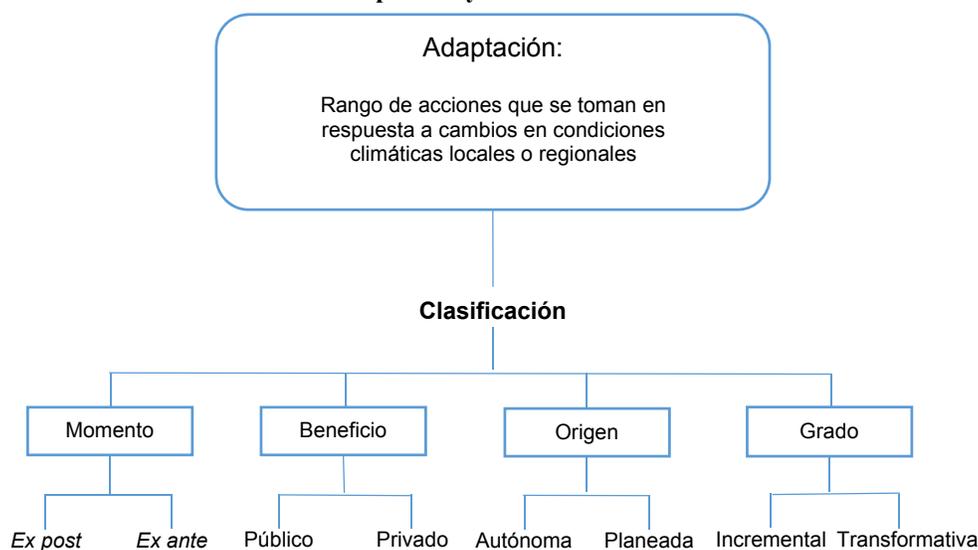
En varias partes del mundo los agricultores han comenzado a implementar algunas medidas de adaptación de bajo costo (e.g., modificar las fechas de inicio de siembra o cambiar a otra variedad o tipo de cultivo). Sin embargo, es muy probable que esas medidas sean efectivas únicamente ante aumentos bajos de temperatura (Asafu-Adjaye, 2014). Lo que es más, se espera que esas adaptaciones voluntarias no sean suficientes para hacer frente al cambio climático y, por lo tanto, será necesaria la aplicación de medidas de adaptación planeada que incluyan componentes locales, regionales, nacionales e incluso internacionales (Howden *et al.*, 2007). Las medidas que pueden tener los mayores efectos (e.g., la expansión de la irrigación o el desarrollo de nuevas variedades de cultivos) implican, por lo general, costos elevados (Lobell *et al.*, 2008). Las medidas de adaptación más efectivas requerirán de un esfuerzo interdisciplinario en el que participen, entre otros, agrónomos, economistas, ingenieros, geógrafos, ecólogos, especialistas en desarrollo y climatólogos (McCarl, 2010).

A. Clasificación de las medidas de adaptación

Existen distintas formas de clasificar a las medidas de adaptación al cambio climático. Cuando las medidas son reactivas se habla de medidas *ex-post*, mientras que aquellas que se anticipan a los eventos se conocen como *ex-ante*. Las medidas de adaptación pueden tener beneficios únicamente para el individuo que toma la decisión (medidas privadas) o pueden tener beneficios para un conjunto de individuos o agentes más allá del tomador de decisiones (medidas públicas). Dependiendo de su origen la adaptación puede clasificarse también como autónoma o planeada. La adaptación autónoma se refiere a acciones tomadas voluntariamente por parte de los individuos o agentes, como las organizaciones de

agricultores. Por su parte, la adaptación planeada se refiere a acciones o políticas implementadas por alguna organización, gubernamental o no, con el fin de complementar, fomentar o facilitar las respuestas de los agentes ante el cambio climático (Tubiello y Rosenzweig, 2008). Si se toma en cuenta el grado o la profundidad de las medidas, la adaptación se puede clasificar como incremental o transformativa. La primera se refiere a acciones de adaptación en las que el objetivo es mantener la esencia e integridad de un sistema o proceso (Park *et. al.*, 2012). Mientras que la adaptación transformativa se refiere a aquella que cambia las características fundamentales de un sistema en respuesta al clima y sus efectos (Kates *et. al.*, 2012).

Diagrama 1
La adaptación y sus clasificaciones



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, de acuerdo con sus características las acciones y medidas de adaptación pueden considerarse como suaves o duras. Las medidas de adaptación suaves se refieren a medidas que tienen que ver con información, creación de capacidades y funcionamiento institucional, entre otras. Mientras que las medidas duras involucran el uso de tecnologías específicas o de bienes de capital para reducir los impactos potenciales del cambio climático (Jones, 2012).

Dentro de este abanico de categorías se han sugerido una gran cantidad de medidas de adaptación, las cuales van desde modificar los periodos de siembra y cosecha, hasta la construcción de grandes obras de infraestructura, pasando por la migración y la implementación de nuevas prácticas de producción³. A pesar de que hasta el momento se tiene poca evidencia empírica respecto al éxito y efectividad de las distintas medidas de adaptación planeada, existen varias estrategias que se consideran recomendables. Entre ellas se encuentran las siguientes: aumentar el nivel de conocimiento que los agricultores tienen sobre el cambio climático; mejorar los niveles de educación y las capacidades de las poblaciones rurales; crear e introducir variedades resistentes a la temperatura; promover la irrigación⁴;

³ Kurukulasuriya y Rosenthal (2003) presentan una matriz detallada con opciones para la adaptación en el sector agropecuario.

⁴ En lo que a la irrigación se refiere es importante no perder de vista que uno de los efectos esperados del cambio climático es la modificación de los patrones de precipitación. En ese sentido es importante que antes de promover grandes proyectos de desarrollo de infraestructura de irrigación en una región en específico se tengan en cuenta las proyecciones sobre disponibilidad de agua. Por otro lado, es posible que los proyectos que involucran tecnologías más eficientes de irrigación en lugar de derivar en ahorros en el uso de agua terminen provocando un efecto rebote con un consecuente aumento en el uso de agua (Warda y Pulido-Velazquez, 2008).

generar sistemas de alerta temprana sobre la temporalidad y severidad de las lluvias; fortalecer los sistemas formales e informales de intercambio de semillas; mejorar la infraestructura física; resolver los problemas de falta de acceso al crédito y de falta de seguros agrícolas (Asafu-Adjaye, 2014; Di Falco *et al.*, 2012; Kabubo-Mariara y Karanja, 2007).

Las medidas antes mencionadas pueden considerarse como medidas de adaptación tradicionales que caen en la categoría de medidas duras o suaves. Recientemente se ha empezado a promover una nueva categoría de prácticas de adaptación basadas en ecosistemas (conocidas como EbA por Environmental based Adaptation) entre las que se encuentran el establecimiento de áreas protegidas y los sistemas de pagos por servicios ambientales (Magrin *et al.*, 2014). La idea básica es que se pueden promover o mejorar las capacidades que los ecosistemas tienen de aislar a las comunidades humanas de los efectos adversos del cambio climático por medio de la provisión de servicios ambientales (un ejemplo típico es la protección ante tormentas y huracanes que los manglares proveen a las poblaciones locales). Las medidas EbA pueden complementar o incluso sustituir tanto a medidas suaves como a medidas duras de adaptación. Una ventaja adicional de las medidas EbA es que pueden proveer de una serie de co-beneficios (e.g., preservación de la biodiversidad) que difícilmente se obtienen con otro tipo de medidas (Jones *et al.*, 2012).

B. Políticas públicas y adaptación al cambio climático

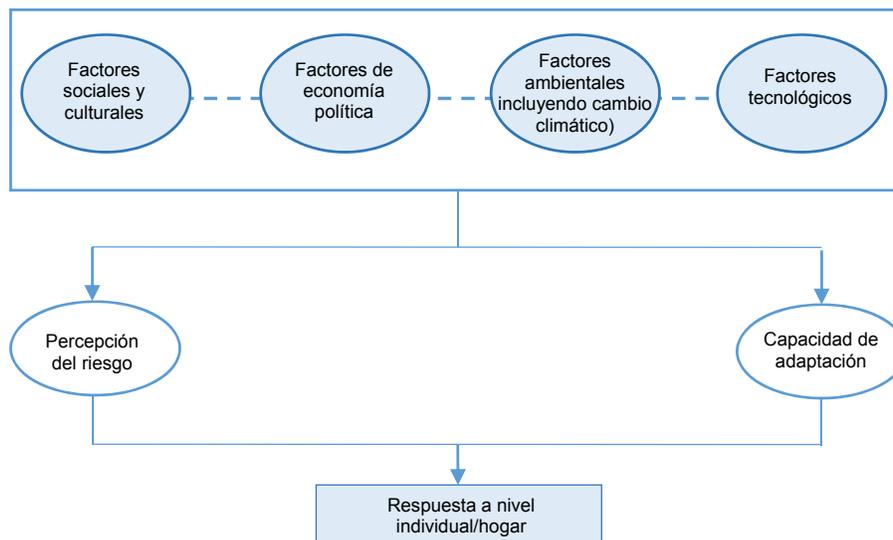
La implementación de medidas de adaptación enfrenta una cantidad formidable de barreras ambientales, económicas, de información, sociales, y de comportamiento (Howden *et al.*, 2007). Es por esto que, dependiendo de su diseño y ejecución, las políticas públicas pueden inhibir o fortalecer la capacidad de los agricultores para adaptarse al cambio climático (Eakin, 2005). El diseño de políticas de adaptación eficientes requiere entender cuál es el papel que distintas estrategias de adaptación pueden jugar, cuáles pueden ser las más exitosas, y qué condiciones favorecen u obstaculizan la adaptación. Dar respuestas precisas a estas preguntas continúa siendo un área abierta de investigación (Howden *et al.*, 2007).

Uno de los temas que sigue pendiente es el que tiene que ver con la identificación y medición de los costos de adaptación. Esa es una tarea complicada pues en muchos casos no se cuenta con una línea base e incluir consideraciones sobre la incertidumbre resulta problemático. A pesar de esto hay evidencia de que los costos de adaptación se encuentran por debajo de los efectos esperados del cambio climático (Galindo *et al.*, 2014a).

Para poder diseñar políticas públicas adecuadas es necesario entender los determinantes de las decisiones autónomas de adaptación, así como los factores que determinan que una política de adaptación planeada sea exitosa. En este sentido, es importante reconocer que detrás de la decisión de adoptar o no una medida de adaptación están tanto los estímulos internos que enfrenta el agricultor (eg., el riesgo de perder su ingreso y sus percepciones ambientales) como los estímulos externos que afectan al sistema agrícola en general (e.g., la política macroeconómica y los arreglos institucionales) (OECD, 2012). Entender el papel que los factores sociales y culturales juegan en términos de facilitar o inhibir la adopción de medidas de adaptación es fundamental. Como se muestra en la diagrama 2, existe una serie de factores interrelacionados que afectan de manera simultánea tanto a la percepción que los individuos u hogares tienen del riesgo climático como a su capacidad de adaptación. Estos factores pueden variar entre regiones lo que hará que individuos con características similares reaccionen de manera distinta a una misma política.

En el caso de los pequeños agricultores y de los agricultores de subsistencia en países en desarrollo entender el proceso de adaptación es aún más complejo. En muchos casos existen barreras a la adopción, como mercados financieros incompletos, falta de asistencia técnica, y restricciones en la disponibilidad de insumos complementarios como la irrigación o los fertilizantes (Adams *et al.*, 1998; Asafu-Adjaye, 2014). En el caso específico de la adopción de nuevas tecnologías entre las posibles barreras se encuentran los costos asociados a la adaptación pero también el acceso a la información y la capacidad de procesar esa información (Asafu-Adjaye, 2014).

Diagrama 2
Factores que afectan la percepción de riesgo climático y la capacidad de adaptación



Fuente: Adaptado de Tarleton y Ramsey (2008).

Los resultados de la escasa evidencia empírica sobre los determinantes de la decisión de adoptar medidas de adaptación a nivel hogar respaldan lo anterior. En una serie de estudios para Etiopía (véase Di Falco, *et al.*, 2011; Di Falco *et al.*, 2012 y Di Falco y Veronesi, 2013) se encuentra que, más allá de las variables climáticas, factores como la existencia de programas de extensión, el acceso a crédito y la disponibilidad de información sobre el cambio climático tienen un efecto importante en la probabilidad de adopción de medidas de adaptación⁵. Además, es importante reconocer, como lo ha mostrado la economía del comportamiento (*Behavioral Economics*), que en muchas ocasiones los individuos toman decisiones que parecen no seguir un comportamiento racional pues no llevan a cabo acciones que serían benéficas para ellos (OECD, 2012). Un ejemplo de este tipo de comportamiento es reportado por Duflo *et al.*, (2011) para el uso de fertilizantes en Kenia. Es por esto que la OCDE recomienda que en el diseño de políticas para promover la adaptación autónoma se considere la posibilidad de hacer uso de herramientas de la economía del comportamiento como "el pequeño empujón" (*nudge*)⁶, así como la formación de redes y el aprovechamiento de las normas sociales para promover la acción colectiva (OECD, 2012).

El cambio climático implica un reto muy importante para los países en desarrollo que aún tienen pendiente, entre otras cosas, la reducción de la pobreza en la que vive una parte importante de su población. Por lo tanto, a pesar de que se necesita más investigación a nivel microeconómico para entender los determinantes de la adaptación (Di Falco, *et al.*, 2011), es claro que las intervenciones tendientes a promover y facilitar la adaptación al cambio climático no deben de estar desligadas de otras intervenciones que buscan promover el desarrollo rural, la disminución de la pobreza y el manejo de los recursos naturales (Howden, *et al.*, 2007; Di Falco *et al.*, 2012). Es decir, la adaptación al cambio climático no debe verse como un tema aislado sino como parte de una estrategia de desarrollo que sea, por así decirlo, resiliente al clima (OECD, 2014).

⁵ Existen además algunos estudios de caso que dan información sobre la capacidad de adaptación de los agricultores en contextos específicos. Para el caso de México véase Conde *et al.*, 2006 y Gay *et al.*, 2006.

⁶ De acuerdo con Thaler y Sunstein (2008, pág. 6) se entiende por *nudge* cualquier aspecto relacionado con la toma de decisiones de los individuos y que puede afectar su comportamiento en una forma predecible sin recurrir a ningún tipo de obligación o prohibición ni tampoco a un cambio significativo en los incentivos económicos que los individuos enfrentan.

Lograr lo anterior requiere, entre otras cosas, una coordinación entre las distintas dependencias y niveles del gobierno. Sin embargo, no existe una receta infalible para lograr una buena coordinación entre dependencias. Si bien es posible que esto suceda si la responsabilidad de coordinar las políticas climáticas, y sus implicaciones en la economía y en general en el bienestar de la población, recae en un ministerio central (e.g., el Ministerio de Finanzas o de Hacienda) con fuerza suficiente como para lograr la cooperación de otros ministerios (OCDE, 2012), también es posible que la coordinación sea mejor cuando la responsabilidad está en un ministerio especializado (e.g., el Ministerio de Medio Ambiente), puesto que de esa forma existe un mayor conocimiento de los requerimientos técnicos y se disminuye el riesgo de que el tema se vuelva de segundo orden, como puede suceder si la responsabilidad recae en el Ministerio de Finanzas o de Hacienda (Mullan, *et al.*, 2013). Lo que es indudable es que contar con un presupuesto adecuado para el diseño, implementación y evaluación de las políticas de adaptación es un prerrequisito indispensable para el buen funcionamiento de cualquier política de adaptación.

El desarrollo de estrategias y planes de adaptación es muy reciente, por lo que la implementación de políticas de adaptación está, en el mejor de los casos, en su etapa inicial y aún es muy pronto para evaluar las pocas medidas existentes (Mullan *et al.*, 2013; OECD, 2014). Lo que sí existe son estimaciones sobre los costos potenciales de implementar algunas medidas. En este sentido, Ignaciuk y Mason-D'Croz (2014) presentan estimaciones de cuánto le costaría a los miembros de la OCDE implementar dos medidas: i) desarrollar nuevas variedades de cultivos que sean resistentes a la sequía y a las altas temperaturas, y ii) mejorar la eficiencia de la irrigación y extender los sistemas de irrigación. Utilizan el modelo IMPACT (*International Model for Policy Analysis and Agricultural Commodities and Trade*) que combina un modelo de equilibrio parcial con un modelo hidrológico para simular los costos (y efectos) de dichas medidas; el costo para los países miembros de la OCDE estaría entre 16.000 y 20.000 millones de dólares anuales.

Por su parte, Mullan *et al.* (2013) hacen un análisis sobre algunos de los retos que los países integrantes de la OCDE enfrentan para diseñar e implementar políticas de adaptación de manera exitosa. Entre ellos destacan la falta de información, problemas para asegurar el financiamiento de las medidas de adaptación y el diseño de mecanismos para medir y evaluar si las estrategias implementadas efectivamente logran reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

Conforme las políticas de adaptación se vayan implementando será necesario realizar ejercicios de evaluación y monitoreo de su desempeño. Esto es importante tanto por consideraciones de transparencia y rendición de cuentas como para obtener información que permita mejorar las políticas y programas de adaptación (Mullan, *et al.*, 2013). El reto no es sencillo debido a la incertidumbre, no-linealidad y horizonte temporal del cambio climático. El último punto es especialmente problemático pues en muchos casos los efectos de las medidas de adaptación sólo serán aparentes después de un largo plazo (20-50 años) cuando los efectos del cambio climático sean experimentados y la eficiencia de la adaptación pueda ser medida (Dinshaw *et al.*, 2014). Tubiello y Rosenzweig (2008) proponen una serie de indicadores generales que pueden verse como un punto de partida para construir indicadores específicos que permitan evaluar las implicaciones de distintas políticas climáticas en un contexto determinado (véase el cuadro 5). Algunas medidas específicas basadas en ese marco general son rendimiento de cultivos y su variabilidad, indicadores de estrés hídrico, valor de la tierra, índices de nutrición y número de gente en riesgo de hambre. Dichas métricas pueden utilizarse como punto de partida para definir umbrales de vulnerabilidad más allá de los cuales la habilidad de un sistema para soportar cambios climáticos se ve seriamente disminuida.

En todo caso, no existe un método único para la evaluación de las políticas de adaptación y será necesario combinar métodos cuantitativos con métodos cualitativos (Dinshaw *et al.*, 2014). Una opción puede ser realizar evaluaciones de aquellos proyectos de adaptación que resulten innovadores. Sin embargo, un sistema efectivo de monitoreo y evaluación deberá ser capaz de evaluar el panorama completo así que la evaluación de proyectos específicos debe complementarse con evaluaciones de carácter más general sin importar que se refieran a escalas y periodos temporales distintos (OECD, 2014).

C. Políticas públicas para la adaptación del sector agropecuario en América Latina

Aun cuando las estimaciones sobre los costos de adaptación tienen limitaciones fuertes y por ende deben tomarse con cautela, es importante señalar que éstas apuntan a que los costos de adaptación están por debajo del 0,5% del PIB de la región (Galindo *et al.*, 2014a). Sin embargo, es importante destacar que el monto de los recursos necesarios es superior a lo que la región dispone actualmente para ese fin (Vergara *et al.*, 2014).

A pesar de que en este momento no es posible elaborar una lista exhaustiva de las posibles medidas de adaptación en la región es un hecho que existe una amplia cartera de medidas que están siendo probadas (Vergara *et al.*, 2014). Los países de América Latina han dedicado esfuerzos a desarrollar políticas públicas para promover la adaptación al cambio climático; ejemplo de ello son los diversos planes nacionales de acciones climáticas los cuales contienen una serie de mecanismos destinados a la mitigación o adaptación al cambio climático. En esta sección se describen brevemente algunas de las políticas, programas y acciones en materia de adaptación en el sector agropecuario para algunos países de América Latina y el Caribe.

1. Argentina

En la Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se dedica un capítulo completo a las posibles medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Dado que la agricultura es un sector muy relevante para la economía de Argentina, se sugieren varias políticas dedicadas a aumentar la productividad agrícola de manera sustentable. Aun cuando no se tienen medidas dedicadas específicamente a adaptación al cambio climático en el ámbito agropecuario, el gobierno de Argentina mediante el programa de Agricultura Inteligente busca desarrollar sistemas de análisis de riesgo y vulnerabilidad, incluyendo la implementación y difusión de buenas prácticas agrícolas y ganaderas. De igual forma, tiene otros programas para incentivar la agricultura sustentable, aumentando la productividad del sector como el Programa de Servicios Agrícolas Provinciales, Programa Ecorregiones y el Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial (Ortiz de Zárate, Ramayon y Rolla, 2015).

2. Bolivia (Estado Plurinacional de)

Bolivia cuenta con la Ley Marco de la Madre Tierra para Vivir Bien, la cual declara qué acciones debe promover el gobierno para el cuidado de los recursos naturales y del medio ambiente. Asimismo, menciona algunas medidas para disminuir la vulnerabilidad del país ante los efectos del cambio climático, entre ellas: desarrollar la gestión para el manejo de riesgos ambientales; mejorar el manejo de los recursos agropecuarios para lograr seguridad alimentaria; implementar redes de información y monitoreo de desastres naturales; y promover la investigación en materia de posibles intervenciones para la adaptación al cambio climático. Además, promueve el desarrollo de las actividades agropecuarias de forma tal que los recursos naturales se aprovechen de manera adecuada, promoviendo la incorporación de prácticas tradicionales en la agricultura. Otra política relacionada con lo anterior es el Sistema de Información Agroclimática para la Gestión de Riesgo y la Seguridad Alimentaria con Soberanía que fomenta el registro meteorológico y de gestión de riesgos para verificar las mejores prácticas agrícolas dependiendo de los fenómenos climáticos, (Baldiviezo Estrada, *et al.* 2013).

3. Brasil

El sector agropecuario es una actividad económica muy importante para Brasil y el cambio climático es una amenaza a éste. Engle y Lemos (2010) realizaron un estudio de las posibles medidas de adaptación para disminuir la vulnerabilidad ante los choques de temperatura. Estos autores identifican que una de las posibles medidas para aumentar la resiliencia en Brasil es implementar un buen esquema de administración y manejo de recursos hidrológicos. Aunque la política de cambio climático de Brasil

está dedicada principalmente a la mitigación, entre las políticas oficiales dedicadas a disminuir el impacto del cambio climático en el sector agrícola está el Programa de Acción Nacional de Combate a la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía. Este programa busca reducir el crecimiento de áreas desertificadas y apoyar la realización de actividades familiares de agricultura sustentable en áreas secas (Comité Interministerial sobre Cambio Climático, 2007). Asimismo, existen algunos programas que, mediante incentivos económicos y préstamos, tratan de apoyar la producción sustentable para hogares rurales que se dedican al ámbito agropecuario, como el Programa Nacional de Fortalecimiento de Agricultura Familiar (PRONAF).

4. CARICOM

Los países pertenecientes a la Comunidad del Caribe (Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Belice, Dominica, Granada, Guyana, Haití, Jamaica, Montserrat, Santa Lucía, San Kitts y Nevis, San Vicente y las Granadinas, Surinam y Trinidad y Tabago) han desarrollado algunas propuestas de política pública de adaptación al cambio climático en el ámbito agropecuario. Entre las medidas propuestas están implementar planes de uso de suelo y fomentar investigación de variedades de cultivos y especies pecuarias tolerantes a eventos climáticos extremos (Caribbean Community Climate Change Centre, 2009; Caribbean Community Climate Change Centre, 2012).

5. Chile

Chile cuenta con un gran número de estrategias objetivo y políticas destinadas al sector agropecuario y sus posibles consecuencias ante el cambio climático, las cuales se describen en el Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Agropecuario y en el Plan Nacional del Cambio Climático. Entre éstas destacan: aumentar la competitividad de la agricultura mediante el mejoramiento del manejo de recursos hídricos; la prevención de plagas en los cultivos; fomentar actividades de investigación en el sector agrícola que permitan planificar las temporadas de cultivos dados los riesgos climáticos existentes; y desarrollar programas de investigación para el mejoramiento de cultivos resistentes ante cambios de temperatura. Otro aspecto importante es promover la sustentabilidad económica, social y ambiental mediante el desarrollo de sistemas de evaluación de sustentabilidad ambiental en las actividades agrícolas. De igual forma, existen políticas especialmente dedicadas al manejo de recursos e insumos agrícolas. Ejemplo de ello son: el fomento a la inversión en obras de riego en plantaciones agrícolas; el desarrollo de instrumentos para la protección y recuperación de suelos agrícolas degradados; y los apoyos en la cobertura de costos de los agricultores (Barrera Pedraza, 2012).

6. Colombia

Colombia cuenta con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático que crea directrices para la realización de programas enfocados a aumentar la capacidad adaptativa y reducir la vulnerabilidad ante fluctuaciones climáticas. En éste se resalta la importancia de involucrar las condiciones climáticas en la toma de decisiones y desarrollo de políticas. Sus principales objetivos son contar con mayor información sobre los riesgos asociados al cambio climático y considerarlos en la planificación del desarrollo sectorial y territorial y disminuir la vulnerabilidad de los ecosistemas ante los efectos del cambio climático. De acuerdo con Alencastro (2013) entre las medidas de adaptación que se han realizado están: minimizar el impacto del cambio climático en la competitividad del sector agrícola; garantizar la seguridad alimentaria; desarrollar sistemas de monitoreo y alerta de fenómenos naturales; mejorar la gestión del suelo; y fomentar prácticas agrícolas adecuadas.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia está a cargo del Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático que apoya la protección de ecosistemas y adaptación de comunidades locales al cambio climático con el fin de disminuir la vulnerabilidad. Colombia también cuenta con el Programa Conjunto de Integración de ecosistemas y adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano, cuyo objetivo principal es aumentar la adaptación regional. Otras medidas de adaptación incluyen la mejor administración y manejo de recursos hídricos.

Es importante mencionar que el Centro Internacional de Agricultura Tropical tiene un proyecto enfocado para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la agricultura en la región Andina de Colombia (CIAT, 2013). Las medidas de adaptación que ellos promueven son: mejorar pronósticos climáticos y difusión de información, procurar mayor inversión en investigación agrícola, mejorar el manejo y gestión del agua a nivel finca y cuenca y fortalecer la asistencia técnica. Otros proyectos de adaptación agrícola son diversificación de cultivos, mejorar la captación de agua para fomentar sistemas de riego, aumentar la calidad de los fertilizantes y promover mejores prácticas pecuarias, fondos en común para el riesgo, programas de almacenamiento de granos e inversión en agricultura (Lau y Ramírez, 2011). El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo tiene algunas recomendaciones para la adaptación en el sector agropecuario, como adecuar distritos de riego actuales para aumentar los proyectos de riego, desarrollar nuevas variedades resistentes y fomentar seguros agrícolas (PNUD-MADS, 2011).

7. Costa Rica

Costa Rica cuenta con la Estrategia Nacional de Cambio Climático, la cual se conforma de dos rubros, adaptación y mitigación. En cuanto a la parte de políticas de adaptación al cambio climático se encuentran líneas de acción dirigidas a: un mejor manejo de las tierras agrícolas y de los recursos existentes; promover la tecnificación agrícola considerando pronósticos climáticos; fomentar la investigación en tecnologías de cultivos más resistentes ante cambios en la temperatura; mejorar sistemas de seguros de cosechas; y financiamiento para la adquisición de nuevas tecnologías para la agricultura y mejora de sistemas de pastoreo.

8. Cuba

Cuba cuenta con la Estrategia Nacional de Educación Ambiental 2010-2015 en la cual se mencionan ciertas estrategias relacionadas con la capacitación y creación de capital humano que incida en el manejo sostenible de la tierra, sobre todo fomentando la conservación del suelo y uso de prácticas tradicionales. Asimismo, cuenta con los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, en la cual se dan pautas para la economía de Cuba en general y particularmente para la agricultura, hace énfasis en la necesidad de desarrollar sostenibilidad en el sector.

9. Ecuador

En Ecuador existe la Estrategia Nacional de Cambio Climático que designa como uno de los sectores prioritarios para la adaptación al cambio climático a las actividades agropecuarias. Asimismo, se realizó un Plan Nacional de Adaptación incorporando diversas políticas y programas para reducir la vulnerabilidad así como aumentar la seguridad alimentaria. Los objetivos específicos introducidos en la Estrategia Nacional de Cambio Climático son: garantizar la soberanía alimentaria, mejorar la gestión de recursos hídricos de manera sostenible y analizar los riesgos climáticos y ambientales que afecten a las actividades productivas. Entre las acciones y programas realizados específicamente para el sector agropecuario está la introducción de sistemas de riego, el Programa Soberanía y Seguridad Alimentaria, la promoción de tecnologías agrícolas y de diversificación de la producción, así como la introducción de programas nacionales para mejorar la producción de bienes ganaderos. En cuanto a los efectos sociales del cambio climático en la población, se han desarrollado estudios para analizar los riesgos potenciales de enfermedades derivadas del cambio climático.

10. El Salvador

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador realizó la Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola, en la cual establece que es necesario adoptar medidas de reducción de impacto del cambio climático para los hogares más vulnerables. El enfoque seguido por El Salvador es el de mitigación basada en la adaptación. Esta estrategia promueve políticas para la restauración de suelo, la diversificación de la producción agrícola

para la restauración de ecosistemas, y el incremento de la cobertura vegetal y la biomasa. Con lo anterior, se mantiene la productividad agrícola y se mejora la capacidad para secuestrar carbono, reduciendo así los impactos del cambio climático.

Las acciones estratégicas desarrolladas incluyen actividades como lo son proporcionar asesoría, capacitación y promoción de buenas prácticas agrícolas a los productores para lograr una mejor adaptación al cambio climático. También se busca fomentar la adquisición de tecnologías para la adaptación como lo son los sistemas de monitoreo y de prevención de riesgo y otras para aumentar la productividad. Por último, se tiene como objetivo desarrollar conocimientos para la mejor administración ambiental, aumentando así las capacidades institucionales.

11. Guatemala

Uno de los objetivos principales de la Política Nacional de Cambio Climático de Guatemala es desarrollar pautas para la creación de programas para la mitigación y adaptación al cambio climático en los sectores salud, agrícola, ganadero, seguridad alimentaria, suelo, agua e infraestructura. Algunas de las políticas prioritarias son el manejo y gestión de riesgo por eventos extremos y promover el ordenamiento territorial. En el sector agrícola se busca adoptar prácticas con conocimientos tradicionales que permitan producir los suficientes recursos alimenticios y evitar daños al suelo.

12. Haití

El Gobierno de Haití y la FAO (2010) han desarrollado proyectos para disminuir los impactos del cambio climático. Las acciones que se realizaron son el fomento de variedades de semillas resistentes a cambios de temperatura, integrar gestión de riesgos de desastres y fomentar prácticas de cultivo adecuadas.

13. Honduras

La Estrategia Nacional de Cambio Climático de Honduras tiene varios objetivos estratégicos encaminados a la adaptación al cambio climático. Los objetivos para el sector agropecuario son aumentar la adaptación de los agricultores mediante el aumento de resiliencia de cultivos y reducción de plagas, evitar la erosión del suelo, y conseguir la seguridad alimentaria de la población. Para realizarlo se toman acciones específicas como lo son: promoción de cultivos más tolerantes a las variaciones climáticas, adopción de mejores prácticas agrícolas, mejoramiento de la gestión de suelos y evitar el déficit nutricional de los habitantes.

14. Jamaica

Para el caso de Jamaica, la FAO ha realizado diversas recomendaciones para disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático (Seivaraju, 2013). Entre ellas están las siguientes: permitir acceso a créditos y seguros para productores de cultivos domésticos, promover el conocimiento de las consecuencias del cambio climático en el sector agrícola, aumentar la capacidad de manejo y administración de áreas de cultivo, fomentar el uso de sistemas de riego en zonas agrarias y desarrollar modelos para analizar los impactos del cambio climático en las exportaciones y cultivos domésticos.

15. México

México es un país muy diverso en recursos naturales y los efectos del cambio climático son propensos a variar dependiendo de la región estudiada. De acuerdo con Borja-Vega y de la Fuente (2013), diferentes regiones del país como el Noroeste y Centro son más vulnerables ante el cambio climático. Asimismo, al interior de las regiones los municipios tienen diferentes grados de sensibilidad y exposición al cambio climático. Ante ello, la política pública dedicada a adaptación al cambio climático involucra al sector agropecuario y permite desarrollar capacidades a diferentes niveles: existen programas para el cambio climático a nivel nacional, estatal y municipal. Esto permite que se sigan distintas políticas para diferentes regiones y estados con el objetivo de reducir la vulnerabilidad ante el

cambio climático (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2012). Además de contar con un Programa Especial de Cambio Climático y una Estrategia Nacional de Cambio Climático México tiene una Ley General de Cambio Climático. Dicha legislación tiene los siguientes objetivos: establecer el derecho a una buena calidad ambiental, reglamentar emisiones de gases de efecto invernadero, regular las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, reducir la vulnerabilidad al cambio climático, fomentar la formación de capital humano en materia de adaptación y mitigación, establecer las bases para la concertación con la sociedad y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones. De acuerdo con el Banco Mundial (2013), México es reconocido por ser líder en legislación ambiental entre los países emergentes; fue uno de los primeros países en el mundo en tener una ley dedicada exclusivamente al cambio climático.

Monterroso *et. al.*, (2014) realizan un resumen de todos los programas existentes a nivel estatal para fomentar la adaptación al cambio climático. Cada estado tiene prioridades distintas pero en general, los Programas de Acción de Cambio Climático a nivel estatal no han sido completamente desarrollados, aunque sí se han implementado medidas a nivel estatal en el sector agropecuario. Entre ellas se incluye el mejoramiento de la administración hídrica y el abastecimiento para plantaciones agrícolas, el manejo de residuos, el desarrollo de plantas de tratamiento de aguas, y la implementación de medidas de monitoreo y sistemas de alerta para desastres naturales. Algunas regiones del norte del país también han implementado la rotación de cultivos y la reducción del uso de fertilizantes, así como la tecnificación de la agricultura e implementación de áreas de riego.

16. Nicaragua

Cuenta con el Plan de Adaptación a la Variabilidad y Cambio Climático en el Sector Agropecuario, Forestal y Pesca en Nicaragua en el cual se promueven medidas de adaptación por zonas, como las regiones secas y semi húmedas. Las acciones son: fomentar y promover la conservación de suelos; el uso de fertilizantes adecuados de baja erosión; realizar obras para captación de agua dedicadas a proyectos agrícolas; utilizar variedades de cultivos adaptadas a los cambios climáticos; y mejorar sistemas de alerta temprana y planeación agrícola.

17. Panamá

En la Segunda Comunicación Nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Panamá sostiene que algunas de las acciones de su política agropecuaria se basan en minimizar los impactos de las sequías extremas. Algunos de sus medidas de adaptación consisten en: mejorar las redes de monitoreo de recursos hídricos, planeación territorial ante eventos extremos como inundaciones, construcción de pozos y presas para adaptarse a las sequías, fomentar el uso de semillas más resistentes a condiciones ambientales y especies tolerantes a enfermedades (Autoridad Nacional del Ambiente, 2011). Entre sus otros programas dedicados a la agricultura en el Plan Estratégico Nacional del Sector Agropecuario se mencionan el Proyecto Nacional de Agroturismo, el Proyecto de Productividad Rural y el Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible de la Cuenca del Canal (Autoridad Nacional del Ambiente, 2011).

18. Paraguay

En el Marco Estratégico Agrario de Paraguay, se sostiene la necesidad de generar escenarios climáticos para programar las actividades agrícolas, así como fomentar el uso de tecnología y el desarrollo del Plan Nacional de Riego, los sistemas de alerta temprana y el diseño de seguros agrícolas (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2013). Otro aspecto relevante de la política agrícola de Paraguay es el programa “Agricultura Familiar” el cual tiene como objetivo impulsar el desarrollo de la población rural; en cuanto al cambio climático, se busca implementar mecanismos de cobertura contra riesgos climáticos (Gabinete Social de la Presidencia de la República, 2010).

19. Perú

Perú cuenta con una Ley General del Ambiente que provee el marco normativo para el desarrollo de políticas ambientales enfocadas a la adaptación y mitigación del Cambio Climático (Melo, 2013). La agricultura es un sector importante en Perú y una parte considerable de la población depende de ésta, por lo tanto, en los objetivos de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático se establecen distintas pautas para la protección de poblaciones indígenas y el aumento de sus capacidades adaptativas. Asimismo, se han creado distintos instrumentos diseñados a tener mayor información sobre las posibles políticas de adaptación al cambio climático, así como dar a conocer las posibles vulnerabilidades a las que se enfrentan las comunidades indígenas. En este mismo aspecto, la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático establece que se busca recuperar conocimientos tradicionales y técnicos de los pueblos indígenas, así como la incorporación de nuevas tecnologías para la gestión de los riesgos climáticos.

20. República Dominicana

Mediante la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, se propone la adaptación al cambio climático mediante el desarrollo de investigación en tecnología para adaptar las especies forestales y agrícolas ante choques en el clima, así como impulsar la agricultura sostenible (Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 2012). Asimismo, República Dominicana cuenta con la Estrategia Nacional para Fortalecer los Recursos Humanos y las Habilidades para Avanzar hacia un Desarrollo Verde, con Bajas Emisiones y Resiliencia Climática. En ella se enfatiza la necesidad de desarrollar programas que fomenten nuevas prácticas agrícolas y que implementen variedades tolerantes a la sequía, así como una planeación territorial para hacer frente a la vulnerabilidad ante inundaciones (Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio, 2012).

21. Uruguay

De acuerdo con Alencastro (2013), las estrategias de adaptación al cambio climático promovidas por el gobierno de Uruguay son: i) la integración horizontal de productores para gestión del agua, ii) la gestión sustentable del suelo y iii) el mejoramiento genético y la utilización de especies adaptadas. Alencastro indica que el primer objetivo involucra el desarrollo de modelos específicos de gestión de agua a nivel cuenca, la promoción de créditos para obras multiprediales, la implementación de infraestructura de recolección de lluvia para fomentar el riego y la obtención de seguros agrícolas. Para el segundo objetivo, se promueven las prácticas de manejo de suelo, la ganadería sin exceso de pastoreo y mejorar la administración forestal. El tercer objetivo tiene como línea de acción la promoción de investigación en el mejoramiento genético de cultivos y especies forestales.

Por su parte, la MGAP-FAO (2013) identifica cuatro medidas apropiadas para promover la adaptación al cambio climático en Uruguay, estas son: promover la gestión multipredial del agua para la productividad ganadera; adoptar sistemas de producción basados en manejo sustentable del campo natural; crear estrategias de obtención de forrajes y suplementos gestionados por organizaciones de productores; y fomentar la incorporación de montes de sombra y abrigo. Para cada una de las medidas, la MGAP-FAO realizó una evaluación de su impacto económico, analizando los costos y beneficios asociados con cada una y comparándolas con una línea base, definiendo un nivel de administración y simulación de costo de insumos, así como posibles impedimentos sociales y administrativos. De tal forma, la MGAP-FAO compara las cuatro medidas mediante evaluación económica y prioridades productivas y concluye el siguiente orden de rentabilidad: la producción basada en manejo sustentable del campo natural, estrategias para la obtención de forrajes y la medida de gestión multipredial del agua.

22. Venezuela (República Bolivariana de)

En la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela se proponen algunas medidas de corto, mediano y largo plazo para lograr la adaptación ante el cambio climático. En el corto plazo se busca mantener la movilidad del ganado en zonas de pastoreo sujetas a sequías, así como lograr una mayor planeación agrícola. En el mediano plazo, desarrollar variedades de cultivos y razas de ganado resistentes

a cambios de temperatura, mejorar el uso de agua en zonas propensas a sequías e implementar sistemas agroforestales para aumentar la capacidad de adaptación. En el largo plazo, consolidar sustitución de cultivos y mantener biodiversidad (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 2005).

Cuadro 8
Principales políticas y programas de adaptación existentes en América Latina

País	Políticas	Objetivos principales
Argentina	Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	Aumentar la productividad agrícola de manera sustentable Desarrollar sistemas de análisis de riesgo y vulnerabilidad
Bolivia (Estado Plurinacional de)	Ley Marco de la Madre Tierra Sistema de Información Agroclimática para la Gestión de Riesgo y Seguridad Alimentaria con Soberanía	Gestión para el manejo de riesgos ambientales Apoyar medidas de adaptación Mejorar manejo de recursos agropecuarios Implementar redes de información y monitoreo de desastres Promover investigación del cambio climático Promover la incorporación de prácticas tradicionales en la agricultura Fomentar el registro meteorológico y gestión de riesgo para mejores prácticas agrícolas
Brasil	Programa de Acción Nacional de Combate a la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía	Apoyar la producción agrícola familiar con prácticas sostenibles, ofreciendo incentivos económicos para fomentar una agricultura sustentable
CARICOM	Regional Framework for Achieving Development Resilient to Climate Change	Implementar planes de uso de suelo Fomentar la investigación sobre variedades de cultivos tolerantes ante el cambio climático y de especies pecuarias tolerantes a eventos climáticos extremos
Chile	Plan de Adaptación al Cambio Climático Plan Nacional del Cambio Climático	Aumentar la competitividad de la agricultura: mejorar recursos hídricos y prevenir plagas de cultivos Fomentar investigación en el sector agrícola para planificar temporadas de cultivos Desarrollar programas de investigación para desarrollo de cultivos resistentes Promover sustentabilidad económica, social y ambiental Fomentar inversión en obras de riesgo Desarrollar instrumentos para protección y recuperación de suelos agrícolas degradados Apoyar la cobertura de costos de agricultores
Colombia	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático Programas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia Centro Internacional de Agricultura Tropical PNUD	Contar con mayor información sobre riesgos asociados al cambio climático Desarrollar sistemas de monitoreo y alerta de fenómenos naturales Mejorar la gestión del suelo Fomentar prácticas agrícolas adecuadas Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático: protección de ecosistemas y adaptación de comunidades locales al cambio climático Programa Conjunto de Integración de ecosistemas y adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano: aumentar adaptación regional Mejorar pronósticos climáticos y difusión de información Procurar mayor inversión en investigación agrícola Mejorar el manejo y gestión del agua a nivel finca y cuenca Fortalecer asistencia técnica Diversificación de cultivos Mejorar captación de agua para sistemas de riego Aumentar calidad de fertilizantes Promover mejores prácticas pecuarias Promover fondos en común para el riesgo y programas de almacenamiento de granos e inversión en agricultura Adecuar distritos de riego actuales para aumentar proyectos de irrigación Desarrollar nuevas variedades resistentes Fomentar seguros agrícolas

Cuadro 8 (continuación)

País	Políticas	Objetivos principales
Costa Rica	Estrategia Nacional de Cambio Climático	Mejorar manejo de las tierras agrícolas y de recursos existentes Promover la tecnificación agrícola considerando pronósticos climáticos Fomentar la investigación en tecnologías de cultivos más resistentes ante cambios de temperatura Mejorar sistemas de seguros de cosechas y financiamiento para la adquisición de nuevas tecnologías para la agricultura Mejorar sistemas de pastoreo
Cuba	Líneamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución Estrategia Nacional de Educación Ambiental 2010-2015	Mayor sostenibilidad en el ámbito agropecuario como política económica de Cuba Capacitación y creación de capital humano que incida en el manejo sostenible de la agricultura Conservación del suelo y uso de prácticas tradicionales
Ecuador	Estrategia Nacional de Cambio Climático	Garantizar la soberanía alimentaria Mejorar la gestión de recursos hídricos de manera sostenible Analizar los riesgos climáticos y ambientales que afecten a las actividades productivas Introducir sistemas de riego, el Programa Soberanía y Seguridad Alimentaria, promover tecnologías agrícolas y diversificación de la producción Introducir programas nacionales para mejorar la producción de bienes ganaderos Desarrollar estudios que analizan riesgos potenciales de enfermedades derivadas por el cambio climático.
El Salvador	Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola	Adaptación mediante mitigación del cambio climático Restauración del suelo Diversificación de la producción agrícola para la restauración de ecosistemas Incrementar cobertura vegetal y biomasa fija Proporcionar conocimiento del cambio climático a los productores Fomentar adquisición de tecnologías
Guatemala	Política Nacional de Cambio Climático	Adoptar sistemas de manejo y gestión de riesgo por eventos extremos Promover ordenamiento territorial Adoptar prácticas con conocimientos tradicionales
Haití	FAO	Fomentar el uso de variedades de semillas resistentes Integrar gestión de riesgos de desastres Fomentar prácticas de cultivo adecuadas
Honduras	Estrategia Nacional de Cambio Climático	Promover cultivos más tolerantes a las variaciones climáticas Adoptar mejores prácticas de la agricultura. Mejorar gestión de suelos Evitar déficit nutricional de habitantes
Jamaica	FAO	Permitir acceso a créditos y seguros para productores Promover conocimiento del cambio climático Aumentar capacidad de manejo y administración de áreas de cultivo Fomentar uso de sistemas de riego
México	Ley General de Cambio Climático Estrategia Nacional de Cambio Climático y Programa Especial de Cambio Climático	Establecer el derecho a una buena calidad ambiental Reglamentar emisiones de GEI Regular acciones de adaptación y mitigación del cambio climático Fomentar la formación de capital humano en adaptación y mitigación Mejorar la administración hídrica y abastecimiento para plantaciones agrícolas Mejorar el manejo de residuos Desarrollar plantas de tratamiento de aguas Implementar medidas de monitoreo y sistemas de alerta para desastres naturales Implementar rotación de cultivos y reducción de fertilizantes de baja calidad

Cuadro 8 (conclusión)

País	Políticas	Objetivos principales
Nicaragua	Plan de Adaptación a la Variabilidad y Cambio Climático en el Sector Agropecuario, Forestal y Pesca en Nicaragua	Promover medidas de adaptación por grado de vulnerabilidad Fomentar la conservación de suelos, el uso de fertilizantes de baja erosión Realizar obras de captación de agua para proyectos agrícolas Utilizar variedades de cultivos adaptadas Mejorar sistemas de alerta temprana
Panamá	Segunda Comunicación Nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	Mejorar redes de monitoreo de recursos hídricos Implementar la planeación territorial ante eventos extremos como inundaciones, construcción de pozos y presas Fomentar el uso de semillas más resistentes al cambio climático y especies tolerantes a enfermedades
Paraguay	Marco Estratégico de Paraguay	Crear escenarios climáticos para programar actividades agrícolas Fomentar el uso de tecnología y desarrollo del Plan Nacional de Riego Crear de sistemas de alerta temprana Diseñar seguros agrícolas
Perú	Ley General del Ambiente Estrategia Nacional ante el Cambio Climático	Desarrollar políticas ambientales enfocadas a la adaptación y mitigación del cambio climático Establecer pautas para protección de poblaciones indígenas Recuperar conocimientos tradicionales y técnicos de pueblos indígenas Incorporar nuevas tecnologías para la gestión de riesgos climáticos
República Dominicana	Estrategia Nacional de Desarrollo	Realizar investigación en tecnología para adaptar especies forestales y agrícolas ante choques en el clima Impulsar la agricultura sostenible
Uruguay	Gobierno de Uruguay MGAP-FAO	Integrar horizontalmente a productores para gestión de agua Promover gestión sustentable del suelo Mejoramiento genético de especies agrícolas Promover la gestión multipredial del agua para productividad ganadera Adoptar sistemas de producción sustentable Crear estrategias de obtención de forrajes Fomentar la incorporación de montes de sombra y abrigo
Venezuela (República Bolivariana de)	Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático	Mantener la movilidad de ganado en zonas de pastoreo sujetas a sequías Lograr una mayor planeación agrícola Desarrollar variedades de cultivos y razas de ganado resistentes a cambios de temperatura Mejorar el manejo y uso de agua Consolidar la sustitución de cultivos Mantener la biodiversidad

Fuente: Elaboración propia.

IV. Discusión

En este reporte se hace un recuento de la importancia que el sector agropecuario tiene para el crecimiento económico y del potencial que tiene para contribuir a la reducción de la pobreza. La evidencia empírica muestra que en América Latina dicho potencial no ha sido plenamente aprovechado. Más allá de esto queda claro que el sector juega un papel importante tanto para la población rural como para la población urbana. Es por esto que el cambio climático representa una amenaza para la región.

La revisión de la literatura sobre los efectos del cambio climático deja ver que aunque los efectos serán heterogéneos entre países y al interior de los mismos estos pueden ser sumamente cuantiosos. Es por esto que es necesario contar con políticas públicas que busquen la mitigación de los gases de efecto invernadero a la vez que promuevan la adaptación ante el cambio climático. La literatura que analiza los determinantes de la adaptación al nivel de los hogares o los agricultores es aún muy limitada; esto es cierto no sólo para América Latina sino en general. Ésta carencia debe ser subsanada pues limita el diseño de políticas públicas eficaces que puedan coadyuvar a que los individuos tomen medidas eficientes de adaptación ante el cambio climático.

A nivel mundial la implementación de políticas públicas para promover la adaptación es aún incipiente y, por lo tanto, no existen análisis sobre qué políticas funcionan mejor y bajo qué condiciones; no se pueden identificar las mejores prácticas o dar recomendaciones específicas sobre qué medidas tomar en un contexto específico. En todo caso, dado que los factores económicos, sociales, culturales, ambientales e institucionales afectan tanto la percepción que los individuos tienen sobre los riesgos climáticos como el conjunto de alternativas a las que tienen acceso, es poco probable que se puedan encontrar recomendaciones genéricas que sean válidas en todos los contextos y para todos los países. Adicionalmente, los gobiernos tendrán el reto de lograr comunicar a la población cuáles son las dimensiones reales de los riesgos que enfrentan y cómo estos pueden variar dependiendo de las condiciones locales. Dada la incertidumbre y limitantes que rodean a la ciencia del cambio climático, éste no es un reto menor. Sin embargo, es fundamental que la población cuente con información suficiente y adecuada para poder tomar las decisiones de prevención y adaptación que más le convengan.

Los gobiernos de los países de América Latina deben tratar de entender la forma en la que sus agricultores perciben los riesgos climáticos, las limitantes que pueden enfrentar al momento de tomar decisiones de adaptación y la forma en que los contextos locales afectan tanto a la percepción del riesgo como a las acciones de adaptación. Una vez que se cuente con esa información podrán diseñarse políticas de adaptación que resulten relevantes localmente. Es recomendable que al diseñar dichas políticas además de considerar opciones tradicionales, incluidos instrumentos económicos como los

subsidios e impuestos, se consideren alternativas de adaptación más recientes como lo son las prácticas de adaptación basadas en ecosistemas e incluso opciones novedosas que hagan uso de propuestas basadas en la economía del comportamiento (e.g., el *nudge*).

Dada la incertidumbre que rodea al cambio climático, tanto en términos de la magnitud de sus efectos como del momento en el que estos se presentarán, es muy importante que las políticas sean flexibles y que puedan ser modificadas. En este sentido, es fundamental que al diseñar las políticas se diseñe también una estrategia de monitoreo y evaluación de las mismas para que los gobiernos tengan información confiable y oportuna que les permitan decidir si la política está cumpliendo sus objetivos o si debe ser modificada.

Por último, se debe tomar en cuenta que aun cuando los modelos predicen que los efectos más graves del cambio climático se empezarán a sentir dentro de varias décadas es importante que la adaptación se promueva desde ahora para evitar que los agricultores estén expuestos a alteraciones repentinas en las condiciones climáticas.

Bibliografía

- Adams, R. M. (1989), Global Climate Change and Agriculture: an Economic Perspective. *American Journal of Agricultural Economics*, 71(5), 1272-1279.
- Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S. y Leary, N. (1998), Effects of Global Climate Change on Agriculture: an Interpretative Review. *Climate Research*, 11(1), 19-30.
- Adams, R. M., Rosenzweig, C., Peart, R. M., Ritchie, J. T., McCarl, B. A., Glycer, J. D., & Allen, L. H. (1990), Global climate change and US agriculture. *Nature*, 35.
- Adams, R. M., McCarl, B. A., Dudek, D. J., y Glycer, J. D. (1988), Implications of global climate change for western agriculture. *Western Journal of Agricultural Economics*, 348-356.
- Alencastro, L. (2013), Estudio sobre el gasto público asociado a los procesos de adaptación al cambio climático. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos Cepal: Unidad de Cambio Climático.
- Alesina, A., y Perotti, R. (1996), Income distribution, political instability, and investment. *European Economic Review*, 40(6), 1203-1228.
- Alston, J. M. y Pardey, P. G. (2014), Agriculture in the Global Economy. *The Journal of Economic Perspectives*, 28(1), 121-146.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente) (2011), Panamá. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Panamá, Panamá.
- Anriquez, G. y Stamoulis, K. (2007), Rural Development and Poverty Reduction: is Agriculture Still the Key. *Electronic Journal of Agricultural and Development Economics*, 4(1), 5-46.
- Asafu-Adjaye, J. (2014), The Economic Impacts of Climate Change on Agriculture in Africa. *Journal of African Economies*, 23(suppl 2), ii17-ii49.
- Baldiviezo Estrada, E., Laura Valdez, M. S., y Quispe Mamani, M. (2013), PachaGramma Cuaderno de Registro Agroclimático. *Promoción de la Sostenibilidad y Conocimientos Compartidos-PROSUCO*, pp. 5-7.
- Banco Central do Brasil (Julio de 2015), Recuperado el 25 de septiembre 2015. FAQ - Programa Nacional de Fortalecimiento da Agricultura Familiar - Pronaf. <http://www.bcb.gov.br/?PRONAFAQ>.
- Banco Mundial. (17 de abril de 2013). Recuperado el 16 de julio de 2015, de Mexico Seeks to Adapt to Climate Change and Mitigate its Effects: <http://www.worldbank.org/en/results/2013/04/17/mexico-seeks-to-adapt-to-climate-change-and-mitigate-its-effects>.
- Barbier, E. B. (2004), Agricultural Expansion, Resource Booms and Growth in Latin America: Implications for Long-run Economic Development. *World Development*, 32(1), 137-157.
- Barrera Pedraza, D. (2012), El cambio climático y el sector silvoagropecuario chileno. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.
- Birthal, P. S., Khan, M. T., Negi, D. S. y Agarwal, S. (2014), Impact of Climate Change on Yields of Major Food Crops in India: Implications for Food Security. *Agricultural Economics Research Review*, 27(2), 145-155.

- Bliss, C., y Stern, N. (1978), Productivity, wages and nutrition: Part I: The theory. *Journal of Development Economics*, 5(4), 331-362.
- Borja-Vega, C., y De la Fuente, A. (2013), Municipal vulnerability to climate change and climate related events in Mexico. *World Bank Policy Research Working Paper*, (6417).
- Bravo-Ortega, C. y Lederman, D. (2005), Agriculture and National Welfare around the World: Causality and International Heterogeneity since 1960. *World Bank Policy Research Working Paper*, (3499).
- Caribbean Community Climate Change Centre (2012), Delivering Transformational Change 2011-21 [full report] *Implementing the CARICOM 'Regional Framework for Achieving Development Resilient to Climate Change'*.
- _____ (2009), *Climate Change and the Caribbean: a Regional Framework for Achieving Development Resilient to Climate Change (2009-2015)*.
- Carillo, F. y Maietta, O. W. (2014), The Relationship between Economic Growth and Environmental Quality: the Contributions of Economic Structure and Agricultural Policies. *New medit: Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment*, 13(1), 15-21.
- Carr, D. L., Lopez, A. C., y Bilsborrow, R. E. (2009), The Population, Agriculture, and Environment Nexus in Latin America: Country-Level Evidence from the Latter Half of the Twentieth Century. *Population and Environment*, 30(6), 222-246.
- Cervantes-Godoy, D. y Dewbre, J. (2010), "Economic Importance of Agriculture for Poverty Reduction", OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 23, OECD Publishing, Paris.
- Christiaensen, L. y Demery, L. (2007), *Down to Earth: Agriculture and Poverty Reduction in Africa*. World Bank Publications.
- CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (2013), Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la agricultura en la región Andina de Colombia. CIAT Políticas en Síntesis No. 13, CIAT, Cali, Colombia. 6p.
- Comité Interministerial sobre Cambio Climático, Gobierno Federal (2008), Plano Nacional sobre Mudanza Do Clima. Decreto No. 6.263, de 21 de noviembre de 2007.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (2012), México Quinta Comunicación Nacional Ante La Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.
- Conde, C., Ferrer, R., y Orozco, S. (2006), Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmósfera*, 19(3), 181-194.
- Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (2012), Estrategia Nacional para Fortalecer los Recursos Humanos y las Habilidades para Avanzas hacia un Desarrollo Verde, con Bajas Emisiones y Resiliencia Climática. Santo Domingo, República Dominicana.
- Da Cunha, D. A., Coelho, A. B., y Féres, J. G. (2015), Irrigation as an adaptive strategy to climate change: an economic perspective on Brazilian agriculture. *Environment and Development Economics*, 20(01), 57-79.
- Darwin, R., Tsigas, M. E., Lewandrowski, J. y Raneses, A. (1995), World Agriculture and Climate Change: Economic Adaptations (No. 33933). United States Department of Agriculture, Economic Research Service.
- De Janvry, A. y Sadoulet, E. (2009), Agricultural Growth and Poverty Reduction: Additional Evidence. The World Bank Research Observer, lkp015.
- Deschênes, O. y Greenstone, M. (2007), The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather. *The American Economic Review*, 354-385.
- Deschênes, O., y Greenstone, M. (2012), The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather: Reply. *The American Economic Review*, 102(7), 3761-3773.
- Di Falco, S., Veronesi, M., y Yesuf, M. (2011), Does adaptation to climate change provide food security? A micro-perspective from Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(3), 829-846.
- Di Falco, S., y Veronesi, M. (2013), How Can African Agriculture Adapt to Climate Change? A Counterfactual Analysis from Ethiopia. *Land Economics*, 89(4), 743-766.
- Di Falco, S., Yesuf, M., Kohlin, G. y Ringler, C. (2012), Estimating the Impact of Climate Change on Agriculture in Low-income Countries: Household Level Evidence from the Nile Basin, Ethiopia. *Environmental and Resource Economics*, 52(4), 457-478.
- Dinshaw, A. (2014), "Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation: Methodological Approaches", *OECD Environment Working Papers*, No. 74, OECD Publishing.

- Duflo, E., Kremer, M. y Robinson, J. (2011), "Nudging Farmers to Use Fertilizer: Theory and Experimental Evidence from Kenya." *The American Economic Review*, 2350-2390.
- Eakin, H. (2005), Institutional change, climate risk, and rural vulnerability: Cases from Central Mexico. *World Development*, 33(11), 1923-1938.
- ENCC (2013), Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40 Gobierno de la República, México.
- Engle, N. L., y Lemos, M. C. (2010), Unpacking governance: building adaptive capacity to climate change of river basins in Brazil. *Global Environmental Change*, 20(1), 4-13.
- Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal y Acuicola. Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador, 2012.
- Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. Ministerio del Ambiente, Perú, 2014.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, San José, Costa Rica, 2009: Editor Calderón y Alvarado, S. A.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador (2010-2025), Ministerio del Ambiente, República del Ecuador, 2012.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático Honduras. Comité Técnico Interinstitucional de Cambio Climático, 2010.
- FAO (2010), Recuperado el 16 de julio de 2015 de: La FAO Salvaguarda el Medio Ambiente Mundial: Adaptación de la agricultura al cambio climático. División de Tierras y Aguas de la FAO http://www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/backgroundnotes/webposting_SP.pdf.
- Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., y White, L.L. (Eds.). (2014), IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. *Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. N. y Van Velhuizen, H. (2005), Socio-economic and Climate Change Impacts on Agriculture: an Integrated Assessment, 1990-2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2067-2083.
- Fisher, A. C., Hanemann, W. M., Roberts, M. J. y Schlenker, W. (2012), The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather: Comment. *The American Economic Review*, 102(7), 3749-3760.
- Gabinete Social de la Presidencia de la República, Unidad Técnica (2010), Paraguay para Todos y Todas. Propuesta de Política Pública para el Desarrollo Social 2010-2020.
- Gallup, J. L., Radelet, S., y Warner, A. (1998), Economic Growth and the Income of the Poor. *Manuscript, Harvard Institute for International Development*.
- Galindo, L.M., Alatorre, J.E., y Reyes, O. (2015), Adaptación al cambio climático a través de la elección de cultivos en Perú. *El Trimestre Económico*, LXXXII (3): 489-519.
- Galindo, L.M., Reyes, O., y Alatorre, J.E. (2015), Climate change, irrigation and agricultural activities in Mexico: A Ricardian analysis with panel data. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 7(7): 262-273.
- Galindo, L.M., Samaniego, J., Alatorre, J. E. y Ferrer, J. (2014a), Procesos de adaptación al cambio climático: análisis de América Latina. Documentos de Proyectos No. 647.
- Galindo, L.M., Samaniego, J., Alatorre, J. E., Ferrer, J. y Reyes, O. (2014b), Cambio climático, agricultura y pobreza en América Latina: Una aproximación empírica. Documentos de Proyectos No. 620.
- Gay, C., Estrada, F., Conde, C., Eakin, H., y Villers, L. (2006), Potential impacts of climate change on agriculture: A case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change*, 79(3-4), 259-288.
- Gollin, D., Parente, S. y Rogerson, R. (2002), The Role of Agriculture in Development. *American Economic Review*, 160-164.
- Hanemann, W. M., & Dale, L. (2006), Economic damages from climate change: an assessment of market impacts. *Department of Agricultural & Resource Economics, UCB*.
- Hasan, R., y Quibria, M. (2004), Industry Matters for Poverty: A Critique of Agricultural Fundamentalism. *Kyklos*, 57(2):253-64.
- Hertel, T. W., y Rosch, S. D. (2010), Climate Change, Agriculture, and Poverty. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32(3): 355-385.
- Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., y Meinke, H. (2007), Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19691-19696.

- Howitt, R. E. (1995), Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77(2), 329-342.
- Hutchinson, S. (2011), An Assessment of the Economic Impact of Climate Change on the Agriculture Sector in Saint Lucia. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- _____ (2011), An Assessment of the Economic Impact of Climate Change on the Agriculture Sector in Trinidad and Tobago. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- Ignaciuk, A., y Mason-D'Croz, D. (2014), Modelling Adaptation to Climate Change in Agriculture, *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, No. 70, OECD Publishing.
- Janssen, W. G. y Sanint, L. R. (1991), Economic Trends in Latin America: Roles for Agriculture and New Technology. *Food Policy*, 16(6), 474-485.
- Johnston, B. F. y Mellor, J. W. (1961), The Role of Agriculture in Economic Development. *The American Economic Review*, 566-593.
- Jones, H. P., Hole, D. G., y Zavaleta, E. S. (2012), Harnessing nature to help people adapt to climate change. *Nature Climate Change*, 2(7), 504-509.
- Jones, P. G. y Thornton, P. K. (2003), The Potential Impacts of Climate Change on Maize Production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*, 13(1), 51-59.
- Kabubo-Mariara, J. y Karanja, F. K. (2007), The Economic Impact of Climate Change on Kenyan Crop Agriculture: A Ricardian Approach. *Global and Planetary Change*, 57(3), 319-330.
- Kane, S., Reilly, J. y Tobey, J. (1992), An Empirical Study of the Economic Effects of Climate Change on World Agriculture. *Climatic Change*, 21(1), 17-35.
- Kates, R.W., W.R. Travis, and T.J. Wilbanks (2012), Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109, 7156-7161.
- Kirton, C. (2011), An Assessment of the Economic Impact of Climate Change on the Agriculture Sector in Guyana. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- Kurukulasuriya, P., Kala, N., y Mendelsohn, R. (2011), Adaptation and climate change impacts: a structural Ricardian model of irrigation and farm income in Africa. *Climate Change Economics*, 2(02), 149-174.ve.
- Kurukulasuriya, P., y Rosenthal, S. (2013), Climate change and agriculture: A review of impacts and adaptations.
- Lau, C. y Ramírez, A. (2011), Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático. CIAT Políticas en Síntesis no. 1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 4 p.
- Lewis, W. A. (1954), Economic development with unlimited supplies of labour. *The Manchester School*, 22(2), 139-191.
- Ley No. 300, Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral Para Vivir Bien. Asamblea Legislativa Plurinacional, Bolivia, 15 de octubre de 2012.
- Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P., & Naylor, R. L. (2008), Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319(5863), 607-610.
- Lobell, D. B., y Burke, M. B. (2010), On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(11), 1443-1452.
- Long, S. P., Ainsworth, E. A., Leakey, A. D., Nösberger, J., y Ort, D. R. (2006), Food for Thought: Lower-than-expected Crop Yield Stimulation with Rising CO2 Concentrations. *Science*, 312(5782), 1918-1921.
- Magrin, G.O., Marengo, J.A., Boulanger, J.-P., Buckeridge, M.S., Castellanos, E., y Vicuña, S. (Eds.). (2014), *Central and South America*, en Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., y White, L.L. (Eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1499-1566.
- McCarl, B. A. (2010), Analysis of climate change implications for agriculture and forestry: an interdisciplinary effort. *Climatic Change*, 100(1), 119-124.
- Melo Cevallos, (Coord.) (2014), Documento descriptivo, analítico y comparativo de las políticas públicas sobre cambio climático en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia y su relación con el conocimiento tradicional. UICN, Quito, Ecuador. 37 pp.
- Mendelsohn, R. (2009), The impact of climate change on agriculture in developing countries. *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1), 5-19.
- Mendelsohn, R., Arellano-Gonzalez, J., y Christensen, P. (2010), A Ricardian analysis of Mexican farms. *Environment and Development Economics*, 15(02), 153-171.

- Mendelsohn, R., y Dinar, A. (1999), Climate change, agriculture, and developing countries: does adaptation matter? *The World Bank Research Observer*, 14(2), 277-293.
- Mendelsohn, R., Dinar, A. y Sanghi, A. (2001), The Effect of Development on the Climate Sensitivity of Agriculture. *Environment and Development Economics*, 6(01), 85-101.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D. y Shaw, D. (1994), The Impact of Global Warming on Agriculture: a Ricardian Analysis. *The American Economic Review*, 753-771.
- Mendelsohn, R., y Schlesinger, M. E. (1999), Climate-response functions. *Ambio*, 28(4), 362-366.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (2010), Estrategia Nacional de Educación Ambiental (2010-2015), Cuba.
- Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (2012), Ley 1-12 Estrategia Nacional de Desarrollo 2030. Santo Domingo, República Dominicana.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (2013), Marco Estratégico Agrario, Directrices Básicas 2014/2018.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (2005), Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- MGAP-FAO (2013), Estudio sobre políticas públicas y medidas de adaptación del sector agropecuario al cambio climático. Volumen VII de Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Autores: Rosas, Juan Francisco; Arbolea, Ignacio; Carriquiry, Miguel A.; Licandro, Hugo; Millán, Juan; Picasso, Valentín. Resultado del proyecto FAO TCP URU 3302, Montevideo.
- Monterroso R. A., A. Fernández E., R. I. Trejo V., A. C. Conde A., J. Escandón C., L. Villers R. y C. Gay G. (2014), Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mora, J., Ordaz, J. L., Acosta, A., Serna Hidalgo, B. y Ramírez, D. (2010), Panamá: efectos del cambio climático sobre la agricultura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Mora, J., Ramírez, D., Ordaz, J. L., Acosta, A. y Serna, B. (2010), Guatemala: efectos del cambio climático sobre la agricultura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Mullan, M. (2013), "National Adaptation Planning: Lessons from OECD Countries", *OECD Environment Working Papers*, No. 54, OECD Publishing.
- OECD (2014), *Climate Resilience in Development Planning: Experiences in Colombia and Ethiopia*, OECD Publishing.
- _____ (2012), *Farmer Behaviour, Agricultural Management and Climate Change*, OECD Publishing.
- Ordaz, J. L., Mora, J., Acosta, A., Serna Hidalgo, B. y Ramírez, D. (2010), Belice: efectos del cambio climático sobre la agricultura. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- _____ (2010), Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- _____ (2010), El Salvador: efectos del cambio climático sobre la agricultura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- _____ (2010), Honduras: efectos del cambio climático sobre la agricultura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- _____ (2010), Nicaragua: efectos del cambio climático sobre la agricultura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Ortiz de Zárate, M. I., Ramayoy, J. y Rolla, L. (2015), Agricultura y Ganadería. Impacto y vulnerabilidad al Cambio Climático. Posibles Medidas de Adaptación. 3ª Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
- Park, S.E., N.A. Marshall, E. Jakku, A.M.Dowd, S.M. Howden, E.Mendham, and A. Fleming (2012), Informing adaptation responses to climate change through theories of transformation. *Global Environmental Change*, 22(1),115-126.
- Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (2008-2012), Gobierno de Chile CONAMA.
- Plan de Adaptación a la variabilidad y el Cambio Climático en el Sector Agropecuario, Forestal y Pesca en Nicaragua. Ministerio Agropecuario y Forestal, Nicaragua, 2010.
- Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario. Propuesta Ministerial Elaborada en el Marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012. Santiago, Chile, Octubre 2013.
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, República de Colombia, 2012.
- PNUD-MADS (2011), Cambio climático en Colombia: estimación de las inversiones necesarias para enfrentarlo. Política Nacional de Cambio Climático (Acuerdo Gubernativo 329-2009), Guatemala, diciembre 2009.

- Ponce, Roberto, Blanco, Maria y Giupponi, Carlo. (2014), The Economic Impacts of Climate Change on the Chilean Agricultural Sector: A non-linear Agricultural Supply Model. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(4), 404-412.
- Ramírez, D., Ordaz, J., Mora, J. (2010), Istmo Centroamericano: Efectos del Cambio Climático Sobre la Agricultura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Redclift, M. (1989), The Environmental Consequences of Latin America's Agricultural Development: Some Thoughts on the Brundtland Commission Report. *World Development*, 17(3), 365-377.
- Reilly, J. (1999), What does climate change mean for agriculture in developing countries? A comment on Mendelsohn and Dinar. *The World Bank Research Observer*, 295-305.
- Rosenzweig, C., & Parry, M. L. (1994), Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367(6459), 133-138.
- Schlenker, W., Hanemann, W. M., y Fisher, A. C. (2006), The Impact of Global Warming on US Agriculture: an Econometric Analysis of Optimal Growing Conditions. *Review of Economics and Statistics*, 88(1), 113-125.
- _____ (2005), Will US agriculture really benefit from global warming? Accounting for irrigation in the hedonic approach. *American Economic Review*, 395-406.
- Schlenker, W., y Roberts, M. J. (2009), Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37), 15594-15598.
- Schultz, T. W. (1953), *The Economic Organization of Agriculture*. New York: McGraw-Hill.
- Selvarajo, R. (2013), Climate Change and Agriculture in Jamaica, Agricultural Sector Support Analysis. FAO Environment and Natural Resources Service Series, No. 20- FAO, Rome, 2013.
- Seo, S. N. (2010), A Microeconomic Analysis of Adapting Portfolios to Climate Change: Adoption of Agricultural Systems in Latin America. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32(3), 489-514.
- _____ (2008), Assessing Relative Performance of Econometric Models in Measuring the Impact of Climate Change on Agriculture Using Spatial Autoregressive Parameter. *Review of Regional Studies*, 38(2).
- Seo, S. N., McCarl, B. A., y Mendelsohn, R. (2010), From beef cattle to sheep under global warming? An analysis of adaptation by livestock species choice in South America. *Ecological Economics*, 69(12), 2486-2494.
- Seo, S. N., y Mendelsohn, R. O. (2008), An analysis of crop choice: Adapting to climate change in South American farms. *Ecological Economics*, 67(1), 109-116.
- _____ (2007), A Ricardian analysis of the impact of climate change on Latin American farms. *World Bank Policy Research Working Paper*, (4163).
- Smit, B., Burton, I., Klein, R. J., y Wandel, J. (2000), An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climatic change*, 45(1), 223-251.
- Stiglitz, J. E. (1987), Some theoretical aspects of agricultural policies. *The World Bank Research Observer*, 2(1), 43-60.
- Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., y Midgley, P.M. (Eds.). (2013), IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Strauss, J. (1986), Does better nutrition raise farm productivity? *The Journal of Political Economy*, 297-320.
- Thaler, R., y Sunstein, C. (2008), *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*. Yale University Press, New Haven, USA.
- Thirtle, C., Lin, L. y Piesse, J. (2003), The Impact of Research-Led Agricultural Productivity Growth on Poverty Reduction in Africa, Asia and Latin America. *World Development*, 31(12), 1959-1975.
- Timmer, C. P. (2002), Agriculture and Economic Development. *Handbook of Agricultural Economics*, 2, 1487-1546.
- Timmins, C. (2006), Endogenous land use and the Ricardian valuation of climate change. *Environmental and Resource Economics*, 33(1), 119-142.
- Tubiello, F. N., y Rosenzweig, C. (2008), Developing climate change impact metrics for agriculture. *Integrated Assessment*, 8(1).
- Tsakok, I. y Gardner, B. (2007), Agriculture in Economic Development: Primary Engine of Growth or Chicken and Egg? *American Journal of Agricultural Economics*, 89(5), 1145-1151.
- Valdés, A. y Foster, W. (2010), Reflections on the Role of Agriculture in Pro-Poor Growth. *World Development*, 38(10), 1362-1374.

- Vergara, W, Rios, A., Galindo, L.M., Gutman, P. Isbell, P., Sluding, P. y Samaniego, J. (2014), El desafío climático y de desarrollo en América Latina y el Caribe: opciones para un desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático y Sostenibilidad.
- VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (2011), Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.
- Wang, J. X., Huang, J. K. y Jun, Y. A. N. G. (2014), Overview of Impacts of Climate Change and Adaptation in China's Agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(1), 1-17.
- Warda, F., y Pulido-Velazquez, M. (2008), Water conservation in irrigation can increase water use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(47): 18215-18220.
- Witter, M. (2011), *An Assessment of the Economic Impact of Climate Change on the Agriculture Sector in Jamaica*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- World Bank [en línea] *Agriculture, value added (% of GDP)*, [fecha de consulta: 28 de abril de 2015]. Disponible en: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>.
- World Bank [en línea] *GDP per capita (constant 2005 US\$)*, [fecha de consulta: 28 de abril de 2015]. Disponible en: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>.
- World Bank [en línea] *Rural population (% of total population)*, [fecha de consulta: 28 de abril de 2015]. Disponible en: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>.
- Zilberman, D., Liu, X., Roland-Holst, D. y Sunding, D. (2004), The Economics of Climate Change in Agriculture. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 9(4), 365-382.

Anexos

Anexo I

Cuadro A.1
Definición de variables incluidas en el archivo “historico.xlsx”

Indicador	Periodicidad	Países Incluidos	Referencia
PIB Per Cápita	Anual (1960-2013)	Antigua y Barbuda (1976-2013, Argentina ^a , Aruba (1993-2009), Bahamas, Barbados (1960-2012), Belice, Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica (1960-2011), Cuba (1970-2011), Dominica (1977-2013), República Dominicana, Ecuador, El Salvador (1965-2013), Granada (1977-2013), Guatemala, Guyana, Haití (1998-2013), Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Saint Kitts y Nevis (1977-2011), Santa Lucía (1980-2013), San Vicente y las Granadinas, Surinam (1975-2013), Trinidad y Tobago, Uruguay, Venezuela (República Bolivariana de)	Banco Mundial con información de los datos de cuentas nacionales del Banco Mundial y los archivos de cuentas nacionales de la OCDE
Agricultura (porcentaje del PIB)	Anual (1960-2013)	Antigua y Barbuda (1977-2013), Argentina (1965-2013), Aruba (1994-2011), Bahamas (1984-2011), Barbados (1960-2012), Belice (1978-2013), Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Chile, Colombia (1965-2013), Costa Rica (1983-2013), Cuba (1970-2011), Dominica (1977-2013), República Dominicana (1965-2013), Ecuador, El Salvador (1990-2013), Granada (1977-2013), Guatemala (2001-2013), Guyana, Honduras, Jamaica (1993-2012), México (1965-2013), Nicaragua (1994-2013), Panamá (1980-2013), Paraguay (1991-2013), Perú (1960-1979), Puerto Rico (1971-2013), Saint Kitts y Nevis (1977-2013), Santa Lucía (1979-2013), San Vicente y las Granadinas (1977-2013), Surinam, Trinidad y Tobago (1984-2013), Uruguay (1983-2013), Venezuela (República Bolivariana de) (1960-2010)	Banco Mundial con información de los datos de cuentas nacionales del Banco Mundial y los archivos de cuentas nacionales de la OCDE
Empleo agrícola	1980-2012	Antigua y Barbuda (2001-2008), Argentina (1982-2012) ^a , Aruba (1994-2007) ^a , Bahamas (1986-2011), Barbados (1981-2012) ^a , Belice (1993-2005) ^a , Bolivia (Estado Plurinacional de) (1980-2009) ^a , Brasil (1981-2011) ^a , Islas Caimán (2005-2009), Chile (1980-2011), Colombia ^a , Costa Rica ^a , Cuba (1991-2011), Dominica (1989-1999) ^a , República Dominicana (1991-2011), Ecuador (1988-2012), El Salvador ^a , Granada (1988-1998) ^a , Guatemala (1981-2012) ^a , Guyana (1997-2002) ^a , Haití (1980-1999), Honduras (1980-2011), Jamaica (1992-2012), México (1989-2011), Nicaragua (1990-2010), Panamá (1982-2012), Paraguay (1982-2012), Perú (1986-2011) ^a , Puerto Rico, Saint Kitts y Nevis (1981-1984), Santa Lucía (1993-2004) ^a , Surinam (1982-1999) ^a , Trinidad y Tobago (1980-2008), Uruguay (1992-2011), Venezuela (República Bolivariana de)	Organización Internacional de Trabajo, Indicadores clave de mercados de trabajo
Tierra Agrícola (porcentaje del territorio)	1961-2012	Antigua y Barbuda, Argentina, Aruba, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Islas Caimán, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Saint Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay, Venezuela (República Bolivariana de)	Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)
Agricultura (porcentaje del crecimiento)	1961-2013	Antigua y Barbuda (1978-2013), Argentina (1966-2013), Bahamas (1990-2013), Barbados (1967-2012), Belice (1971-2013), Bolivia (Estado Plurinacional de) (1971-2013), Brasil (1966-2013), Chile, Colombia (1966-2013), Costa Rica, Cuba (1971-2011), Dominica (1978-2013), República Dominicana (1968-2013), Ecuador (1966-2013), El Salvador (1966-2013), Granada (1978-2013), Guatemala (1966-2013), Guyana, Haití (1999-2013), Honduras, Jamaica (1967-2012), México (1966-2013), Nicaragua (1995-2013), Panamá (1981-2013), Paraguay (1992-2013), Perú (1966-2013), Puerto Rico (1972-2013), Saint Kitts y Nevis (1978-2013), Santa Lucía (1981-2013), San Vicente y las Granadinas (1978-2013), Surinam (1976-2013), Trinidad y Tobago (1985-2013), Uruguay (1984-2013), Venezuela (República Bolivariana de) (1961-2012)	Banco Mundial con información de los datos de cuentas nacionales del Banco Mundial y los archivos de cuentas nacionales de la OCDE

Cuadro A.1 (conclusión)

Indicador	Periodicidad	Países Incluidos	Referencia
Población rural (porcentaje del total)	1960-2012	Antigua y Barbuda, Argentina, Aruba, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Curacao, Dominica, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Saint Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay, Venezuela (República Bolivariana de)	Banco Mundial con información de estimaciones propias basadas en las Perspectivas Mundiales de Urbanización de la ONU
Área total equipada para irrigación (porcentaje del área agrícola)	1961-2011	Antigua y Barbuda (1997-2011), Argentina, Aruba, Bahamas (1976-2011), Barbados, Belice (1970-2011), Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Curacao, Dominica, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Granada (1990-2011), Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Saint Kitts y Nevis (1977-2011), Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas (1965-2011), Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay, Venezuela (República Bolivariana de)	Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Fuente: Elaboración propia.

^a Para este país y variable la serie está incompleta.

Anexo II

Cuadro A.2 Publicaciones por metodología y región

Autores	Metodología	País/Región
Adams, <i>et al.</i> (1990)	Función de producción, modelo de simulación (método experimental)	Estados Unidos
Asafu-Adjaye (2014)	Modelo CGE: dynamic Global Trade Analysis Project model	África
Birthal, Khan, Negi y Agarwal (2014)	Efectos fijos espaciales	India
Da Cunha, Coelho y Féres (2014)	Modelo de ecuaciones simultáneas con "switching" endógeno.	Brasil
Darwin, Tsigas, Lewandrowski y Ranese (1995)	Modelo de equilibrio general computable	Varios países
Deschenes y Greenstone (2007)	Efectos Fijos	Estados Unidos
Di Falco y Veronesi (2013)	Modelo Ricardiano Estructural ("switching regressions")	Etiopía
Di Falco y Veronesi (2013)	Modelo de "endogenous switching regression"	Etiopía
Di Falco, Veronesi y Yesuf (2011)	Modelo de ecuaciones simultáneas	Etiopía
Di Falco, Yesuf, Kohlin y Ringler (2012)	Modelo Ricardiano (pseudo efectos fijos y variables instrumentales).	Etiopía
Estrada, Conde, Eakin y Villers (2006)	Función de producción	México
Fischer, Shah, Tubiello y Velhuizen (2005)	Modelo FAO/IIASA de zonas agroecológicas junto con un modelo IIASAs de sistema de alimentación global	Global
Fisher, Hanemann, Roberts y Schlenker (2012)	Efectos Fijos (Réplica a DG, 2007)	Estados Unidos
Galindo, Alatorre y Reyes (2015)	Modelo Ricardiano estructural	Perú
Galindo, Reyes, Alatorre (2015)	Modelo Ricardiano con Datos Panel	México
Ignaciuk y Mason-D'Croz (2014)	Modelo de Análisis de Políticas para Bienes Agrícolas y Comercio (IMPACT)	Países OCDE
Jones y Thornton (2003)	Modelo de simulación (modelo de Markov)	América Latina y África
Kabubo-Mariara y Karanja (2007)	Modelo Ricardiano estacional	Kenya
Kane, Reilly y Tobey (1992)	Modelo de simulación de política estática mundial (SWOPSIM)	Global

Cuadro A.2 (conclusión)

Autores	Metodología	País/Región
Kurukulasuriya, Kala y Mendelsohn (2011)	Modelo Ricardiano estructural	África
Lobell y Burke (2010)	Series de tiempo, datos en panel y sección cruzada	África
Mendelsohn, Arellano-González y Christensen (2009)	Modelo Ricardiano	México
Mendelsohn, Dinar y Sanghi (2001)	Modelo Ricardiano	India, Brasil y Estados Unidos
Mendelsohn, Nodhaus y Shaw (1994)	Modelo Ricardiano	Estados Unidos
Ponce, Blanco y Giupponi (2014)	Modelo de oferta agrícola	Chile
Rosenzweig y Parry (1994)	Modelo de equilibrio general	Mundial
Schlenker y Roberts (2009)	Método generalizado de momentos	Estados Unidos
Schlenker, Hanemann y Fisher (2005)	Regresión hedónica del valor de las tierras de cultivo	Estados Unidos
Schlenker, Hanemann y Fisher (2006)	Regresión hedónica del valor de las tierras de cultivo	Estados Unidos
Seo (2008)	Mínimos cuadrados ordinarios, datos en panel y dos modelos espaciales	América del Sur
Seo (2010)	Logit mixto. Regresiones de valor de tierra	América Latina
Seo y Mendelsohn (2007)	Modelo Ricardiano	América Latina
Seo y Mendelsohn (2008)	Logit multinomial	América del Sur
Seo, McCarl y Mendelsohn (2010)	Logit multinomial	América del Sur
Timmins (2006)	Modelo Ricardiano controlando por endogeneidad	Brasil
Wang, Mendelsohn, Dinar, Huang, Rozelle y Zhang (2009)	Modelo Ricardiano	China

Fuente: Elaboración propia.

Anexo III

Documentos de CEPAL sobre los efectos del cambio climático en la agricultura en Centroamérica

A continuación se presenta una descripción detallada del documento elaborado por Ramírez, Ordaz y Mora (2010) para el Istmo Centroamericano. El resto de los documentos aquí descritos tienen una estructura similar y siguen la misma metodología. Por lo tanto, para dichos documentos se incluyen menos detalles.

1. Istmo Centroamericano (Ramírez, Ordaz y Mora, 2010)

Contexto

Los gases de efecto invernadero han sido la explicación al aumento general de las temperaturas en el mundo. Aunque el hombre ha liberado CO₂ desde que empezaron las actividades agrícolas, las emisiones mundiales de GEI aumentaron en 70% en el periodo 1970-2004. Una parte de lo anterior se explica por las fuentes de energía usadas para el desarrollo de actividades económicas; la agricultura es, de igual forma, responsable de emisiones de GEI (entre 10% y 12%). El calentamiento global tendrá consecuencias en la producción agrícola en forma de cambios de los patrones de temperatura y lluvia, erosión del suelo, entre otros. El impacto del cambio climático para América Latina es relevante porque los países en zonas con clima tropical tienden a ser más vulnerables al cambio climático, como Rosenzweig y Parry (1994) lo indican.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es analizar el impacto potencial del cambio climático sobre la agricultura en Centroamérica.

Revisión de literatura

Metodologías

Existen dos enfoques metodológicos generales para estudiar los efectos del cambio climático en el sector agropecuario: estructural (combinación entre las respuestas físicas de los cultivos con las respuestas económicas de los agricultores) y espacial (utiliza las diferencias observadas en la producción agrícola y el clima entre regiones).

i) Enfoque estructural

Se estima la sensibilidad de algunos cultivos ante variaciones climáticas y con ellas se estudia el efecto de los cambios en la oferta de los cultivos y el precio de los productos agrícolas.

Cuadro A.3
Literatura relacionada

Warrick (1984)	Simulación de incrementos en la temperatura (similares a los 30's) y evaluación en la producción de cultivos
Terjung, <i>et. al.</i> (1984)	Sin cambios en la tecnología, las cantidades de agua tienen que ser mayores ante aumentos de temperatura
Easterling, <i>et. al.</i> (1993)	Simulación de temperaturas que impactarían en reducciones importantes en la producción de distintas regiones de Estados Unidos
Smith, <i>et. al.</i> (1996)	Estudio de la adaptación humana al cambio climático
Adams, <i>et. al.</i> (1988)	Análisis económico de los efectos del cambio climático en la agricultura del oeste de Estados Unidos
Darwin, <i>et. al.</i> (1995)	Estudian efectos del cambio climático global sobre la agricultura mundial con interacciones entre el clima, sector agrícola, recursos del agua, producción, comercio y consumo. Concluyen que las pérdidas en la producción mundial no serían homogéneas entre regiones

Fuente: Elaboración propia.

ii) Enfoque espacial

Estimar los efectos del cambio climático en la agricultura con base en diferencias observadas en los valores de la tierra, producción agrícola e impactos climáticos. Estimación por medio de modelos Ricardianos y de Equilibrio General Computable. Identificar cómo algunas regiones más frías se pueden adaptar a prácticas seguidas en regiones más cálidas e implicaciones. Supuesto: los ajustes biológicos, físicos y económicos se realizan de manera automática.

Modelo Ricardiano: en mercados competitivos, el valor de la tierra representa el valor presente de los ingresos netos esperados derivado del uso eficiente de la tierra. Estimación de los efectos de variaciones en el clima y factores económicos y no económicos en el valor de la tierra agrícola con información desagregada.

Cuadro A.4 Literatura relacionada

Mendelsohn (1994)	Analiza la influencia del clima sobre la renta o valor neto de la tierra agrícola con información transversal a nivel condado. A mayores temperaturas, se reduce el valor promedio de la tierra
Molua y Lambi (2007)	Enfoque Ricardiano para medir la relación entre clima y ganancia neta de los cultivos con información a nivel granja en Camerún
Mendelsohn, Dinar y Sanghi (2001)	Comparación entre la sensibilidad al cambio climático entre Estados Unidos e India. Concluyen que el nivel de desarrollo tiene un efecto importante en la sensibilidad al cambio climático en los países
Seo y Mendelsohn (2006)	El ingreso ganadero es muy sensible a cambios en variables climáticas. Datos a nivel individual de 11 países de África. El ingreso de grandes productores se ve reducido por aumentos en la temperatura y el de pequeños se incrementa
Seo y Mendelsohn (2008)	Creación de modelo Ricardiano estructural que considera las decisiones de adaptación de los productores
Mendelsohn, <i>et. al.</i> (2007)	Datos a nivel municipal de Brasil con los que concluyen que el cambio climático tiene efectos significativos en el ingreso rural debido a la productividad agrícola
Mendelsohn y Seo (2007)	Muestra a nivel granja en Sudamérica. Incrementos en la temperatura tienen efectos negativos en el valor de la tierra, mayor precipitación aumenta el flujo de ingresos de productores
Mendelsohn, Christensen y Arellano (2009)	Análisis para México en el que estiman pérdidas de 42%-54% para el 2100 dependiendo del cambio en temperaturas
Estudios para América Latina	La severidad de los impactos es distinta para distintos países. Es posible que algunas regiones al interior de países, como México, resulten beneficiadas por el cambio climático
Torre, Fajnzylber y Nash (2009)	Los efectos negativos del cambio climático son más adversos al centrarse más en el ecuador
Otros estudios Ricardianos	Aplicaciones al estudio de decisiones adaptativas de los productores ante nuevos escenarios climáticos; qué cultivos se adoptarían (Seo y Mendelsohn), especies ganaderas (Seo y Mendelsohn) o el efecto de emigración de hogares rurales (Mora y Yúñez, 2008)

Fuente: Elaboración propia.

Modelo CGE: modelan la agricultura respecto de otros sectores económicos y permiten movimiento de recursos entre sectores en respuesta a los incentivos económicos.

Cuadro A.5 Literatura relacionada

Rosenzweig y Parry (1994)	Examinaron los efectos del cambio climático en la producción mundial del cereal y la distribución de tales impactos entre los países desarrollados y en desarrollo para el 2016
---------------------------	---

Fuente: Elaboración propia.

Sector ganadero: el cambio climático podría disminuir la ganancia de peso en los animales y la producción de lácteos durante el verano en zonas cálidas.

Impactos en Centroamérica

Cuadro A.6 Literatura relacionada

Fournier y Di Stefano (2004)	Desastres naturales que han favorecido la ocurrencia de incendios forestales y pérdidas en la producción de granos en Centroamérica
Hamerling (2007)	Los países centroamericanos son los que tienen mayor riesgo climático. Honduras y Nicaragua son los primeros
Vega y Gámez (2003)	Implicaciones económicas de los desastres por eventos hidrometeorológicos en la economía centroamericana. Pérdida promedio anual de 1,07%
Monterrosa de Tobar (1998)	El cambio climático puede ocasionar pérdidas de maíz entre 3,1 y 7,5 millones de dólares en 2025 y 20100 para el Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

i) El sector agropecuario y el cambio climático

Aporte agropecuario y rural a la economía centroamericana:

- Agricultura, ganadería y agroindustria representan 18% del PIB total de Centroamérica.
- 35% de las exportaciones de bienes en Centroamérica.
- Núcleo más importante de las actividades rurales.
- Poca productividad, crecimiento agropecuario per cápita de 2,8% debida principalmente a la escasa capitalización del sector, daños de cambio climático y migración de capital humano. Escasa innovación.
- Baja tasa de inversión en la agricultura y medio rural.

ii) Servicios ambientales de la agricultura y medio rural

- i) Mitigación de emisión de gases: cobertura boscosa de 21,5 millones de hectáreas y área cultivada de 17,9 millones de hectáreas para captura de CO₂.
- ii) Conservación de biodiversidad: protección y uso sostenible de especies y conservación de ecosistemas.
- iii) Protección de recursos hídricos: generación hidroeléctrica representa 50% de producción total.
- iv) Belleza escénica.
- v) Mitigación de impactos de desastres causados por fenómenos naturales.

iii) Centroamérica ante el cambio climático

Efectos del cambio climático en la agricultura: estimación de daños y pérdidas totales debido a eventos climáticos arrojan casi 11.000 millones de dólares (5,7% del PIB).

Estrategias, políticas y programas frente al cambio climático:

- Presidentes centroamericanos en 1999: “Reducción de las Vulnerabilidades y del Impacto de Desastres”.
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD): Plan Ambiental de la Región Centroamericana con secciones de adaptación y mitigación al cambio climático.
- Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC): Política Agrícola Centroamericana 2008-2017.

Metodología

i) Enfoque de función de producción

En el estudio se analizan los efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria en cuatro grupos: producción agropecuaria, producción de cultivos, producción de cereales y producción pecuaria. Asimismo, se estudia un análisis de los efectos del cambio climático sobre el maíz, frijol y arroz. Estimación de una función de producción cuadrática y con ello se estima el impacto sobre índices de producción o rendimientos de cultivos ante variaciones de temperatura y precipitación.

- Estimación de la función de producción para los cuatro índices de producción: Mínimos Cuadrados Ordinarios.
- Estimación sobre los rendimientos de productos (maíz, frijol y arroz): Efectos Fijos.

Después de la función de producción, se estima el impacto de las variaciones de algunos factores como temperatura, precipitación, niveles de CO₂, etcétera. La estimación por función de producción no captura estrategias de adaptación y mitigación de los agricultores pero tiene resultados de la relación entre rendimientos y condiciones climáticas.

Enfoque ricardiano

Análisis de sección cruzada para estimar los efectos del cambio climático en la productividad agrícola. Utiliza el valor de la tierra como variable dependiente porque refleja la expectativa de ingresos en un horizonte de varios años. El ingreso neto agrícola también se utiliza pero sólo utiliza un resultado anual. Estimar la relación funcional del valor de la tierra y las variables climáticas para evaluar la función ricardiana en varios escenarios climáticos para obtener el monto monetario por el cual el valor de la tierra será afectado.

Impacto del cambio climático sobre el sector agropecuario

i) Impacto sobre funciones de producción agropecuaria

Estimación del impacto de los cambios en temperatura y precipitación sobre el sector agropecuario para 1961-2005. Examina el impacto directo de cambios en variables climáticas y emisiones de CO₂ sobre índices de producción agropecuaria, cultivos, cereales y producción pecuaria.

Estimación: utiliza datos agrupados para mejor ajuste de las variables climáticas. Muestra de 315 datos.

Datos: índices de producción agropecuaria tipo Laspeyres, base 1999-2001 construido por la FAO de Centroamérica. Datos de temperatura y precipitación anual por país. Los niveles de emisión del sector de energía de CO₂ se consideran como proxy de la concentración total de CO₂. Se incluyen variables de control como PIB y población. Datos de la superficie de tierra arable y cultivos permanentes, superficie de tierra de bajo riego, PEA rural y PEA total de FAOSTAT.

Resultados: signo negativo en términos cuadráticos de la temperatura que demuestra que existen rendimientos decrecientes en temperatura y precipitación. En promedio, niveles por debajo de 27°C provocarían incrementos en la producción agropecuaria. Durante la temporada de lluvias, los niveles de precipitación acumulada mayores de 1.500 mm producen rendimientos decrecientes en la producción. Superficie de tierra arable y cultivos permanentes y superficie provista de riego tienen signos positivos. Se incluyen términos cuadráticos para capturar el efecto no lineal de variables climáticas sobre la producción y obtener estimaciones de los niveles a los que el clima tiene efectos adversos.

Adicionalmente: con base en los estimadores obtenidos, se estimaron los niveles que tendrían los índices de producción a distintos valores de temperatura y precipitación. Las estimaciones indican que en todos los índices de producción ya se sobrepasó la temperatura que maximiza la producción. Incrementos en la temperatura y precipitación ocasionarán pérdidas en la producción agrícola.

ii) Impacto sobre los rendimientos de maíz, frijol y arroz

Gran cantidad de hectáreas destinadas a la producción de estos tres productos.

Estimación: modelo de efectos fijos para cada uno de los tres productos. La variable de interés es el rendimiento, medido en toneladas producidas por hectárea.

Datos: datos del periodo 1961-2006. Variables explicativas: población en logaritmos, superficie provista para riego como proxy de irrigación, superficie de tierra arable, temperatura promedio y precipitación promedio.

iii) Resultados:

- Maíz: temperatura y precipitación con comportamiento cóncavo (en niveles bajos, a medida que aumentan, tienden a estimular la producción del maíz), relación positiva entre rendimientos del maíz y población e irrigación. Incrementos en temperatura pueden traer ganancias en producción de maíz en el corto plazo que después incurren en pérdidas (no alcanzará temperatura óptima).
- Frijol: producto que presenta menores rendimientos. Temperatura y precipitación muestran comportamiento cóncavo. La población y la superficie de tierra arable tiene relación positiva con los rendimientos. Altos niveles de precipitación pueden generar que los rendimientos del frijol se reduzcan.
- Arroz: temperatura y precipitación con comportamiento cóncavo. Estaría por alcanzarse el nivel de temperatura que permite el máximo rendimiento de producción de arroz.

*Escenarios futuros: impactos del cambio climático sobre el sector agropecuario**i) Impacto sobre la producción agropecuaria*

Se requirieron escenarios climáticos proporcionados por el Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Se mantienen constantes a valores del 2005 las variables de control utilizadas para la función de producción y sólo se permitieron variaciones de temperatura y precipitación. Se utilizan dos escenarios A2 (HADGEM, GFDL y ECHAM) y B2 (HADGEM, GFDL y ECHAM) que pronostican una disminución en la precipitación acumulada anual en la región. Las simulaciones indican que los impactos negativos derivados de las variaciones en temperatura y precipitación en el sector agropecuario de Centroamérica, con una tasa de descuento del 4%, alcanzan 2,8% del PIB para el 2050 y 4% para el 2100. Si se utiliza una tasa de descuento de 0,5%, los impactos representan 5,4% del PIB para el 2050 y 19,1% para el 2100.

ii) Impacto sobre rendimiento de maíz, frijol y arroz

Proyecciones realizadas con variaciones en la temperatura y precipitación, manteniendo los otros términos constantes con valores del 2006. Bajo los dos escenarios, las estimaciones muestran comportamientos similares, la producción tiende a crecer ligeramente en el corto plazo y luego a decrecer. El cambio climático puede favorecer inicialmente la producción de maíz y luego generar pérdidas. Para conocer cómo se traducirían estas disminuciones en términos económicos se calculan posibles impactos tomando como referencia el PIB del 2007. Los impactos al 2100 significan una pérdida de 0,5% del PIB de 2007, considerando tasa de descuento del 4%.

iii) Conclusiones

Con los modelos de funciones de producción, se muestra que el cambio climático producirá efectos negativos sobre la producción agropecuaria en Centroamérica. La consecuencia directa de los cambios en temperatura y precipitación será el deficiente suministro de alimentos en la región y pérdidas económicas. Estas pérdidas al 2100 representan un porcentaje alrededor del 19% del PIB del 2007. Centroamérica depende en gran parte de la producción agropecuaria y el efecto principal del cambio climático se irá principalmente sobre los agricultores de subsistencia, que representan 59,4% de los productores totales que no cuentan con tecnologías de riego. La disminución en la producción ocasionará pérdidas económicas importantes porque no existen recursos suficientes para compensarla.

Estrategias de adaptación:

- i) Uso de especies adaptadas localmente.
- ii) Incremento del contenido de materia orgánica del contenido de los suelos.
- iii) Manejo adecuado del agua para evitar inundaciones, erosión y lixiviación de nutrientes.

- iv) Uso de estrategias de diversificación como cultivos intercalados, agroforestería e integración animal.
- v) Prevención de plagas, enfermedades e infestaciones de malezas.
- vi) Uso de indicadores naturales para el pronóstico del clima a fin de reducir riesgos en producción.

2. Resultados de otros estudios

Guatemala (Mora, Ramírez, Ordaz, Acosta, Serna, 2010)

Tipo de artículo: descriptivo y empírico.

Contribución del agro y medio rural a la economía guatemalteca

- La agricultura emplea al 50% de la población económicamente activa (PEA).
- Para el 2008 el PIB agropecuario representó más del 13% del PIB total y con agroindustria el 21%.
- En el periodo 2002-2008, las exportaciones agroalimentarias crecieron a una tasa promedio anual del 10%.
- La población rural en Guatemala ha disminuido. En el 2002 representaba más del 54% y en el 2008 es 45% del total.
- Bajos salarios para la población que trabaja en actividades agrícolas (salario mínimo de 52 quetzales en el 2008, insuficiente para comprar una canasta básica) y poca productividad del campo (sólo 40% de sus productos agropecuarios están en la categoría de estrellas nacientes).

Efectos del cambio climático en la agricultura en los últimos años

Fenómenos naturales: huracán Mitch en 1998 (pérdidas de 4% del PIB), sequías en 2001 y Tormenta Tropical Stan del 2005 (pérdidas del 3,6% del PIB en general, afectando los cultivos de maíz blanco y frijol).

Impacto sobre la función de producción agropecuaria

La temperatura de 2005 rebasó el nivel de temperatura que maximiza la producción agrícola, la temperatura registrada en 2005 la función presenta rendimientos decrecientes. La precipitación de 2005 sobrepasó la precipitación óptima que maximiza la función de producción agrícola.

Impacto sobre la producción de maíz, frijol y café

Es probable que se haya rebasado la temperatura que permite alcanzar los mayores rendimientos del maíz. La producción de maíz alcanza su rendimiento máximo en niveles de precipitación inferiores al actual. Para el caso del frijol, el nivel máximo se alcanza con niveles de precipitación y temperatura inferiores a los actuales. Para el caso del café, es probable que el cambio climático lleve a efectos positivos en el corto plazo para este producto, ya que no ha alcanzado la temperatura que permite mayores rendimientos.

Impacto sobre el valor de la tierra

Un incremento marginal en la temperatura promedio anual de un grado Celsius reduce la renta de la tierra en aproximadamente 6 dólares, que representa más del 5% de la renta promedio. Un incremento en la precipitación acumulada de 10 mm implica una disminución en la renta de la tierra de 2 dólares, 2% de la renta promedio.

Costa Rica (Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna, 2010)

Tipo de artículo: descriptivo y empírico.

Contribución de la agricultura a la economía:

- La producción en el sector agrícola representa entre 7,5% y 10% del PIB y ocupa al 15% de la fuerza laboral disponible.
- Principales productos de exportación: café, plátano, azúcar y piña.
- Superficie agrícola: 56,7% con respecto a la superficie terrestre costarricense.
- Con respecto a la superficie agrícola: 3,7% tierra agrícola regada, 7,8% tierra arable y 11,4% cultivos permanentes.
- Disminución de personas que viven en áreas rurales: en el 2000 eran 40%, en el 2008 eran 34,1% de la población total.
- En el 2000, 38,4% de la PEA total era rural, en el 2008 sólo el 32,6% lo fue y desempleo en el sector rural cercano al desempleo total observado.
- El valor agregado agrícola (diferencia entre ingresos y costos de la materia prima y capital fijo) representa 75% del valor agregado de las actividades agropecuarias.

Costa Rica ante cambio climático

Fenómenos naturales: huracán Mitch en 1998 y sequía en el 2001. La temperatura ha tendido a estabilizarse.

Metodología: función de producción y modelo Ricardiano.

Impacto del cambio climático sobre el sector agropecuario

Función de producción: examina el efecto directo de las variables climáticas sobre la producción (temperatura y precipitación). Estimaciones por medio de Mínimos Cuadrados Ordinarios con índices de producción agropecuaria, producción de cultivos y producción pecuaria. Como variables climáticas se usan la temperatura promedio anual, temperatura máxima anual y precipitación máxima anual. Como variables de control: factores de trabajo. La temperatura máxima en el 2005 de Costa Rica es mayor que permita obtener la producción máxima.

Impacto sobre la producción de maíz, frijol y café

Función de producción: estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios. Variable de interés: rendimientos (toneladas producidas por hectárea) y explota las variaciones de temperatura y precipitación. Para el maíz, tanto la temperatura como la precipitación parecen incentivar la producción en niveles relativamente bajos y desincentivarla en niveles relativamente altos. Para el frijol, la temperatura y la precipitación muestran un comportamiento cóncavo respecto a los rendimientos del frijol. De acuerdo con las estimaciones, para el frijol ya se rebasó la temperatura que permite alcanzar los mayores rendimientos de producción. Los resultados son similares para el café.

Impacto sobre el valor de propiedad

Estimación por medio de enfoque Ricardiano con datos económicos y sociodemográficos de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples y datos meteorológicos a nivel municipal de la UNAM. Se estima por medio de Mínimos Cuadrados Ordinarios y utiliza “ingreso por alquiler de la propiedad” como variable dependiente con varias especificaciones (variando en el número de controles). Los resultados indican que el ingreso por alquiler de propiedad disminuye cerca de dos dólares ante un incremento de 1°C de temperatura media anual. Tal efecto representa cerca del 2% de la ganancia mensual por alquiler de la propiedad de los hogares rurales de Costa Rica. También se encuentra que existe un impacto negativo en ingreso recibido por concepto de alquiler que va de medio dólar a cerca de dos dólares ante el incremento de una unidad de temperatura media anual.

Escenarios futuros

Los impactos de proyecciones futuras predicen efectos negativos que van desde 0,5% hasta 6% del ingreso por renta de la propiedad. Como resultado de los cambios en la producción agropecuaria, hacia el 2100 las pérdidas acumuladas serían cercanas a 4% del PIB ante una tasa de descuento de 4%.

El Salvador (Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna, 2010)

Tipo de artículo: descriptivo y empírico.

Importancia del sector agropecuario

- Contribución al PIB superior del 11%.
- El sector agrícola aporta 60% del valor agregado, 29% es el sector pecuario, silvicultura 6% y caza 3%.
- Los granos básicos y cultivos no tradicionales han ganado importancia en el valor agregado del sector agropecuario (19%-23% y 18%-23%).
- Los cultivos de exportación redujeron el aporte al valor agregado agropecuario de 25% a 16%.
- La productividad de algunos cultivos se ha mantenido baja y se ha estancado en algunos granos.

El Salvador ante el cambio climático

Fenómenos naturales: el huracán Mitch trajo pérdidas de alrededor de 388 millones de dólares, cerca del 40% fueron absorbidas por el sector agropecuario. La tormenta Stan trajo daños de cerca de 355 millones de dólares. El Salvador es muy vulnerable en relación con otros países del continente debido a su ubicación geográfica y tiene gran índice de riesgo climático.

Impacto del cambio climático en las funciones de producción agropecuaria

Impacto de cambios en la temperatura y precipitación en el sector agropecuario con datos de 1961-2005 con Mínimos Cuadrados Ordinarios, las variables climáticas son temperatura promedio anual, temperatura mínima anual y precipitación acumulada y las variables de control (PEA rural, PEA total y población). Variable de interés es el índice de producción restringido por la superficie cultivada. Los coeficientes relacionados con la temperatura no parecen ser significativos de forma individual. El nivel de precipitación de El Salvador en el 2005 está cercano al nivel que maximiza la producción. Las funciones de producción presentan rendimientos crecientes en temperatura y precipitación. La precipitación del 2005 es ligeramente menor a la precipitación óptima que maximiza la producción de cereales.

Impacto del cambio climático sobre la producción de maíz, frijol y café

Se utiliza una función de producción estimando con Mínimos Cuadrados Ordinarios. Variable de interés son los rendimientos (toneladas por hectárea). No se controla por posible adaptación de los agricultores. Para el maíz, la producción alcanza su rendimiento máximo en niveles de precipitación para el 2006. Para la producción de frijol, tanto la temperatura como la precipitación son significativas. Para la producción de café, las variables climáticas son la precipitación promedio en época seca y la temperatura promedio anual.

Impacto sobre el valor de tierra

Datos de la Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples y para las variables meteorológicas los laboratorios de la UNAM. Los efectos de la precipitación acumulada anual son significativos. El ingreso por alquiler de la propiedad disminuye en 46 centavos de dólar ante un aumento de 1°C de la temperatura media anual (lo cual representa cerca del 2% de ganancia mensual por alquiler de la propiedad de los hogares rurales en El Salvador). Los efectos marginales de las variables de clima sobre el ingreso por alquiler de la propiedad no son significativos al 5%.

Escenarios futuros: impactos del cambio climático sobre el sector agropecuario

Se contabilizaron los costos de la producción agropecuaria hasta el 2100 en relación con el PIB del 2007. Considerando varios escenarios y una tasa de descuento de 4% de forma acumulada hacia 2050, las pérdidas serían de alrededor de 1,6% y 1,9% del PIB.

Panamá (Mora, Ramírez, Ordaz, Acosta y Serna, 2010)

Tipo de artículo: descriptivo y empírico.

Contribución del agro y medio rural a la economía de Panamá

- El sector agropecuario representa 6% del PIB y con el sector agroindustrial representa 10%.
- 9,2% de las hectáreas de Panamá son dedicadas a la producción de cultivos temporales (arroz, maíz, frijol) y 5,3% de cultivos permanentes (azúcar, piña, plátano y café).
- En el 2002-2008 las exportaciones agroalimentarias crecieron a una tasa promedio anual de 7,7%.

Panamá ante el cambio climático

Fenómenos naturales: deslizamientos e inundaciones durante la estación lluviosa; en 1990-2004 hubieron 650 inundaciones y 250 deslizamientos. Estos fenómenos naturales suelen manifestarse con particular dureza en la agricultura y medio rural.

El impacto del cambio climático sobre el sector agropecuario

Función de producción agropecuaria: construcción de funciones de producción por mínimos cuadrados ordinarios y examina el efecto directo de variables climáticas sobre la producción. Las variables de interés son la producción agropecuaria, producción de cultivos y producción pecuaria, restringiendo para la producción pecuaria, con las variables de control típicas. La precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre que se presentó en Panamá en 2005 es inferior a la lluvia que permite obtener la producción óptima.

Producción de maíz, plátano y arroz: posibles efectos del cambio climático sobre la producción de los mismos por medio de MCO con una función de producción. La variable de interés son los rendimientos, medidos en toneladas producidas por hectárea. Las variables de clima son precipitación promedio anual y precipitación promedio en el periodo de mayo a octubre. Para el maíz, la temperatura y precipitación incentivan la producción en niveles relativamente bajos y desincentiva en niveles relativamente altos, se ha rebasado el nivel de temperatura que permite alcanzar los mayores rendimientos del maíz. Para el plátano y el arroz, resultados similares que para el maíz.

Impacto sobre el valor de tierra

Datos de la Encuesta de Niveles de Vida 2003 del PNUD y los datos meteorológicos de temperatura por la UNAM. La variable dependiente que se considera es el valor en el cual se vendería la finca o parcela propia como proxy del valor de la tierra. En todas sus especificaciones, el impacto de la temperatura media anual sobre el valor de la parcela es negativo y significativo. El valor de venta de la finca o parcela propia disminuye 7,15 dólares ante un incremento de 1°C en la temperatura media anual. Dicho efecto representa casi el 24% del valor promedio de venta de la finca de los hogares rurales de Panamá.

Escenarios futuros: impactos del cambio climático sobre el sector agropecuario

Considerando distintos escenarios y una tasa de descuento de 4% de forma acumulada hacia 2050, las pérdidas serían de 4% y 7% del PIB de 2007. Considerando los impactos negativos acumulados hacia 2100 con la misma tasa de descuento, las pérdidas económicas acumuladas representarían 8% y 9% del PIB. Los mayores impactos negativos parecen deberse a incrementos en la temperatura.

Nicaragua (Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta y Serna, 2010)

Tipo de artículo: descriptivo y empírico

Importancia del sector agropecuario

- El PIB agropecuario representó alrededor del 19% del PIB total, incluyendo agroindustria es 30%.
- Las exportaciones agropecuarias del 2008 representaron 32% de las exportaciones totales.
- El sector absorbió el 39% de la población económicamente activa.
- El componente agrícola es el que aporta mayor proporción al valor agregado bruto de la producción agropecuaria en Nicaragua.
- Nicaragua tiene 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% por cultivos de labranza y 42,7% por superficie forestal.
- La población rural representa poco más del 40% de la población total.

Efectos del cambio climático en la agricultura de Nicaragua en los últimos años

Fenómenos naturales: Nicaragua ocupa el tercer sitio según el índice de riesgo climático. Huracán Mitch que causó una pérdida económica de 27% del PIB, sequías del 2001 con pérdidas del 1,2% y el huracán Félix con pérdida de 5,2% del PIB.

Impacto del cambio climático sobre el sector agropecuario

Funciones de producción agropecuaria: estimación por medio de MCO con datos anuales de 1961-2005 con índices de producción agropecuaria, producción de cultivos y producción pecuaria. Los índices se restringieron por la superficie cultivada. Las variables climáticas y de control son las mismas que para los otros países.

Función de producción para rendimientos de maíz, frijol y café: estimación con MCO. Variable de interés es el rendimiento, medido en toneladas producidas por hectárea. Para el maíz, la temperatura y la lluvia son variables importantes con rendimientos decrecientes. Resultados similares para el frijol y café (el nivel de temperatura que permite mayores rendimientos ya se ha rebasado).

Impacto sobre el valor de la tierra

Datos socioeconómicos de la Encuesta Nacional de Hogares sobre Medición de Nivel de Vida 2005. Los datos de cambio climático se obtuvieron de la UNAM (temperatura y precipitación a nivel municipal). Datos de los suelos obtenidos de información de la FAO. El valor contingente de la renta de la tierra disminuye en 2,20 dólares ante un incremento de 1°C en la temperatura media anual (cerca del 5% del valor contingente de la tierra de los hogares rurales)

Impactos económicos del cambio climático sobre el sector agropecuario

Considerando dos escenarios y una tasa de descuento de 4%, para el 2100 las pérdidas económicas acumuladas representarían el 3% del PIB de 2007. Asimismo, diferentes efectos significativos en la reducción de los cultivos de maíz, frijol y café. Proyecciones para el 2020 estiman que un aumento de la temperatura media anual 1,62°C y un incremento de la precipitación acumulada de 33,35 mm con relación a los valores históricos, existiría una disminución del 35% del valor contingente de la renta de la tierra.

Honduras (Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna, 2010)

Tipo de artículo: descriptivo y empírico.

Importancia del sector agropecuario

- Del total de extensión terrestre, 26% representaba superficie agrícola.
- Participación del sector agrícola de 13% del PIB. Considerando el PIB agroalimentario, la proporción aumenta 21%.
- Exportaciones agropecuarias de 23% del país.
- El sector agrícola representa mayor proporción del valor agregado agropecuario con 66%.

Impacto del cambio climático sobre el sector agropecuario

Producción de frijol, maíz y café: variables climáticas incluyen temperatura promedio, promedio anual y precipitación promedio. La temperatura no es estadísticamente significativa en la producción de frijol pero la precipitación sí lo es. En el caso del maíz y el café, ambas variables climáticas son relevantes para explicar los rendimientos.

Función de producción: utilizan tres funciones de producción: producción en su conjunto, de cereales y pecuaria. Los coeficientes obtenidos para precipitación y temperatura son significativos de forma conjunta.

Impacto sobre el valor de la tierra

Datos económicos y sociodemográficos de la Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples. Datos meteorológicos de la UNAM y características del suelo de la FAO. Las ganancias agrícolas mensuales promedio disminuyen en 1,7 dólares ante un incremento en 1°C de la temperatura media anual. Tal efecto representa 1% del ingreso promedio de los hogares rurales y 23% de los hogares rurales con menos ingresos.

Escenarios futuros: impactos económicos de cambio climático

Con estimaciones para cambios en temperatura futuros se muestra que la producción tenderá a mantenerse en niveles cercanos a los actuales en el corto plazo. El cultivo más afectado es el frijol. Podrían existir pérdidas de 1% y 2% del PIB para el año 2100 con tasas de descuento del 4% y 2%. Las mayores pérdidas causadas por el cambio climático se deben a la precipitación. Se encuentra que un aumento de la temperatura media anual de 1,71°C y una disminución de la precipitación acumulada de 25,1 mm implican una disminución de 5,05% de las ganancias agrícolas ante varios escenarios.

Belice (Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta y Serna, 2010)

Importancia del sector agrícola en la economía

- El sector agrícola representó 11% del PIB para el 2010.
- La mitad de la población vive en áreas rurales, la población económicamente activa en la agricultura representa 24% de la población económicamente activa.

Efectos del cambio climático en la agricultura en los últimos años

Fenómenos naturales: intensificación de eventos climáticos extremos. La temperatura de Belice ha aumentado en los últimos años. Dada su ubicación, Belice puede ser muy afectado por huracanes. El huracán Keith tuvo pérdidas económicas del 30% del PIB, el huracán Dan causó pérdidas del 7% del PIB.

Impactos del cambio climático en el sector agrícola

Función de producción: se construyeron funciones de producción del periodo 1961-2005. Utilizaron índices de producción agrícola y variables de control como en los estudios para otros países con mínimos cuadrados ordinarios. El nivel de precipitación tiene un efecto indirecto en la producción de algunos cereales porque puede causar inundaciones, en el 2005 la precipitación fue mayor que la que permite un nivel máximo de producción.

Función de producción de maíz, frijol, caña de azúcar y naranja: para el maíz, las variables climáticas no fueron estadísticamente significativas. El nivel de precipitación en el 2006 fueron mayores que el que permite una producción máxima del maíz. Para el rendimiento del azúcar, un aumento en la temperatura puede tener efectos positivos. Asimismo, una reducción en la precipitación puede ser beneficiosa para la naranja.

Escenarios futuros: impactos del cambio climático en el sector agrícola

Con escenarios de proyección, se calculó que el impacto de la producción para el 2100 en relación con el PIB del 2007 y con tasas de descuento de 4%, se estiman pérdidas de 12% y 5% del PIB.

Anexo IV

Documentos de CEPAL sobre los efectos del cambio climático en la agricultura en países del Caribe

A continuación se presenta una descripción breve de cuatro documentos elaborados por CEPAL sobre los efectos del cambio climático en cuatro países del Caribe.

Guyana (Kirton, 2011)

Importancia del sector agrícola en la economía

La agricultura es un contribuyente importante al PIB de Guyana e influye considerablemente en el desarrollo rural. El azúcar representa 10% del PIB y 40% del sector agrícola en el 2009. El arroz es el cultivo con mayor proporción de tierras agrícolas y una de las principales fuentes de ingreso y empleo en áreas costeras.

Metodología

- Función de producción agregada para modelar el efecto del cambio climático en la producción agrícola; se controla por el efecto de los precios y los insumos agrícolas típicos. Realizan una prueba de rezago autoregresivo distribuido (ARDL) debido a cointegración y se incluyen variables de tendencia en la regresión.
- Tres escenarios para predecir el impacto del cambio climático hasta el 2050: el escenario base y los escenarios A2 y B2 del IPCC.

Resultados

- Si la temperatura aumenta 1°C, la producción de caña de azúcar disminuye 5%. Cuando la precipitación aumenta el óptimo de 1,8 metros/año en cada estado, la producción de caña de azúcar disminuye.
- Temperaturas por arriba de 27,4°C son perjudiciales para la producción de arroz. Por cada 0,1°C que aumenta, la producción de arroz disminuye en 6,7%. La lluvia óptima es de 1,7 metros/año. La lluvia y la temperatura explican 9% de las variaciones de la producción de arroz.

Trinidad y Tabago (Hutchinson, 2011)

Sector agrícola de Trinidad y Tobago

La dependencia agrícola de Trinidad y Tabago ha disminuido considerablemente en los últimos años. El sector agrícola abarca 3,8% de la fuerza laboral pero está relacionado con empleos formales e informales de la población rural.

Metodología

Se utiliza un modelo de función de producción usando Mínimos Cuadrados Ordinarios. La producción es una función de tierra, capital, precio del producto y variables climáticas (y sus respectivos términos cuadráticos para examinar los rendimientos de las variables).

Resultados

Un aumento en la precipitación puede tener un efecto que deteriora la producción de tubérculos. Aumentos en la temperatura tienen impactos más grandes en los cultivos de tubérculos y la producción de vegetales que la reducción en precipitación.

Santa Lucía (Hutchinson, 2011)

Sector agrícola de Santa Lucía

Entre 1990 y 2008, la tierra arable se redujo en 40% en el tiempo y la tierra agrícola disponible disminuyó en 45%, lo cual puede tener repercusiones en la producción potencial. El valor del sector agrícola en Santa Lucía ha disminuido como porcentaje del PIB. El cultivo principal de Santa Lucía es el plátano, Santa Lucía es de las naciones exportadoras más grandes del mundo.

Metodología

- Las exportaciones de plátano en el periodo actual se estima como función de los precios actuales de exportaciones, la presencia de ciclones, lluvia y temperatura y el costo real de fertilizantes. Se estimó un vector de corrección de error para las exportaciones de plátano.
- El impacto del cambio climático se examinó creando un escenario base tal que la temperatura media para el periodo 1980-2000 existiría hasta el 2050 sin cambio climático y se comparó con escenarios A2 y B2 del IPCC.

Resultados

- El promedio de precipitación mensual es 128,87 mm, que es menor al óptimo. Temperaturas mayores a 27,05°C serían perjudiciales.
- Para el 2050, el valor de pérdidas acumuladas para la producción de plátano es de \$ 165,36 millones bajo el escenario A2 y \$ 165,54 millones en el escenario B2. Los tubérculos tendrían una reducción de \$ 61,37 millones y \$ 58,04 millones bajo los escenarios A2 y B2, respectivamente.

Jamaica (Witter, 2011)

Sector agrícola de Jamaica

La agricultura es el sector principal de la economía rural en Jamaica. De acuerdo con la FAO, el sector agrícola ha crecido lentamente en los últimos 45 años. El porcentaje del PIB de la agricultura doméstica ha sido mayor que el de las exportaciones agrícolas desde 1971. 45% de la contribución de la agricultura doméstica al PIB se debe a la producción de tubérculos.

Vulnerabilidad ante cambio climático

Las mayores amenazas del cambio climático son: huracanes, inundaciones y plagas en cultivos.

Estimación del impacto del cambio climático

Se utilizó un escenario base para cada cultivo seleccionado derivado de una proyección de tendencias históricas para el rendimiento de cada cultivo. Se utilizaron dos escenarios de comparación: A2 y B2, calculando los estimadores ECHAM.

También se analizaron los costos y beneficios de adaptación al cambio climático en Jamaica.

Resultados

Los resultados varían dependiendo de la tasa de descuento usada para calcular los costos y beneficios en el periodo 2012-2050. Se analizan los costos y beneficios de aumentar canales de irrigación y replantación.



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