



ESTUDIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA

Cambio climático, distribución del ingreso y la pobreza

El caso de México

Alejandro López-Feldman



NACIONES UNIDAS

CEPAL



Cambio climático, distribución del ingreso y la pobreza

El caso de México

Alejandro López-Feldman



Este documento, fue preparado por Alejandro López-Feldman, consultor de la Unidad de Cambio Climático, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco de las actividades del Programa EUROCLIMA (CEC/10/001), con financiamiento de la Comisión Europea y ejecutado por la CEPAL.

Ni la Comisión Europea ni ninguna persona que actúe en nombre de la Comisión 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 Comisión Europea.

Las opiniones expresadas en el documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las organizaciones.

Índice

Resumen	5
I. Introducción	7
II. Revisión de la literatura	9
III. Metodología	13
IV. Datos.....	19
V. Resultados	23
VI. Consideraciones de política pública	33
VII. Conclusiones	35
Bibliografía.....	37

Cuadros

Cuadro 1	Variables climáticas y geográficas de las comunidades incluidas en la muestra....	20
Cuadro 2	Variaciones predichas por cada uno de los modelos climáticos.....	21
Cuadro 3	Variables socioeconómicas de los hogares incluidos en la muestra	25
Cuadro 4	Ingreso agrícola y variables climáticas	26
Cuadro 5	Cambio marginal en el ingreso per cápita agrícola ante cambios marginales en las variables climáticas.....	29
Cuadro 6	Ingreso neto per cápita observado y predicciones para los tres modelos climáticos	29
Cuadro 7	Impactos en la pobreza y la desigualdad de los distintos modelos climáticos	30

Diagramas

Diagrama 1	Relación entre temperatura e ingreso.....	14
Diagrama 2	Cambio climático e incidencia de la pobreza	31
Diagrama 3	Cambio climático y profundidad de la pobreza	31
Diagrama 4	Cambio climático y severidad de la pobreza.....	32
Diagrama 5	Cambio climático y desigualdad en la distribución del ingreso	32

Resumen

En la literatura económica se argumenta que el cambio climático puede tener un impacto directo en el bienestar de los hogares, sin embargo, la evidencia cuantitativa que existe es aun escasa así como la información disponible sobre las magnitudes de dichos impactos. Asimismo, los estudios que existen sobre los impactos del cambio climático en la desigualdad y la pobreza al interior de un país han utilizado normalmente modelos de equilibrio general y matrices de contabilidad social, o regresiones de sección cruzada con datos agregados a nivel de condados o municipios.

El objetivo principal de este estudio es entonces estimar los impactos que el cambio climático podría tener sobre la pobreza y la desigualdad en México. La metodología que se utiliza hace uso de regresiones de sección cruzada con microdatos a nivel de hogar, permitiendo con ello capturar de forma más adecuada el impacto del cambio climático en el ingreso de los hogares, en la pobreza y la desigualdad.

Existen dos opciones que se pueden seguir para analizar la relación entre ingreso y variables climáticas. La primera consiste en plantear directamente una relación entre ingreso total y variables climáticas bajo la lógica del que no es necesario detallar los canales de transmisión del cambio climático al ingreso y que por lo tanto es suficiente con analizar el ingreso total. Sin embargo, en muchas ocasiones resulta difícil argumentar que no es necesario pensar en los canales de transmisión entre clima e ingreso. Esto es especialmente cierto en el caso en que la unidad de análisis es el hogar y lo que se busca es poder estimar cambios en el ingreso del hogar. En este sentido, una segunda opción es estimar la forma en que cambiaría el ingreso de un hogar dado un cambio en las variables climáticas. En este sentido el canal de transmisión más claro que existe entre cambio climático e ingreso de los hogares es el del ingreso agrícola. Esto es, los cambios en el clima afectan la productividad agrícola y por lo tanto los ingresos que reciben los agricultores. En este estudio se considera este segundo camino que se enfoca en analizar la relación entre el ingreso agrícola y las variables climáticas para después calcular los impactos en el ingreso total de los hogares. Contrario a lo que sucedería en el caso en que nos enfocáramos directamente en el ingreso total, al tomar como punto de partida al ingreso agrícola contamos con una hipótesis clara sobre lo que está detrás de los potenciales cambios en el ingreso total y por ende en la pobreza y la desigualdad.

El primer paso para llevar a cabo el análisis es estimar econométricamente la relación entre ingreso agrícola y las variables climáticas. Dicho procedimiento permite a su vez estimar el ingreso per cápita de los hogares dadas las predicciones de cambio climático. Las estimaciones del ingreso para cada uno de los hogares se utilizan para simular los cambios en pobreza y desigualdad siguiendo el enfoque de micros simulaciones aritméticas bajo el supuesto de que el comportamiento de los

hogares no se modifica. Para medir la pobreza se utiliza el índice propuesto por Foster, Greer y Thorbecke (1984) mientras que la desigualdad en la distribución del ingreso a nivel hogar se mide utilizando el coeficiente de Gini (Gini, 1912, 1914 y 1921).

Así, para determinar la relación y el impacto del cambio climático sobre la pobreza y la desigualdad se utiliza a México como caso de estudio. Los datos socioeconómicos usados provienen de la Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM). La muestra es representativa de más del 80% de la población considerada por el censo oficial de México como rural y consta de más de 1.600 hogares localizados en 80 comunidades. La información sobre los cambios esperados en temperatura y precipitación para el 2100 como resultado del cambio climático proviene de Mendelsohn et al. (2010) quienes utilizan los modelos del Hadley Centre for Climate Prediction and Research (HADLEY), el Parallel Climate Model (PCM) y el del Center for Climate System Research (MIMR) para predecir los cambios en temperatura y precipitación que se darían por trimestre en cada una de las 80 comunidades rurales incluidas en la ENHRUM.

Utilizando los ingresos simulados para cada uno de los hogares se pudo estimar la magnitud potencial de los impactos que el cambio climático podría tener en la pobreza y la desigualdad. Los resultados para dos de los tres modelos muestran que el cambio climático puede incrementar de manera substancial la pobreza y la desigualdad. El resultado más contundente en términos del impacto en la pobreza es el arrojado por el modelo HADLEY: el porcentaje de hogares en situación de pobreza extrema en el México rural aumenta en 11 puntos porcentuales como resultado del cambio climático. En lo que a la desigualdad se refiere el mismo modelo da como resultado un aumento de más del 20% en el coeficiente de Gini.

El contar con estimaciones sobre las magnitudes potenciales de los impactos puede resultar de mucha utilidad para diseñar políticas públicas al permitir identificar a los grupos más vulnerables y sus impactos potenciales. La magnitud de los impactos estimados en este estudio respalda la hipótesis de que el cambio climático tendría impactos significativos en el bienestar de los hogares y por ende el costo de la inacción podría ser mucho más alto que el de invertir en prevención y adaptación.

En este contexto, se pueden señalar como posibles medidas de acción: i) diseño de mecanismos para mejorar la gestión del riesgo en el sector agrícola, que contribuyan a reducir las potenciales pérdidas; ii) diseño de incentivos para el desarrollo de mercados de seguros en el sector agrícola acorde con las condiciones reales del sector, que permitan transferir el riesgo y minimizar las pérdidas; iii) identificación de alternativas de medidas de adaptación al cambio climático en el sector agrícola y evaluación de sus beneficios y costos; iv) promover un proceso de cambio tecnológico en los grandes, medianos y pequeños agricultores, a través de incentivos fiscales y financieros, acompañados de programas de asistencia técnica que potencialicen sus beneficios; v) brindar estímulos e incentivos a la investigación científica en el sector agrícola, tomando como base, entre otros, el conocimiento y experiencia natural de las poblaciones rurales, con el objeto de identificar los mejores mecanismos y medidas de respuestas de los diferentes cultivos a las alternativas de adaptación; vi) diseño e implementación de programas de subsidios a los pequeños agricultores con el objetivo de garantizar a los hogares agrícolas un ingreso mínimo de subsistencia y/o satisfacción de las necesidades básicas, vii) mejorar los sistemas de información y crear mecanismos que permitan generar alertas tempranas, a los agricultores sobre las variaciones en el clima que puedan poner en riesgo los cultivos.

I. Introducción

Se podría decir que en la actualidad existe un consenso sobre la relación entre las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero y el cambio climático. Lo que es menos claro es qué tan dañino para la economía en general, y para el bienestar de los seres humanos en particular, podría resultar el efecto del cambio climático. El presente estudio contribuye entonces al mejor entendimiento del impacto del cambio climático sobre el ingreso de los hogares y por ende en la pobreza y la desigualdad.

Existen dos opciones que se pueden seguir para analizar dicha relación entre ingreso y cambio climático. La primera opción consiste en plantear directamente una relación entre ingreso total y variables climáticas. La segunda opción es tomar como punto de partida la relación entre ingreso agrícola y variables climáticas. La lógica del primer método es que no es necesario detallar los canales de transmisión del cambio climático al ingreso y que por lo tanto es suficiente con analizar el ingreso total. Este enfoque es atractivo por su simplicidad y podría ser adecuado si el nivel de desagregación con el que se está trabajando es relativamente bajo, por ejemplo, si se quiere explicar la relación entre variables climáticas e ingreso en un estado o en un condado.

Por otro lado, si la unidad de análisis es el hogar resulta más difícil argumentar que no es necesario pensar en los canales de transmisión entre clima e ingreso. En ese sentido el canal de transmisión más claro que existe es el del ingreso agrícola. Es decir, los cambios en el clima afectan la productividad agrícola y por lo tanto los ingresos que reciben los agricultores. La relación entre productividad agrícola y clima y entre clima e ingreso netos por hectárea o valor de la tierra ha sido ampliamente establecida (Mendelsohn, et al. 1994, 1996, 2001). Así, existe evidencia de que el clima tiene un efecto en el ingreso agrícola de los hogares. Además, existe evidencia que apunta a que el ingreso total de los hogares rurales se ve afectado por el clima siendo el mecanismo de transmisión precisamente el ingreso agrícola (Mendelsohn, et al. 2007). Esto no quiere decir que la agricultura sea el único mecanismo de transmisión entre el clima y el ingreso de los hogares pero al menos es uno de los canales más directos, además de ser el que ha sido más ampliamente analizado. Tomando en cuenta lo anterior se decidió que para los objetivos de este estudio lo más adecuado es enfocarse en el ingreso agrícola en lugar de en el ingreso total o en el ingreso por otras fuentes. Contrario a lo que sucedería si nos enfocáramos directamente en el ingreso total, al tomar como punto de partida al ingreso agrícola contamos con una hipótesis clara sobre lo que está detrás de los potenciales cambios en el ingreso total y por ende en la pobreza y la desigualdad.

Así, como primer paso se estima econométricamente la relación entre el ingreso agrícola, la temperatura y la precipitación. Los resultados de dicho análisis permiten simular lo que sucedería con

el ingreso (primero agrícola y después total) al modificarse las variables climáticas. Esto a su vez permite calcular los niveles de pobreza y de desigualdad que prevalecerían dadas distintas condiciones climáticas. Las condiciones climáticas se basan en los resultados simulados por tres modelos climáticos.

Este trabajo está estructurado en siete secciones. En la segunda sección se presenta una revisión de la literatura relacionada con los impactos potenciales del cambio climático en el bienestar. La sección tres presenta los detalles de la metodología empleada en este estudio mientras que en la sección cuatro se describen los datos utilizados. Los resultados y las consideraciones de política pública se describen en las secciones cinco y seis respectivamente. Finalmente en la sección siete se presentan las conclusiones.

II. Revisión de la literatura

Los impactos que el cambio climático podría tener en la economía a nivel global han sido ampliamente analizados (e.g., Stern, 2006 y Nordhaus, 2008). Lo mismo es cierto para los impactos a nivel sectorial, siendo la agricultura el área que más atención ha recibido (e.g., Mendelsohn, et al. 1994; Deschenes y Greenstone, 2008). Esto contrasta con los pocos estudios que hasta la fecha existen sobre los impactos potenciales del cambio climático en la distribución del ingreso o en la pobreza.

Uno de estos estudios es el de Mendelsohn et al. (2006) donde se analizan los impactos distributivos del cambio climático a nivel global. La base de sus estimaciones es el uso de funciones de respuesta climática para cinco sectores (agricultura, agua, energía, recursos costeros y silvicultura) las cuales fueron calibradas utilizando datos principalmente de los Estados Unidos (Mendelsohn y Schlesinger, 1999; Mendelsohn, et al. 2000). Utilizando las funciones de respuesta climática e información básica (PIB, población, tierra de uso agrícola y extensión de zonas costeras) de cada uno de los países en el mundo, se cuantifican los impactos en cada sector para cada país. Para analizar los impactos distributivos del cambio climático se agrupa a todos los países del mundo en cuartiles de acuerdo a su ingreso per cápita y a su población. La conclusión es que el cambio climático exacerbará la desigualdad entre países. Los países en los dos cuartiles más pobres sufrirán el grueso de los daños causados por el cambio climático mientras que, dependiendo del escenario climático que se use, los países en el cuartil más alto podrían incluso verse beneficiados por el cambio climático.

De acuerdo con Andersen y Verner (2010), aparte de la relación entre el clima y el ingreso promedio, existen otros argumentos para sugerir que los pobres enfrentan las consecuencias más graves del cambio climático que los ricos. Por ejemplo, la población rural pobre tiene más probabilidades de depender de la agricultura, actividad cuya productividad es sensible a las variaciones en las precipitaciones y temperaturas. Así mismo, los pobres tienen más probabilidades de vivir en tierras marginales, que son vulnerables a las sequías, las inundaciones, deslaves y otros desastres naturales. De esta manera, si el cambio climático afecta más a los países pobres que a los ricos, implicaría que la pobreza y la desigualdad aumentaría como consecuencia del cambio climático y la variabilidad.

Por su parte, Tol, et al. (2004) utilizan un modelo integrado de valoración (*integrated assesment model*) para realizar un análisis de los impactos distributivos entre países. Su metodología consiste en generar un coeficiente de Gini para los impactos climáticos. Mediante su análisis muestran que los países más vulnerables (de acuerdo con su puntuación en el Índice de Desarrollo Humano) son los que sufrirán los mayores impactos económicos del cambio climático. Otro estudio relevante, aún cuando no se enfoca directamente en los impactos en la distribución o la pobreza, es el de Horowitz (2009) quien analiza de manera directa la relación entre clima e ingreso. De acuerdo con él, el

atractivo de este enfoque es precisamente que no requiere que se especifiquen de forma tan clara los caminos a través de los cuales surgen los efectos climáticos. De acuerdo a su lógica, al realizar una comparación entre países lo más importante no es distinguir entre todas las posibles vías a través de las cuales surgen los impactos sino distinguir entre impactos históricos e impactos contemporáneos. Su análisis se basa en realizar estimaciones econométricas de sección cruzada sobre la relación entre temperatura e ingreso per cápita utilizando como muestra los 100 países más poblados del mundo para los cuales se cuenta con información sobre PIB y temperatura. Al controlar por los efectos históricos (utilizando datos sobre mortalidad) encuentra una clara relación negativa entre temperatura e ingreso per cápita. Encuentra además que un incremento de 1°C en la temperatura de cada uno de los países llevaría a una reducción de 3,8% del PIB mundial.

Los estudios sobre los cambios en la distribución a nivel global son relevantes; sin embargo, si la vulnerabilidad al cambio climático dentro de un país no es uniforme es muy difícil llegar a conclusiones válidas sobre los impactos a nivel país con las metodologías antes mencionadas. A este respecto Mendelsohn et al. (2006) reconocen que su metodología no puede identificar efectos al interior de cada país y aceptan que a pesar de que los resultados de comparaciones entre países son ilustrativos éstos no necesariamente predicen lo que sucederá con los pobres de forma individual. En específico, lo que sucede en el agregado en un país catalogado como pobre (o como rico) no necesariamente refleja lo que sucederá con los pobres al interior de dicho país.

Una alternativa para realizar estudios a nivel país es la propuesta por Mendelsohn et al. (2007) quienes realizan estimaciones econométricas de la relación entre el ingreso rural (dado que el impacto que se está midiendo es exclusivamente a través de la agricultura) y el clima tomando como base el modelo Ricardiano. En su análisis utilizan información de sección cruzada para localidades rurales de Estados Unidos (a nivel condado) y Brasil (a nivel municipio). Su conclusión es que el clima tiene un efecto en el ingreso rural total (agrícola y no agrícola) y por lo tanto juega un papel importante en la determinación de la pobreza rural. Los autores argumentan que, por lo tanto, podría esperarse que el cambio climático incremente la pobreza rural.

Uno de los pocos estudios que mide de forma directa los impactos del cambio climático en la distribución del ingreso a nivel nacional es el realizado por Mideksa (2010). El análisis se basa en un modelo de equilibrio general para simular los impactos del cambio climático a través de la agricultura en Etiopía. Sus resultados muestran que la desigualdad en la distribución del ingreso (medida a través del coeficiente de Gini) puede aumentar hasta en 20%. Argumenta también que la pobreza aumentará debido a que el tamaño de la economía se reducirá y se tendrá una distribución del ingreso más desfavorable para los pobres, sin embargo, no se presenta ninguna medición específica de la pobreza.

Otro ejemplo de análisis a nivel país es el de Andersen y Verner (2010). Ellos utilizan datos de sección cruzada a nivel municipal (o distrital) para simular los impactos del cambio climático en la pobreza y la desigualdad en cada uno de cinco países latinoamericanos (Bolivia, Brasil, Chile, México y Perú). El análisis lo realizan tomando como base la propuesta de Horowitz (2009). En un primer paso estiman econométricamente (para cada país) la relación que existe entre precipitación y temperatura y el ingreso per cápita (consumo per cápita para el caso de Bolivia). Los resultados de las regresiones se utilizan para calcular los ingresos (consumos) predichos para cada municipio (distrito) en cada país utilizando la temperatura y precipitación actual. Después el cálculo se repite pero utilizando una proyección de la temperatura y precipitación que se tendría en 50 años dado un escenario específico de cambio climático. De esta forma los autores pueden calcular, para cada país, los cambios esperados en el ingreso (consumo) per cápita debido al cambio climático. Tomando en cuenta las poblaciones de cada municipio (distrito) y los resultados de sus simulaciones los autores llegan a las siguientes conclusiones: en Bolivia la pobreza y la desigualdad disminuyen, en Brasil la pobreza y la desigualdad aumentan, en Chile la pobreza aumenta y la desigualdad no se ve afectada, en México no existen impactos, y en Perú la pobreza aumenta pero la desigualdad no cambia. Es importante destacar que las conclusiones sobre pobreza y desigualdad no se basan en mediciones directas de dichos fenómenos sino en comparaciones del ingreso actual y el cambio esperado en dicho ingreso a causa del cambio climático.

Los resultados de México merecen una consideración especial. En la estimación econométrica la relación entre temperatura e ingreso resulta ser no significativa (lo mismo es cierto para la relación entre precipitación e ingreso) por lo que los autores concluyen que el ingreso per cápita en México probablemente no sea muy sensible al cambio climático (sin considerar la ocurrencia de eventos extremos). Estos resultados no son consistentes con lo que otros autores encuentran. En específico, Mendelsohn, et al. (2010) tomando como base la Encuesta Nacional de Hogares Rurales de México (ENHRUM) y aplicando el modelo Ricardiano encuentran pérdidas en el valor de la tierra agrícola de entre 42 y 52% a causa del cambio climático. Por su parte Galindo (2009) menciona que el cambio climático tendrá impactos significativos en la economía mexicana. Como explicación de su resultado Andersen y Verner (2010) mencionan que en México los pobres y los ricos se encuentran distribuidos de manera uniforme a lo largo de todas las zonas climáticas. Esta hipótesis es muy difícil de sostener dada la bien documentada distribución espacial de la pobreza en México (véase por ejemplo, CONEVAL, 2007).

III. Metodología

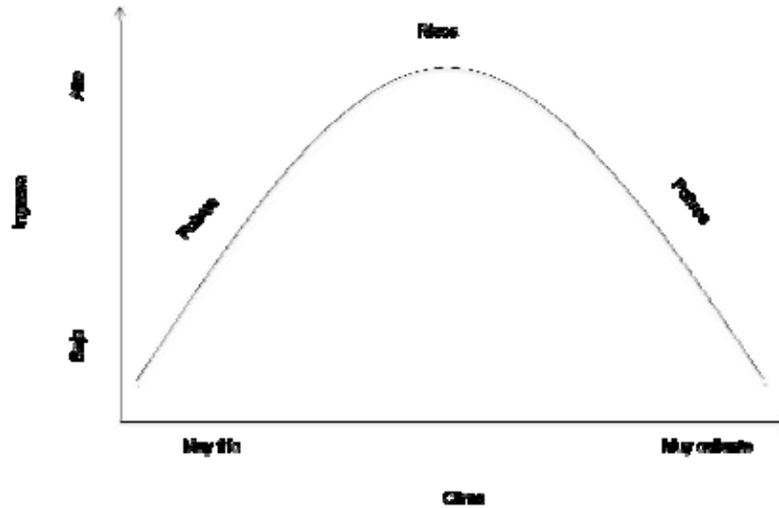
Hasta la fecha los pocos estudios que existen sobre los impactos del cambio climático en la desigualdad y la pobreza al interior de un país han utilizado ya sea modelos de equilibrio general y matrices de contabilidad social (Mideksa, 2010) o bien regresiones de sección cruzada y datos agregados a nivel condados o municipios (véase Andersen y Verner, 2010 y Mendelsohn, et al. 2007). Sin embargo, tal y como lo argumenta Mideksa (2010) un estudio ideal sobre la distribución del ingreso debe basarse en la distribución del ingreso a nivel hogar o a nivel individual.

Como se mencionó anteriormente, existen dos procedimientos para estimar la relación entre variables climáticas e ingreso que son relevantes para los objetivos del presente estudio. El primero consiste en plantear directamente la relación entre ingreso total y variables climáticas como lo proponen Horowitz (2009) y Andersen y Verner (2010). Ellos plantean que no es necesario detallar los canales de transmisión del cambio climático al ingreso y que por lo tanto es suficiente con analizar el ingreso total. De acuerdo con Nordhaus (1994) el clima puede tener un efecto en los ingresos de los países (por km^2); sin embargo, es posible que este efecto esté inundado por otras variables, al menos que se calcule el ingreso por área como el PIB del país dividido por su área, en vez del PIB de cada área específica.

Desde un punto de vista teórico se ha planteado la relación entre temperatura y el ingreso como una forma de U invertida como se presenta en el diagrama 1. Si en efecto existe esta relación de U invertida entre la temperatura y el ingreso, entonces los países pobres serán más sensibles al cambio climático que los países ricos, debido a que la pendiente de esta relación es más pronunciada en los extremos; por lo tanto, con un pequeño cambio en la temperatura, en el nivel donde la pendiente es relativamente plana, generaría un pequeño cambio en los ingresos, mientras que un pequeño cambio en los extremos podría causar grandes cambios en los ingresos (Andersen y Verner, 2010).

Sin embargo, el anterior planteamiento no está exento de críticas, pues varios autores argumentan que los impactos potenciales del cambio climático deben incluir los eventos extremos y los impactos indirectos (Schelling, 199; Mideksa, 2010).

DIAGRAMA 1
RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA E INGRESO



Fuente: Banco Mundial, (2010).

El segundo procedimiento consiste en realizar estimaciones que no se basen en el ingreso total sino en el ingreso agrícola partiendo de que es ahí donde se espera la mayor parte de los impactos directos. Esto es especialmente cierto cuando la unidad de análisis es un hogar. Esto no quiere decir que el único impacto del cambio climático en los hogares se deba a cambios en el ingreso agrícola pero ese es el canal de transmisión directo más claro y que ha sido más estudiado. Este procedimiento es el que se sigue en el presente estudio y dadas las características del mecanismo de transmisión la población relevante está dada por la población rural pues es así donde se localizan los productores agrícolas.

La metodología que se utiliza en este estudio busca capturar la correlación contemporánea entre variables climáticas e ingreso agrícola usando regresiones de sección cruzada con microdatos a nivel hogar. Este enfoque guarda muchas similitudes con el método Ricardiano de estimación del valor de la tierra agrícola utilizando datos del hogar o de la granja. Por lo tanto, al igual que en el método Ricardiano (Mendelsohn, et al. 1994, 2007 y 2010), la especificación econométrica que se utiliza en este reporte plantea una ecuación de forma reducida en la cual se da una relación no-lineal entre el ingreso agrícola y las variables climáticas (temperatura y precipitación) controlando por una serie de factores que pudieran afectar los niveles de producción agrícola. Es decir, la ecuación que se estima econométricamente en este estudio toma la siguiente forma:

$$yag_i = \alpha + \beta_1 temp_i + \beta_2 temp_i^2 + \beta_3 prec_i + \beta_4 prec_i^2 + \delta Z_i + u_i \quad (1)$$

donde yag_i es el ingreso agrícola per cápita del hogar i , $temp_i$ es la temperatura promedio anual, $prec_i$ es la precipitación, z_i es un vector de características del hogar y u_i es un término de error. La estimación se realiza utilizando mínimos cuadrados ordinarios. Es importante resaltar que especificaciones como la aquí utilizada han resultado adecuadas para modelar econométricamente la relación entre agricultura y cambio climático en países en desarrollo (Mendelsohn, 2009; Mendelsohn et al. 2010) y además no existen en la literatura estudios alternativos que sugieran otras formas funcionales u otros métodos de estimación econométrica para analizar la relación entre ingreso agrícola y clima utilizando datos de sección cruzada. El modelo se estima únicamente para los hogares agrícolas (es decir, aquellos hogares que en el año dedicaron por lo menos parte de su tiempo o de sus recursos a la producción agrícola).

Una vez que se cuenta con los resultados de estimar la ecuación (1), se calcula el ingreso agrícola dados los cambios esperados en las variables climáticas ($ya g_i^{cc}$) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$ya g_i^{cc} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 temp_i^{cc} + \hat{\beta}_2 (temp_i^{cc})^2 + \hat{\beta}_3 prec_i^{cc} + \hat{\beta}_4 (prec_i^{cc})^2 + \hat{\delta} Z_i + \hat{u}_i \quad (2)$$

Las variables climáticas toman los valores que les corresponden de acuerdo con las predicciones del modelo climático respectivo mientras que el resto de las variables explicativas se toman como fijas. La siguiente ecuación se utiliza para estimar el ingreso total per cápita de los hogares agrícolas dadas las predicciones de cambio climático, donde y_i^{cc} es el ingreso total per cápita con cambio climático del hogar i , $ya g_i^{cc}$ es el ingreso agrícola con cambio climático del hogar i y $ynoag_i$ es el ingreso no agrícola observado en el hogar i .

$$y_i^{cc} = ya g_i^{cc} + ynoag_i \quad (3)$$

Los valores del ingreso para cada uno de los hogares se utilizan para simular los cambios en pobreza y desigualdad siguiendo el enfoque de microsimulaciones aritméticas bajo el supuesto de que el comportamiento de los hogares no se modifica (Bourguignon y Spadaro, 2006). Es decir, cuando se da el cambio climático los hogares agrícolas siguen participando activamente en la agricultura mientras que los no agrícolas siguen sin hacerlo y por lo tanto el ingreso de estos últimos no se modifica como consecuencia del cambio climático (es decir, para los hogares no agrícolas se tiene que $y_i^{cc} = ynoag_i$).

Para medir la pobreza se utiliza el índice de pobreza más comúnmente empleado tanto en la literatura académica como por los diversos organismos encargados de la medición de la pobreza a nivel nacional o internacional, es decir, el índice propuesto por Foster, Greer, y Thorbecke en 1984. Este índice tiene dos ventajas principales respecto a otras posibles medidas: en su versión más simple es muy intuitivo y por lo tanto fácil de comunicar a cualquier tipo de audiencia, por otro lado, en sus versiones más complicadas cumple con los axiomas que Sen (1976) propuso para una medida ideal de pobreza (aunque su interpretación se vuelve mucho más compleja).

Antes de explicar el índice propuesto por Foster, Greer y Thorbecke (FGT de ahora en adelante) veamos una descripción básica de los axiomas propuestos por Sen (1976)¹.

- Anonimidad. La medida de pobreza debe ser insensible a la identidad de los individuos u hogares que están siendo considerados.
- Homogeneidad. Si tomamos la distribución original del ingreso y replicamos cada ingreso un número entero de veces para obtener una nueva distribución entonces la medida de pobreza debe ser la misma para ambas distribuciones.
- Monotonicidad. Una reducción del ingreso de una persona pobre, manteniendo todo lo demás constante, debe incrementar la medida de pobreza.
- Transferencia. Una transferencia de un hogar pobre a uno menos pobre debe incrementar la medida de pobreza.

La fórmula general del índice FGT es:

$$FGT(\alpha) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i \left(1 - \frac{y_i}{z} \right)^\alpha \quad (4)$$

donde $I_i = 1$ si $y_i \leq z$ y es cero en cualquier otro caso, z es la línea de pobreza, N es el número total de hogares, y_i es el ingreso per cápita del que dispone el hogar i , y α es un parámetro que refleja la importancia que se le da, en términos relativos, al ingreso de los más pobres.

Cuando $\alpha=0$, la fórmula colapsa en lo que comúnmente se conoce como la incidencia de la pobreza (es decir, es la proporción de hogares pobres respecto al total de hogares considerados). La

¹ Para una explicación más técnica de los axiomas se recomienda consultar Fields (2001).

incidencia de la pobreza es una medida intuitiva y fácil de interpretar, sin embargo, tiene una serie de debilidades. Entre ellas destaca el hecho de que dicha medida de pobreza no aumenta en el caso en que los que sufren un choque negativo en el ingreso son únicamente aquellos que ya estaban por debajo de la línea de pobreza antes del choque. Esta medida cumple con los axiomas a) y b) pero no con c) y d).

Para comprender mejor las virtudes de las otras dos variantes del FGT imaginemos que agrupamos en dos a los hogares que se podrían ver afectados por el cambio climático: hogares con ingresos por arriba de la línea de la pobreza y hogares con ingreso por debajo de la línea de la pobreza. La incidencia de la pobreza nos ayuda a medir los impactos en el primer grupo pero no en el segundo. Para medir los efectos en el segundo grupo debemos recurrir a la profundidad de la pobreza y a la severidad de la pobreza.

La profundidad de la pobreza se obtiene cuando $\alpha = 1$ y refleja qué tan lejos de la línea de pobreza se encuentra el ingreso promedio de los hogares pobres. Si el ingreso de un hogar pobre baja, la profundidad de la pobreza aumentará (aún cuando la incidencia no cambie). Esta medida cumple con los axiomas a), b) y c) pero no cumple con d) ya que si una persona pobre transfiere ingreso a una menos pobre el FGT (1) no se verá modificado.

La tercera medida que se utilizará es la severidad de la pobreza la cual se obtiene cuando $\alpha = 2$. Esta medida es sensible a cambios en los ingresos de los hogares pobres y además le otorga un peso más alto a los individuos que están más lejos de la línea de pobreza. Esta medida aumentará más entre más pobres sean los individuos que reciban el choque negativo en el ingreso. El FGT (2) cumple con los cuatro axiomas pero no tiene una interpretación intuitiva y su utilidad principal es para realizar comparaciones entre dos o más poblaciones (o entre dos o más momentos en el tiempo o entre dos o más escenarios hipotéticos para la misma población).

Utilizando los valores observados del ingreso total per cápita (y_i) y los valores calculados de y_i^{cc} se estiman las tres variantes del FGT para el escenario sin cambio climático $FGT(\alpha, y_i)$ y se comparan los resultados con aquellos obtenidos al estimar $FGT(\alpha, y_i^{cc})$. Ello permite obtener el impacto potencial del cambio climático en la pobreza.

La desigualdad en la distribución del ingreso a nivel hogar se mide utilizando el coeficiente de Gini el cual se calcula con la siguiente fórmula, donde el ingreso per cápita (y_i) está ordenado de menor a mayor, N es el número total de hogares en la muestra y μ_y es el ingreso promedio (Fields, 2001).

$$G = \frac{-(N+1)}{N} + \frac{2}{N^2 \mu_y} \sum_{i=1}^N i * y_i \quad (5)$$

Entre mayor sea el valor del coeficiente de Gini mayor será la desigualdad en la distribución del ingreso (si el ingreso neto toma únicamente valores positivos entonces el coeficiente estará entre 0 y 1). El coeficiente de Gini es la medida de desigualdad más utilizada tanto en el ámbito académico como en el diseño y evaluación de políticas públicas.

Para medir los impactos potenciales del cambio climático en la desigualdad en la distribución del ingreso de los hogares se calcula $G(y_i)$ y se compara con el resultado de $G(y_i^{cc})$. Este procedimiento se repite para cada uno de los escenarios de cambio climático para los cuales se tiene información.

La metodología aquí propuesta tiene una serie de limitantes y supuestos que es necesario mencionar. El primer punto a resaltar es que al realizar un análisis econométrico de sección cruzada donde las variables climáticas son variables históricas no es posible incorporar dentro de los impactos potenciales del cambio climático aquellos que pudieran derivarse de eventos climáticos extremos (e.g. huracanes y sequías). Por otro lado, uno de los supuestos básicos de la metodología propuesta es que de todas las variables incluidas en la estimación econométrica las únicas que cambian entre el presente y el momento en el que se da el cambio climático son la temperatura y la precipitación. Por lo tanto, los resultados que se obtienen deben tomarse con cautela y más que como predicciones deben

verse como un reflejo de los efectos potenciales del cambio climático suponiendo que todo lo demás permaneciera constante. Otro de los supuestos que se hacen es asumir que no se darán cambios en los precios agrícolas (ni en ningún otro precio de bienes o insumos) como respuesta al cambio climático. Este es un supuesto importante para los objetivos del presente trabajo pues en principio si una caída en la oferta agrícola se ve acompañada de un aumento en precios es posible que muchos productores agrícolas vean sus ingresos crecer lo cual podría implicar una disminución en la pobreza de los hogares agrícolas (aunque quizá un aumento en la pobreza de hogares urbanos).

La metodología utilizada también incorpora algún nivel de incertidumbre, natural en los trabajos relacionados con el estudio del cambio climático. Esto es, en general los modelos de circulación general utilizados para hacer proyecciones de temperatura y precipitación, y con base en ellos medir los impactos del cambio climático, son de muy largo plazo, por lo que estos trabajos traen necesariamente inmersos un nivel de incertidumbre que resulta importante reconocer al momento de interpretar los resultados y considerarlos como insumos para la formulación de política pública. Una fuente adicional de incertidumbre está asociada a las desviaciones que puedan contener los datos climáticos históricos (temperatura y precipitación) que provienen de las estaciones de monitoreo, debido a posibles fallas en la red meteorológica, falta de calibración o por sustitución de algunas de ellas.

IV. Datos

Los datos socioeconómicos utilizados en el estudio provienen de la Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM) (PRECESAM/COLMEX, 2003). La encuesta se aplicó entre enero y febrero de 2003 y fue coordinada por miembros del Programa de Estudios del Cambio Económico y de la Sustentabilidad del Agro Mexicano (PRECESAM) del Colegio de México (COLMEX) y del *Rural Economies of the Americas Program* (REAP) de la Universidad de California en Davis (UCD). La información de la ENHRUM permite calcular, para el año 2002, el ingreso agrícola de cada uno de los hogares rurales representados en la misma, además, como se detalla más adelante, es posible emparejar dicha información con información climática (tanto histórica como proyecciones basadas en modelos climáticos). Por lo tanto, los datos de la ENHRUM son un insumo ideal para los objetivos del presente reporte. Los datos de la encuesta han sido utilizados en un sin número de publicaciones académicas que analizan distintos aspectos del sector rural en México sin que se hayan presentado problemas debido a un potencial sesgo en el año de la muestra o en la información recolectada (para más detalles sobre algunos de los documentos que han utilizado la ENHRUM como fuente de información ver precesam.colmex.mx).

El objetivo de la ENHRUM es obtener por vez primera información representativa en el plano nacional sobre la economía y sociedad rural de México y, con ella, elaborar estudios empíricos sobre los efectos de las reformas agropecuarias y comerciales en la producción, ingreso y migración de los hogares y del sector rural. Esta muestra nacional representativa de hogares rurales provee información detallada sobre: activos, características sociodemográficas, producción, fuentes de ingresos y migración.

El diseño muestral de la encuesta fue realizado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). La cobertura geográfica de la ENHRUM es a nivel nacional en poblaciones rurales de 500 a 2.499 habitantes; por razones de factibilidad y de costo, individuos de poblaciones dispersas menores a 500 habitantes no fueron incluidos en la muestra. Para establecer la muestra, México fue dividido en cinco regiones que reflejan la regionalización estándar del país: sureste (R1), centro (R2), centro-occidente (R3), noroeste (R4) y noreste (R5). El resultado es una muestra representativa de más del 80% de la población considerada por el censo oficial de México como rural. Se tiene información para más de 1.600 hogares localizados en 80 comunidades del país.

Para la mayor parte de los conceptos de las variables sociodemográficas y económicas, la ENHRUM sigue las definiciones de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2002: edad, sexo, nivel de instrucción, relación de parentesco, remuneración al trabajo, autoconsumo, ingreso, gastos, etc. Sin embargo, a partir de las características particulares de los hogares rurales y de los objetivos propios de la encuesta, se definen para la ENRHUM un mayor número de

conceptos e información más precisa de las distintas actividades generadoras de ingresos y gastos en las que los hogares rurales mexicanos participan. Por ejemplo, es posible obtener información más detallada del fenómeno migratorio y de los flujos monetarios que éste origina. En la ENIGH 2002 solamente es posible conocer las transferencias que los hogares reciben ya sean provenientes del exterior o del interior del país, siendo ésta la mejor aproximación que se tiene en relación a los montos de remesas que los hogares captan, en cambio la ENHRUM contiene información directa de las remesas recibidas en el hogar por cada uno de los miembros que forman parte del mismo.

Los datos obtenidos permiten calcular el ingreso total para cada uno de los hogares de la muestra. El ingreso neto de las actividades productivas de los hogares, con excepción del ingreso por ganado, fue estimado como el valor bruto de la producción menos los insumos comprados. La producción no sólo incluye la producción comercial sino también la producción consumida en el hogar y la concedida a otras familias como regalo.

Con el fin de obtener el valor bruto de la producción comercial, a los hogares se les preguntó el precio al que vendieron sus productos. Para la producción consumida en casa o dada a otros como regalo, a los hogares se les preguntó el precio que ellos recibirían por vender el producto. La leña y otros bienes producidos para el consumo en el hogar fueron valorados preguntando qué precio deberían pagar para comprar estos bienes.

El ingreso por la producción de ganado fue estimada como el cambio en el valor del ganado en pie entre el final y el comienzo del año en que se realizó la encuesta, más a) ventas y regalos a otros hogares de animales y productos de animales y b) el consumo del hogar de animales criados en el hogar y productos animales, menos c) compras de ganado y d) el costo de los insumos para el ganado (alimento, medicinas, y otros costos).

Dado que no existe un buen mecanismo para valorar el insumo de las familias como el trabajo, los animales y el equipo usado en la producción de actividades específicas, no se intentó imputar su valor. Por otro lado, se permitió la posibilidad de que los hogares tuvieran ingresos netos con valor de cero o con valores negativos en actividades específicas.

Para el cálculo de los índices de pobreza se utilizan los datos de la línea de pobreza rural alimentaria del CONEVAL (2006), que en precios de agosto de 2002 es de 494,78 pesos mensuales. Los datos climáticos y geográficos provienen de Mendelsohn et al. (2010) quienes utilizan información sobre las normas climáticas de cada una de las estaciones climáticas de México para el periodo 1971-2000 así como información de estaciones estadounidenses localizadas cerca de la frontera con México para interpolar valores históricos de precipitación y temperatura para cada una de las 80 comunidades contenidas en la muestra ENHRUM. El cuadro 1 muestra los promedios y desviaciones estándar para los datos climáticos y geográficos.

CUADRO 1
VARIABLES CLIMÁTICAS Y GEOGRÁFICAS DE LAS COMUNIDADES
INCLUIDAS EN LA MUESTRA

Variable	Media	Desviación estándar
Temperatura primavera (°C)	20,77	3,84
Temperatura verano (°C)	23,63	4,90
Temperatura otoño (°C)	20,39	4,49
Temperatura invierno (°C)	15,83	4,33
Precipitación primavera (mm/mes)	26,94	25,10
Precipitación verano (mm/mes)	143,14	91,53

Cuadro 1 (conclusión)

Variable	Media	Desviación estándar
Precipitación otoño (mm/mes)	87,92	73,82
Precipitación invierno (mm/mes)	25,95	26,81
Altitud (m)	1 061,66	958,34
Latitud (°)	22,87	4,16
Distancia a la capital del estado (km)	64,07	47,82
N	80	

Fuente: Estimaciones realizadas utilizando la información de Mendelsohn et al. (2010) para el año 2002.

La información sobre los cambios esperados en temperatura y precipitación para el año 2100 como resultado del cambio climático se obtuvo de Mendelsohn et al. (2010). Dichos autores utilizan tres modelos climáticos para predecir los cambios que se darían por trimestre en cada una de las 80 comunidades. Estos modelos son el del Hadley Centre for Climate Prediction and Research (HADLEY), el Parallel Climate Model (PCM) y el del Center for Climate System Research (MIMR)². El escenario que se utilizó en los tres modelos es el conocido como A2. Para cada modelo la temperatura predicha se obtiene sumándole a la temperatura histórica de cada comunidad el cambio en la temperatura predicho por el modelo respectivo. Los cambios predichos en precipitación se obtienen de forma similar con la excepción de que los escenarios que los modelos climáticos arrojan están en términos de cambios porcentuales. El cuadro 2 muestra los promedios de los escenarios para cada uno de los tres modelos. El modelo HADLEY estima los aumentos más altos en temperatura (e.g. el promedio de cambio en la temperatura en las 80 comunidades es de 4,16 °C en verano mientras que en el modelo PCM el incremento en el mismo trimestre es de 2,25 °C). Por su parte, el modelo MIMR predice las mayores reducciones en precipitación (e.g., el promedio en la reducción de la precipitación en verano es de 0,67% mientras que en el modelo PCM es únicamente del 0,17%).

CUADRO 2
VARIACIONES PREDICHAS POR CADA UNO DE LOS MODELOS CLIMÁTICOS
(Cambio en °C para temperatura y en porcentajes para precipitación)

Variable	HADLEY		PCM		MIMR	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Temperatura primavera	3,94	0,43	2,23	0,05	3,87	0,27
Temperatura verano	4,16	0,78	2,25	0,19	4,11	0,68
Temperatura otoño	4,13	0,46	2,24	0,17	4,05	0,58
Temperatura invierno	3,73	0,34	1,34	0,11	3,59	0,35
Precipitación primavera	-0,32	0,06	-0,15	0,04	-0,43	0,01
Precipitación verano	-0,64	0,12	-0,17	0,06	-0,67	0,08
Precipitación otoño	-0,05	0,14	-0,001	0,03	-0,20	0,05
Precipitación invierno	-0,05	0,07	-0,14	0,03	-0,30	0,10
N	80					

Fuente: Estimaciones realizadas utilizando la información de Mendelsohn et al. (2010) para el año 2002.

Nota: HADLEY se refiere al modelo del Hadley Centre for Climate Prediction and Research, PCM al modelo Parallel Climate Model y MIMR al modelo del Center for Climate System Research.

² La selección de los modelos obedece a su amplio reconocimiento y uso internacional, lo cual incluye los reportes del IPCC. No obstante, se reconoce la existencia de otros modelos de circulación general.

V. Resultados

El primer paso para calcular los impactos potenciales del cambio climático en la pobreza y la desigualdad es estimar por medio del método de mínimos cuadrados ordinarios una ecuación como la propuesta en la ecuación (1). La única diferencia es que, para aprovechar la información climática disponible, en la estimación no se incluyen los promedios anuales de las variables climáticas sino los promedios en cada una de las cuatro estaciones. Tanto la especificación econométrica como el método utilizado (mínimos cuadrados ordinarios) son consistentes con lo que utilizan Mendelsohn, et al. (2007) para el caso de Brasil y Estados Unidos y Mendelsohn, et al. (2010) para el caso de México. La diferencia principal con dichos estudios es que en ellos el vector de controles (z_i) incluye información sobre tipos de suelo lo cual no fue posible incluir en el presente análisis. En el presente caso el vector z_i incluye información sobre la altitud y latitud de la comunidad en la que se localiza el hogar, el género, edad y escolaridad del jefe del hogar, el número de miembros con secundaria en el hogar, la cantidad de tierra cultivable en poder del hogar, el número de miembros en otras partes de México y en Estados Unidos, la distancia a la capital del estado, el acceso a crédito así como el gasto en fertilizantes y una dummy para la región del país en la que el hogar se encuentra localizado. La inclusión de estas variables busca controlar por características del hogar que puedan afectar su productividad agrícola lo cual es especialmente relevante en el contexto del campo mexicano caracterizado por mercados (de tierra, de crédito, de insumos, de productos, etc.) poco desarrollados.

Las estadísticas descriptivas para las variables socioeconómicas incluidas en el vector z_i de la regresión, así como para el ingreso agrícola per cápita y el ingreso total per cápita, se presentan en el cuadro 3. Como puede verse en la muestra se tienen 660 hogares catalogados como agrícolas. Los hogares agrícolas son estadísticamente distintos a los no agrícolas en la mayoría de las características socio demográficas incluidas en la regresión. Los hogares agrícolas tienen con más frecuencia como jefe a un hombre y en promedio el jefe es de mayor edad y menos educado que el jefe de los hogares no agrícolas. Como podría esperarse, los hogares agrícolas poseen en promedio considerablemente más tierra que los no agrícolas y además tienen más miembros en otras partes de México. Por último, el promedio del ingreso per cápita anual de los hogares no agrícolas está casi 3.000 pesos por arriba del ingreso de los hogares agrícolas.

Los resultados de la regresión de mínimos cuadrados ordinarios utilizando los datos de sección cruzada para el año 2002 se presentan en el cuadro 3³. La primera columna muestra los coeficientes estimados para un modelo en el que no se incluyen las dummy regionales mientras que en la tercera columna se muestran los coeficientes estimados cuando se incluyen dichas dummy. La razón de incluir las dummy a nivel regional es para controlar por la presencia de efectos a nivel regional que puedan estar afectando la variable de interés y que puedan además generar un problema de heterocedasticidad. No es posible incluir dummy a nivel estatal pues en algunos estados no se tienen suficientes observaciones para poder estimar de manera adecuada la regresión. Para ambos modelos se realizaron pruebas Breusch-Pagan de heterocedasticidad⁴ y en ambos casos se rechaza fuertemente el supuesto de homocedasticidad. Para resolver parcialmente el problema de heterocedasticidad se recurrió al método comúnmente utilizado de estimar errores estándar robustos siguiendo el método de White⁵. El poder explicativo de ambos modelos es cercano al 15% como lo muestran los valores de la R^2 ajustada. Este valor no es excesivamente bajo considerando que se están usando datos de sección cruzada, en los que generalmente existe una mayor dispersión de los datos, respecto a los modelos de series de tiempo⁶; no obstante, sería deseable poder contar con variables adicionales que permitan obtener un modelo con mayor poder explicativo.

Los resultados muestran que las variables de temperatura en primavera son estadísticamente significativas, esto es, un aumento en la temperatura en esa estación del año disminuirá el ingreso agrícola (los efectos marginales se analizan con más detalle más adelante), mientras que el resto de variables de temperatura no son estadísticamente significativas. Por su parte, un aumento en la precipitación en invierno llevaría a una disminución en el ingreso agrícola mientras que un aumento en la precipitación en primavera o verano se vería acompañado de un incremento en el ingreso agrícola (cabe notar que éstas últimas variables no son estadísticamente significativas).

En cuanto a las variables socioeconómicas las únicas que resultan estadísticamente significativas son el género (solo en el modelo 1) y el gasto en fertilizantes y plaguicidas. Los resultados nos dicen que los hogares cuyo jefe es un hombre tienen un ingreso agrícola más alto. Esto puede estar reflejando el hecho de que en el campo mexicano los hombres tienen mayor acceso a todo tipo de mercados (tierra, trabajo, etc.) lo cual se traduce en un ingreso agrícola más alto. La variable de gasto en fertilizante y plaguicidas indica que quienes más gastan en fertilizante y plaguicidas tienen a su vez mayores ingresos netos agrícolas. Esto refleja por un lado un efecto de productividad, los que más insumos usan obtienen una producción más alta, pero puede estar capturando también un efecto de acceso a mercados de dichos insumos. Es decir, es posible que ese efecto este parcialmente relacionado con el hecho de que los hogares que tienen acceso a mercados de insumos son más productivos no sólo por el uso de los mismos sino porque al tener acceso a los insumos tienen automáticamente acceso a otros mercados (por ejemplo a mercados de crédito o a potenciales compradores de su producto). En todo caso entender los determinantes de la productividad agrícola está más allá de los objetivos del presente análisis que lo que busca es encontrar una relación entre clima e ingreso agrícola para poder medir los impactos potenciales del cambio climático en la situación económica de los hogares. Al no resultar significativas las variables dummy regionales, se puede decir que el efecto de las variables climáticas (temperatura y precipitación) sobre el ingreso agrícola, no depende de la región a la cual pertenecen los hogares, por lo tanto, las políticas y programas que intenten mitigar los impactos del cambio climático sobre la población pobre deben incorporar de manera general a todos los hogares que se dedican a la actividad agrícola.

³ Las estimaciones se realizaron en el software econométrico Stata, utilizando el comando *reg*.

⁴ La prueba Breusch-Pagan se realizó utilizando el comando *estat hettest* en Stata.

⁵ Al calcular los errores estándar de mínimos cuadrados ordinarios se utilizó la opción *robust* en Stata.

⁶ Los modelos de series de tiempo casi siempre generan coeficientes de determinación (R^2) más altos que los modelos de corte transversal, debido a que en este último tipo de modelo los datos contienen una gran cantidad de variación aleatoria (usualmente llamada “ruido”) que hace la suma de cuadrado de la regresión sea menor en relación a la suma de cuadrados totales (Astriou and hall, 2006).

CUADRO 3
VARIABLES SOCIOECONÓMICAS DE LOS HOGARES INCLUIDOS EN LA MUESTRA

Variable	Descripción	Hogares no agrícolas	Hogares agrícolas
Género	1= hombre	0,83	0,91***
Edad	Edad del jefe del hogar en años	47,46	50,87***
Escolaridad	Escolaridad del jefe del hogar en años	4,88	3,84***
Miembros del hogar con secundaria	Número de miembros del hogar, sin contar al jefe, que tienen por lo menos la secundaria concluida	1,20	1,16
Tierra	Hectáreas de tierra que posee el hogar	1,71	9,64***
Miembros en otras partes de México	Número de miembros de la familia que viven en otras partes de México	0,23	0,38***
Miembros en Estados Unidos	Número de miembros de la familia que viven en Estados Unidos	0,27	0,26
Crédito	1 = si algún miembro del hogar ha recibido alguna vez un préstamo o ha tenido una tarjeta de crédito	0,10	0,09
Fertilizantes y plaguicidas	Gasto en fertilizantes y plaguicidas (en pesos)	0	2 086,57***
Ingreso agrícola	Ingreso neto agrícola per cápita (en pesos)	0	2 858,99***
Ingreso total	Ingreso neto total per cápita (en pesos)	16 216,64	13 441,37**
Región 1 (R1)	En la región 1 (sur-sureste) la muestra incluye a comunidades en los estados de Oaxaca, Veracruz y Yucatán	0,33	0,13***
Región 2 (R2)	En la región 2 (centro) la muestra incluye a comunidades en los estados de México y Puebla	0,32	0,13***
Región 3 (R3)	En la región 3 (centro-occidente) la muestra incluye a comunidades en los estados de Guanajuato, Nayarit y Zacatecas	0,16	0,22***
Región 4 (R4)	En la región 4 (noroeste) la muestra incluye a comunidades en los estados de Baja California, Sonora y Sinaloa	0,05	0,29***
Región 5 (R5)	En la región 5 (noreste) la muestra incluye a comunidades en los estados de Chihuahua, Durango y Tamaulipas	0,14	0,23***
N		1 036+	660

Fuente: Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México, ENHRUM. La información se refiere al 2002.

Nota: El tamaño de muestra para los hogares no agrícolas varía dado que en algunos casos no se cuenta con información disponible (el tamaño mínimo de la muestra es de 971).

** p<0,05.

*** p<0,01.

CUADRO 4
INGRESO AGRÍCOLA Y VARIABLES CLIMÁTICAS

Variable	Modelo (1)		Modelo (2)	
	Coefficiente	Error est. robusto	Coefficiente	Error est. robusto
Temp. primavera	-15 376,1**	7 684,3	-14 750,6*	7 963,1
Temp. primavera2	305,5*	161,5	296,8*	168,3
Temp. verano	6 066,5	8 840,0	5 417,1	10 135,5
Temp. verano2	-133,5	192,4	-126,8	221,3
Temp. otoño	1 956,9	8 780,2	2 848,9	9 739,4
Temp. otoño2	5,6	215,8	-10,2	237,7
Temp. invierno	3 453,8	4 159,8	2 392,0	4 425,7
Temp. invierno2	-120,8	120,0	-94,7	120,5
Prec. primavera	93,3	109,2	140,3	99,4
Prec. primavera2	0,0	0,6	-0,1	0,7
Prec. verano	32,0	47,8	38,5	53,2
Prec. verano2	-0,0	0,1	-0,0	0,0
Prec. otoño	-125,9	105,2	-109,6	110,7
Prec. otoño2	0,3	0,2	0,3	0,2
Prec. invierno	-179,5**	89,7	-217,4**	97,9
Prec. invierno2	-0,1	0,6	0,0	0,6
Altitud	-5,5**	2,3	-5,2**	2,2
Latitud	-310,7	796,2	-313,6	735,0
Género	1 141,2*	678,9	1 071,7	720,8
Edad	-23,5	32,8	-23,7	33,8

Cuadro 4 (conclusión)

Variable	Modelo (1)		Modelo (2)	
	Coefficiente	Error est, robusto	Coefficiente	Error est, robusto
Escolaridad	-17,8	136,3	-14,7	126,6
Miembros con sec.	-277,5	529,7	-209,9	500,2
Tierra	41,4	31,6	41,3	32,0
Miembros en otra parte México	-480,6	345,1	-438,6	328,2
Miembros en USA	1 173,7	1 912,4	1 088,0	2 065,5
Distancia	-37,3	0,0	-37,1	35,9
Crédito	4 427,5	3 194,2	4 205,2	3 181,4
Fert. y plag	0,3***	0,1	0,3**	0,1
Región 1			-1 702,9	5 106,0
Región 2			-2 506,7	4 217,7
Región 3			-510,4	2 717,2
Región 4			2 498,7	4 556,2
Constante	76 694,8*	44 178,3	75 895,4**	38 537,1
N				660
R2 ajustada	0,150		0,146	

Fuente: Estimaciones propias realizadas mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios utilizando datos de la Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM) para el año 2002.

Nota: * p<0,10, ** p<0,05, *** p<0,01.

En ese sentido, para simular el impacto de los cambios en el clima sobre el ingreso agrícola es importante analizar con más detalle los efectos marginales del clima que el modelo econométrico simula. Es importante mencionar que para todos los cálculos subsecuentes (efectos marginales, pobreza y desigualdad) se decidió utilizar los resultados del modelo (2) por ser el más completo (las estimaciones son muy similares si se utiliza el modelo (1)). Los efectos marginales (Emg_k) de cada una de las variables climáticas se obtienen utilizando la siguiente fórmula:

$$Emg_k = \hat{\beta}_k + 2 * \hat{\beta}_{k^2} \bar{k} \quad (6)$$

donde k se refiere a cada una de las variables climáticas incluidas (e.g., temp. verano o prec. invierno), y \bar{k} es el valor promedio de la variable correspondiente (Cameron y Trivedi, 2009 y Maddala y Lahiri, 2009). Así pues, dados los resultados mostrados en el modelo (2) del cuadro 4 el efecto marginal de la variable temperatura en primavera es de:

$$Emg_{temp.prim.} = -14\,750,6 + 2 * 296,8 * 20,59 = -2\,521,55 \quad (7)$$

Para obtener los efectos marginales totales de un cambio en temperatura (o en precipitación) se suman los efectos marginales calculados para cada una de las estaciones. Los errores estándar se obtienen mediante el método Delta⁷ (Cameron y Trivedi, 2009).

El cuadro 5 muestra las estimaciones de los efectos marginales donde se observa que un incremento de un grado en la temperatura de primavera disminuiría el ingreso agrícola per cápita anual de los hogares agrícolas en cerca de 2.500 pesos⁸, aunque el cambio no es estadísticamente significativo. Esta es una cantidad muy importante si consideramos que el ingreso promedio total para los hogares agrícolas es de poco más de 13.000 pesos. Por otro lado, por cada milímetro de disminución en la precipitación mensual durante el invierno se tendría un aumento en el ingreso agrícola per cápita anual de poco más de 200 pesos. La misma disminución, pero en la primavera, se vería reflejada en una disminución en el ingreso agrícola de casi 130 pesos. Dado que los tres modelos climáticos (HADLEY, PCM y MIMR) predicen aumentos de la temperatura en primavera y disminuciones en las precipitaciones en invierno y primavera (véase el cuadro 2), ello indica que estos impactos se contraponen.

Las estimaciones realizadas no permiten estimar con precisión los efectos marginales y por lo tanto, en lo que a temperatura se refiere, ninguno de los efectos marginales estacionales resulta estadísticamente significativo. Sin embargo, el efecto de un cambio de un grado centígrado en todas las estaciones resulta en una disminución de casi 1.000 pesos en el ingreso agrícola per cápita anual. En el caso de la precipitación los efectos marginales en primavera y en invierno son estadísticamente significativos (y de signo contrario). El efecto de una disminución de un milímetro en cada una de las estaciones sería un aumento del ingreso agrícola de poco más de 100 pesos.

⁷ El procedimiento utilizado para obtener los efectos marginales y sus errores fue usar las ecuaciones antes descritas junto con el comando *nlncom* en el software econométrico Stata.

⁸ Este valor es importante si se tiene en cuenta que la línea de pobreza y de indigencia en el sector rural de México era en 2002 (período de referencia de la ENHRUM) de 928 y 530 pesos mensuales por persona respectivamente.

CUADRO 5
CAMBIO MARGINAL EN EL INGRESO PER CÁPITA AGRÍCOLA ANTE
CAMBIOS MARGINALES EN LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

	Temperatura		Precipitación	
	Cambio marginal	Errores estándar	Cambio marginal	Errores estándar
Primavera	-2 521,55	1 956,63	126,11*	64,67
Verano	-219,99	1 949,08	21,02	27,03
Otoño	2 445,87	2 037,08	-37,08	55,19
Invierno	-630,09	1 344,15	-215,57**	86,56
Total	-925,77**	406,09	-105,51**	50,62

Fuente: Estimaciones propias utilizando datos de la Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM) para el año 2002.

Nota: * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$.

Para las simulaciones del impacto de cambios en temperatura y precipitación se decidió mantener todas las variables incluidas en el modelo (2) a pesar de que únicamente los efectos marginales de la temperatura en primavera y la precipitación en invierno fueran estadísticamente significativos puesto que de lo contrario se correría el riesgo de sobreestimar (o subestimar) el impacto que el cambio climático tiene en el ingreso,

Utilizando los resultados de la estimación econométrica del modelo (2) se calcula el ingreso agrícola per cápita (y_{agi}^{cc}) y el ingreso total per cápita (y_i^{cc}) para cada uno de los tres modelos climáticos siguiendo las ecuaciones (2) y (3). En el cuadro 6 se muestran los resultados de dichos cálculos así como el ingreso total observado en el año 2002. El ingreso per cápita promedio para los 1.696 hogares incluidos en la muestra es de un poco más de 15.000 pesos anuales. Los resultados de las simulaciones muestran que debido a una caída en el ingreso agrícola entonces el ingreso total promedio disminuye para los tres modelos climáticos. La caída más fuerte se da con el modelo HADLEY; en ese caso el ingreso cae de poco más de 13.000 pesos a menos de 13.000.

CUADRO 6
INGRESO NETO PER CÁPITA OBSERVADO Y PREDICIONES PARA
LOS TRES MODELOS CLIMÁTICOS

	Media	Desviación estándar
Observado	15 136,64	27 452,85
Predicción-HADLEY	12 767,41	27 502,68
Predicción-PCM	14 615,75	27 304,23
Predicción-MIMR	12 941,38	27 677,48
N	1 696	

Fuente: Estimaciones propias utilizando datos de la Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM) para el año 2002.

El objetivo principal de este estudio es estimar los impactos que el cambio climático podría tener en la pobreza y la desigualdad. Tomando como punto de partida los ingresos simulados para cada uno de los hogares se estima entonces la magnitud potencial de dichos impactos. El cuadro 7 muestra los niveles de pobreza y desigualdad dados los ingresos observados en 2002 así como los niveles que se tendrían con base en las simulaciones de los tres modelos climáticos utilizados. De acuerdo con los datos de la muestra utilizada, en el 2002 el 38% de los hogares rurales se encontraban por debajo de la línea de pobreza alimentaria, es decir, casi el 40% de los hogares rurales estaban en una situación de pobreza extrema. La desigualdad en la distribución del ingreso era alta (el coeficiente de Gini es de 0,6).

Por su parte, los estimadores puntuales de pobreza y desigualdad para los tres modelos climáticos muestran que tanto la pobreza (medida con las tres variantes del FGT) como la desigualdad aumentan como resultado de los cambios en las variables climáticas. Los modelos HADLEY y MIMR arrojan resultados similares entre sí, siendo el modelo HADLEY el que presenta los aumentos más grandes con una incidencia de la pobreza del 49% de la población rural y un índice de Gini de 0,7. Los incrementos más moderados se dan con el modelo PCM; la incidencia aumenta al 40% mientras que el Gini a 0,62.

CUADRO 7
IMPACTOS EN LA POBREZA Y LA DESIGUALDAD
DE LOS DISTINTOS MODELOS CLIMÁTICOS

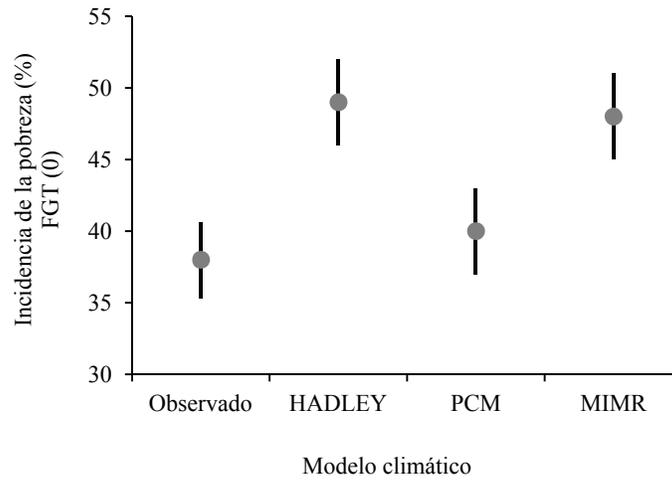
	Pobreza		Desigualdad	
	Incidencia	Profundidad	Severidad	Gini
Niveles actuales	38%	0,221	0,193	0,599
Modelos climáticos				
HADLEY	49%	0,444	0,598	0,737
PCM	40%	0,254	0,249	0,619
MIMR	48%	0,439	0,586	0,734

Fuente: Estimaciones propias utilizando datos de la Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM) para el año 2002.

En los diagramas 2 al 5 se muestran las medidas de pobreza y desigualdad⁹ del cuadro 7 junto con sus intervalos de confianza. En estos diagramas se observa que los resultados obtenidos utilizando los cambios climáticos simulados por el modelo PCM no son estadísticamente diferentes de los valores que se obtienen cuando se utilizan los datos observados del ingreso per cápita para el año 2002. Es decir, estadísticamente no es posible argumentar que, dada la muestra analizada, el modelo PCM implique aumentos en la pobreza o la desigualdad. Por otro lado, los resultados tanto del modelo HADLEY como del modelo MIMR indican que las estimaciones de pobreza y desigualdad se encuentran por encima de las que se obtienen utilizando los valores observados. En otras palabras, de acuerdo con los modelos HADLEY y MIMR el cambio climático afectaría negativamente a los pobres a través de una disminución en el ingreso agrícola y al hacerlo se ampliaría más la brecha ya existente en la distribución del ingreso en las comunidades rurales.

⁹ Los intervalos de confianza fueron obtenidos utilizando el comando *bootstrap* en el *software* econométrico Stata.

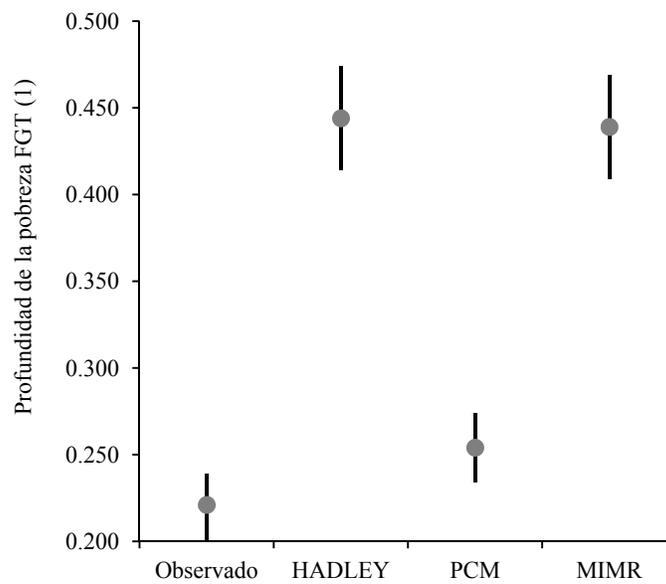
DIAGRAMA 2
CAMBIO CLIMÁTICO E INCIDENCIA DE LA POBREZA



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Intervalos de confianza al 95% usando el método bootstrap.

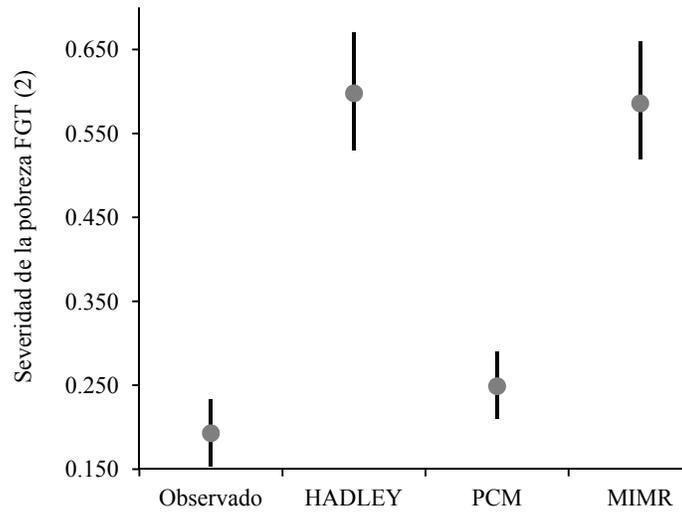
DIAGRAMA 3
CAMBIO CLIMÁTICO Y PROFUNDIDAD DE LA POBREZA



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Intervalos de confianza al 95% usando el método bootstrap.

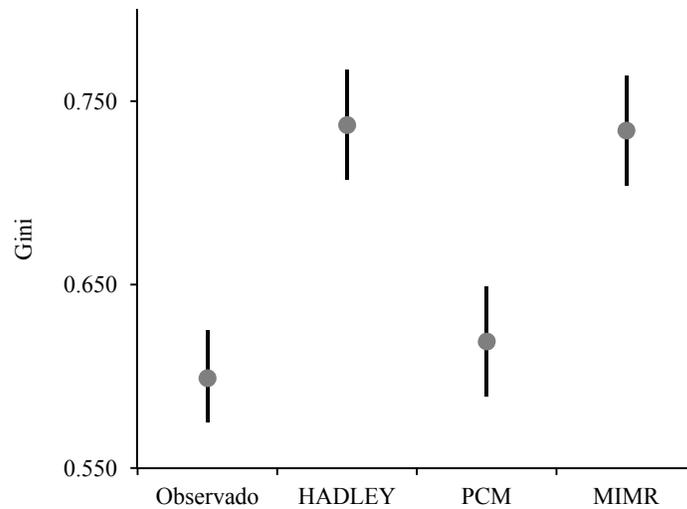
DIAGRAMA 4
CAMBIO CLIMÁTICO Y SEVERIDAD DE LA POBREZA



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Intervalos de confianza al 95% usando el método bootstrap.

DIAGRAMA 5
CAMBIO CLIMÁTICO Y DESIGUALDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Intervalos de confianza al 95% usando el método bootstrap.

VI. Consideraciones de política pública

La evidencia internacional muestra que el cambio climático tiene efectos importantes sobre la economía, los indicadores sociales y sobre los ecosistemas; sin embargo, estos no son lineales y no se distribuyen de manera homogénea (Sterm, 2007; CEPAL, 2009 y 2010). La cuantificación de los impactos económicos ha abarcado la atención entre un grupo de los interesados en el estudio del cambio climático; no obstante, ha surgido en los últimos años mayor interés por comenzar a abordar los impactos sociales asociados a las variaciones de la temperatura y la precipitación, siendo la pobreza y la desigualdad algunos de los impactos más documentados (Tol et al. 2004; Mendelsohn et al. 2006; Horowitz, 2009; Assunção y Chein Feres, 2009; Andersen y Verner, 2010; Hertel y Rosch, 2010; Skoufia et al. 2011).

Los resultados encontrados en este trabajo evidencian, para el caso de México, los impactos negativos del cambio climático sobre los niveles de pobreza y de inequidad social. Ello al mismo tiempo señala la necesidad de actuar a través de la política pública para reducir estos impactos sobre un sector de la población vulnerable como son los hogares que tienen la actividad agrícola como principal fuente de ingresos. En este contexto, se pueden señalar como posibles medidas de acción:

- Diseñar mecanismos para mejorar la gestión del riesgo en el sector agrícola, que contribuyan a reducir las potenciales pérdidas ocasionadas por las anomalías en la temperatura y precipitación.
- Crear los incentivos para el desarrollo de mercados de seguros en el sector agrícola acorde con las condiciones reales del sector, que permitan transferir el riesgo y minimizar las pérdidas.
- Identificar diferentes alternativas de medidas de adaptación al cambio climático en el sector agrícola y evaluar sus beneficios y costos.
- Promover un proceso de cambio tecnológico en los grandes, medianos y pequeños agricultores, a través de incentivos fiscales y financieros, acompañados de programas de asistencia técnica que potencialicen sus beneficios.
- Brindar estímulos e incentivos a la investigación científica en el sector agrícola, tomando como base, entre otros, el conocimiento y experiencia natural de las poblaciones rurales, con el objeto de identificar los mejores mecanismos y medidas de respuestas de los diferentes cultivos a las alternativas de adaptación.
- Diseño e implementación de programas de subsidios a los pequeños agricultores con el objetivo de garantizar a los hogares agrícolas un ingreso mínimo de subsistencia y/o satisfacción de las necesidades básicas.

- Mejorar los sistemas de información y crear mecanismos que permitan generar alertas tempranas, a los agricultores sobre las variaciones en el clima que puedan poner en riesgo los cultivos.

Estos impactos si bien fueron identificados para el caso mexicano, muy probablemente son válidos también para el resto de países de América Latina, principalmente en aquellos países donde el sector agrícola tiene una participación importante en la ocupación de mano de obra, y al mismo tiempo en los países donde se esperan cambios importantes en la temperatura y los niveles de precipitación. De esta manera, estas consideraciones de política pública resultan de interés para los tomadores de decisiones de la región.

La evidencia internacional muestra que el cambio climático tiene efectos importantes sobre la economía, los indicadores sociales y sobre los ecosistemas; sin embargo, estos no son lineales y no se distribuyen de manera homogénea (Sterm, 2007; CEPAL, 2009 y 2010). La cuantificación de los impactos económicos ha abarcado la atención entre un grupo de los interesados en el estudio del cambio climático; no obstante, ha surgido en los últimos años mayor interés por comenzar a abordar los impactos sociales asociados a las variaciones de la temperatura y la precipitación, siendo la pobreza y la desigualdad algunos de los impactos más documentados (Tol et al. 2004; Mendelsohn et al. 2006; Horowitz, 2009; Assunção y Chein Feres, 2009; Andersen y Verner, 2010; Hertel y Rosch, 2010; Skoufia et al. 2011).

Los resultados encontrados en este trabajo evidencian, para el caso de México, los impactos negativos del cambio climático sobre los niveles de pobreza y de inequidad social. Ello al mismo tiempo señala la necesidad de actuar a través de la política pública para reducir estos impactos sobre un sector de la población vulnerable como son los hogares que tienen la actividad agrícola como principal fuente de ingresos. En este contexto, se pueden señalar como posibles medidas de acción:

- Diseñar mecanismos para mejorar la gestión del riesgo en el sector agrícola, que contribuyan a reducir las potenciales pérdidas ocasionadas por las anomalías en la temperatura y precipitación.
- Crear los incentivos para el desarrollo de mercados de seguros en el sector agrícola acorde con las condiciones reales del sector, que permitan transferir el riesgo y minimizar las pérdidas.
- Identificar diferentes alternativas de medidas de adaptación al cambio climático en el sector agrícola y evaluar sus beneficios y costos.
- Promover un proceso de cambio tecnológico en los grandes, medianos y pequeños agricultores, a través de incentivos fiscales y financieros, acompañados de programas de asistencia técnica que potencialicen sus beneficios.
- Brindar estímulos e incentivos a la investigación científica en el sector agrícola, tomando como base, entre otros, el conocimiento y experiencia natural de las poblaciones rurales, con el objeto de identificar los mejores mecanismos y medidas de respuestas de los diferentes cultivos a las alternativas de adaptación.
- Diseño e implementación de programas de subsidios a los pequeños agricultores con el objetivo de garantizar a los hogares agrícolas un ingreso mínimo de subsistencia y/o satisfacción de las necesidades básicas.
- Mejorar los sistemas de información y crear mecanismos que permitan generar alertas tempranas, a los agricultores sobre las variaciones en el clima que puedan poner en riesgo los cultivos.

Estos impactos si bien fueron identificados para el caso Mexicano, muy probablemente son válidos también para el resto de países de América Latina, principalmente en aquellos países donde el sector agrícola tiene una participación importante en la ocupación de mano de obra, y al mismo tiempo en los países donde se esperan cambios importantes en la temperatura y los niveles de precipitación. De esta manera, estas consideraciones de política pública resultan de interés para los tomadores de decisiones de la región.

VII. Conclusiones

Existen muy pocos estudios sobre los impactos potenciales del cambio climático en la distribución del ingreso o en la pobreza y prácticamente ninguno de ellos hace uso de microdatos. El presente estudio representa un esfuerzo en este sentido al hacer uso de datos a nivel hogar para una muestra representativa del sector rural en México. Los microdatos permiten, a diferencia de lo que se ha hecho hasta ahora en la literatura, calcular medidas de pobreza basadas en el ingreso per cápita de los hogares.

Los impactos potenciales del cambio climático en la pobreza y la desigualdad se simulan utilizando tres modelos climáticos. Los resultados para dos de los tres modelos muestran que el cambio climático puede incrementar de manera sustancial tanto la pobreza como la desigualdad. El resultado más contundente en términos de impacto a la pobreza es el arrojado por el modelo HADLEY, mostrando que el porcentaje de hogares en situación de pobreza extrema en el México rural aumentaría en 11 puntos porcentuales como resultado del cambio climático. En cuanto a la desigualdad, el mismo modelo da como resultado un aumento de más del 20% en el coeficiente de Gini.

A pesar de la relevancia de los resultados aquí presentados es muy importante señalar sus alcances y las principales limitaciones y debilidades de la metodología utilizada. En este sentido lo primero que se debe considerar es que aquí se dejan de lado los impactos que pudieran derivarse de eventos climáticos extremos (e.g, huracanes y sequías). Es indudable que estos eventos pueden impactar muy fuertemente los ingresos de los hogares, sin embargo, la metodología utilizada no permite incorporar dichos eventos.

Un supuesto básico del análisis realizado es que de todas las variables incluidas en la estimación econométrica las únicas que cambian con el tiempo son la temperatura y la precipitación. Es un supuesto fuerte considerando el horizonte de tiempo de largo plazo de las predicciones climáticas (90 años) y porque es de esperarse que durante este periodo se den también muchos cambios que modificarían por completo nuestras estimaciones. Por lo tanto, los resultados que se obtienen deben tomarse con cautela y deben entenderse como un reflejo de los efectos potenciales del cambio climático suponiendo que todo lo demás permaneciera constante.

Otra de las limitaciones del presente análisis es que al utilizar un modelo de equilibrio parcial se asume que no existen cambios en los precios agrícolas como respuesta al cambio climático. Algunos autores consideran que este supuesto es adecuado argumentando que los impactos en la oferta agregada serán pequeños (e.g., Mendelsohn y Dinar, 1999); sin embargo otros no están de acuerdo (p.e. Reilly, 1999). Este es un supuesto importante para los objetivos del presente estudio pues en principio si una caída en la oferta agrícola se ve acompañada de un aumento en precios es

posible que muchos productores agrícolas vean sus ingresos crecer lo cual podría implicar una disminución en la pobreza de los hogares agrícolas (aunque quizá un aumento en la pobreza de hogares urbanos). Las únicas circunstancias en las que se puede decir que los hogares agrícolas se verán afectados negativamente por cambios climáticos adversos se dan cuando: los hogares son productores de autoconsumo (o consumidores netos), el impacto negativo es muy localizado o la demanda por el producto es muy elástica (Hertel y Rosch, 2010).

De igual forma están fuera del alcance del análisis aquí propuesto cambios en el precio de cualquier otro bien o servicio así como cambios en precios de los insumos o en los salarios. En este contexto podrían ser de especial relevancia los cambios en los salarios agrícolas. Sin duda esta es una limitante del análisis de equilibrio parcial aunque podría argumentarse que un análisis de equilibrio general sólo resolvería de forma incompleta este problema pues, tal y como lo menciona Schelling (1992), existe mucha incertidumbre sobre la forma en que funcionará la economía en 50, 75 ó 100 años. Por lo tanto, aún cuando se modelaran los precios como endógenos, es imposible saber cosas como la importancia que tendrá cada sector en la economía o la disponibilidad de trabajo para cada sector por lo que los precios relativos resultantes de un modelo de equilibrio general podrían estar muy lejos de reflejar la realidad.

Hasta ahora en la literatura se ha argumentado que el cambio climático puede tener un impacto directo en el bienestar de los hogares pero la evidencia cuantitativa que existe es muy poca y menor aún es la información disponible sobre las magnitudes de dichos impactos. En ese sentido, y a pesar de las consideraciones mencionadas anteriormente, los resultados aquí presentados son relevantes. Por otro lado, el hecho de poder calcular las magnitudes de los impactos potenciales puede resultar de utilidad para los hacedores de políticas públicas al permitirles identificar a los grupos más vulnerables y saber qué tanto se verían afectados. Esta información les sería útil tanto para el diseño como para la aplicación de políticas públicas de adaptación y prevención. Por último, la magnitud de los impactos estimados en este estudio respalda la hipótesis de que el cambio climático tendría impactos significativos en el bienestar de los hogares y por ende el costo de la inacción podría ser mucho más alto que el de invertir en prevención y adaptación.

La magnitud de los impactos potenciales del cambio climático sobre la pobreza y la desigualdad en México identificados en este trabajo señala la necesidad de implementar políticas públicas que permitan reducir estos efectos. De esta manera pueden ser útiles las medidas dirigidas a mejorar la administración y gestión del riesgo en el sector agrícola, para reducir las potenciales pérdidas ocasionadas por las anomalías en la temperatura y precipitación; crear los incentivos para el desarrollo de mercados de seguros en el sector agrícola acorde con las condiciones reales del sector, que permitan transferir el riesgo y minimizar las pérdidas. De igual manera se debe trabajar en la identificación e implementación de medidas de adaptación al cambio climático en el sector agrícola; y promover procesos de innovación y cambio tecnológico en los grandes, medianos y pequeños agricultores, a través de incentivos fiscales y financieros, acompañados de programas de asistencia técnica que potencialicen sus beneficios.

Bibliografía

- L. Andersen, L. y Verner, D. (2010). “Simulating the Effects of Climate Change on Poverty and Inequality” en *Reducing Poverty, Protecting Livelihoods, and Building Assets in a Changing Climate. Social Implications of Climate Change for Latin America and the Caribbean*. The World Bank. Washington, D.C.
- Assunção J. y Chein F. (2009). *Climate Change, Agricultural Productivity, and Poverty*, Working Paper, Department of Economics, PUC-Rio de Janeiro.
- Asteriou, D. y Hall, S. (2006) *Applied Econometrics. A Modern Approach using Eviews and Microfit* Revised Edition. Palgrave Macmillan.
- Bourguignon, F. y Spadaro, A. (2006). Microsimulation as a tool for evaluating redistribution policies. *Journal of Economic Inequality* 4:77-106.
- Cameron, A.C. y Trivedi, P.K., (2009). *Microeconometrics Using Stata* 1st ed., Stata Press.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina) (2009), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009*. (LC/G.2425), Santiago de Chile.
- _____ (Comisión Económica para América Latina) (2010), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2010*. (LC/G.2474), Santiago de Chile.
- CONEVAL. (2007). *Los Mapas de Pobreza en México*. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México, D.F.
- _____ “Aplicación de la metodología para la medición de la pobreza por ingresos y pruebas de hipótesis 2006”. en http://www.coneval.gob.mx/contenido/med_pobreza/1017.pdf, [02.11.2010].
- Deschenes, O. y Greenstone, M. (2007). The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather. *The American Economic Review*, 97(1):354-385.
- Fields, G. (2001). *Distribution and Development*. Russell Sage Foundation. *New York*.
- Foster, J., Greer, J. y Thorbecke, E. (1984). A Class of Decomposable Poverty Measures, *Econometrica*, 52(3):761-766.
- Galindo, L. (2009). *La economía del cambio climático en México*. Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.
- Gini, C. (1912). *Variabilità e Mutabilità*, Bologna: Tipografia di Paolo Cuppini.
- _____ (1914). “Sulla Misura della Concentrazione e della Variabilità dei Caratteri,” *Atti del R. Istituto Veneto di SS.LL.AA.*, 73, 1203–1248.
- _____ (1921). “Measurement of Inequality of Incomes,” *The Economic Journal*, 31, 124–126.
- Hertel, T. y Rosch, S. (2010). Climate change, Agriculture and Poverty. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 32(3): 355-385.

- Horowitz, J. (2009). The Income-Temperature Relationship in a Cross-Section of Countries and its Implications for Predicting the Effects of Global Warming. *Environmental and Resource Economics*. 44(4):475-493.
- Maddala, G.S. y Lahiri, K., (2009). *Introduction to Econometrics* 4th ed., Wiley.
- 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., Nordhaus, W. y Shaw, D. (1994). The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *The American Economic Review*, 84(4):753-771.
- Mendelsohn, R. Nordhaus, W. y Shaw, D. (1996). Climate Impacts on Aggregate Farm Values: Accounting for Adaptation. *Agriculture and Forest Meteorology*, 80:56-67.
- 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. y Schlesinger, M. (1999). Climate-response functions. *Ambio*. 28(4):362-366.
- Mendelsohn, R., Morrison, W., Schlesinger, M. y Andronova, N. (2000). Country-Specific Market Impacts of Climate Change. *Climatic Change*, 45:553-569.
- Mendelsohn, R., Dinar, A., y Sanghi, A. (2001). The Effect of Development on the Climate Sensitivity of Agriculture. *Environment and Development Economics*, 6:85-101.
- Mendelsohn, R., Dinar, A., y Williams, L. (2006). The distributional impact of climate change on rich and poor countries, *Environment and Development Economics*, 11: 159–178.
- Mendelsohn, R., Basist, A., Kurukulasuriya, P. y Dinar, A. (2007). Climate and rural income. *Climatic Change* . 81:101-118.
- Mendelsohn, R., J. Arellano-Gonzalez y P. Christensen (2010). A Ricardian analysis of Mexican farms. *Environment and Development Economics*, 15(2): 153-171.
- Mideksa, T.K. (2010). Economic and distributional impacts of climate change: The case of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 20(2), 278-286.
- Nordhaus, W. (1994). Climate and Economic Development: Climates Past and Climate Change Future, in *Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics*, The World Bank, 1994.
- _____ (2008). *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. Yale University Press.
- PRECESAM-COLMEX (Programa de Estudios del Cambio Económico y de la Sustentabilidad del Agro Mexicano/Colegio de México), (2003). Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM). Disponible en: <http://precesam.colmex.mx/>
- Reilly, J., et al. (1996). “Agriculture in a changing climate: Impacts and adaptations” en Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R., y Dokken, D (editores), IPCC, *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. Cambridge University Press, UK.
- _____ (1999). What Does Climate Change Mean for Agriculture in Developing Countries? A Comment on Mendelsohn and Dinar. *The World Bank Research Observer*, 14(2): 295-305.
- Schelling, T. (1992). Some Economics of Global Warming. *American Economic Review*. 82(1):1-14.
- Skoufias, E., K. y Conroy, H. V. (2011). The Impacts of Climate Variability on Welfare in Rural Mexico, Policy Research Working Paper 5555. World Bank, Washington, D.C.
- Sen, A. (1976). Poverty: An Ordinal Approach to Measurement. *Econometrica*. 44:219-231.
- Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, UK.
- Tol, R., Downing, T., Kuik, O. y Smith, J. (2004). Distributional aspects of climate change impacts. *Global Environmental Change*. 14:259-272.
- World Bank (2010), *Reducing Poverty, Protecting Livelihoods, and Building Assets in a Changing Climate. Social Implications of Climate Change for Latin America and the Caribbean*. Editor: Dorte Verner. The World Bank. Washington, D.C.



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