
el pan del futuro: cambio climático, agricultura y alimentación en américa latina

héctor maletta*

Resumen

¿Habrá más hambre en el futuro, a raíz de los cambios esperados en el clima? En este artículo se reseñan las previsiones sobre cambio climático en el mundo y en América Latina, preparadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) de la ONU, y sus probables consecuencias sobre la agricultura y la seguridad alimentaria de América Latina, estimadas por dos métodos: modelos ricardianos y modelos de evaluación integrada. También se discute brevemente algunas cuestiones conexas, como la subida en el nivel del mar, la deglaciación andina, y la dinámica del fenómeno del Niño, el posible efecto del cambio climático sobre el campesinado andino y otros pequeños productores de subsistencia, así como problemas conceptuales y metodológicos relacionados con estos análisis. También se exploran factores no climatológicos que están en juego, como tendencias demográficas, cambios agrarios y crecimiento del ingreso, entre otros. Contra lo que podría suponerse, las perspectivas no son catastróficas ni mucho menos.

Palabras clave: agricultura, alimentación, América Latina, cambio climático, seguridad alimentaria, pobreza.

* Sociólogo y economista. Estudió en la Pontificia Universidad Católica Argentina (Buenos Aires) y en la Università degli Studi di Bologna (Italia). Ha sido profesor e investigador de la Universidad del Pacífico (Lima) y actualmente es miembro del Instituto de Investigación en Ciencias Sociales (IDICSO) de la Universidad del Salvador (Buenos Aires). Se ha desempeñado por muchos años como experto y consultor de las Naciones Unidas (sobre todo de la FAO y la OIT) sobre temas vinculados a la agricultura, la alimentación, el medio ambiente y la pobreza. <hmaletta@gmail.com>

1. Introducción

Existe amplia preocupación en el mundo por el cambio climático y sus posibles consecuencias. Las mediciones existentes indican que la temperatura global media del planeta ha venido aumentando en el siglo 20 y se estima que continuará aumentando durante el siglo 21 debido, entre otras causas, a la emisión de gases de efecto invernadero (en inglés *greenhouse gases*, o GHG), en especial el dióxido de carbono (CO₂). El calentamiento será diferente según las zonas, y causará cambios en lluvias, vientos y otros aspectos de la Naturaleza. Entre sus muchos efectos, el cambio climático (en adelante, CC) podría afectar la agricultura y la alimentación. En América Latina, una región donde hay amplios segmentos de población vulnerables al hambre y la desnutrición, ello podría potencialmente entrañar hondas repercusiones económicas y sociales.

Los alcances y mecanismos de esos efectos, sin embargo, son muchas veces poco conocidos y mal interpretados. Aparte de las polémicas sobre el propio cambio climático y sobre las políticas más adecuadas para enfrentarlo, hay también discusiones importantes sobre el impacto del CC en la agricultura y la alimentación, y frecuentes malentendidos entre las personas no familiarizadas con los detalles científicos del tema. ¿Cómo evaluar el impacto del cambio climático sobre la producción agrícola que habrá dentro de cincuenta o cien años? ¿Qué relación tiene el derretimiento de glaciares con la disponibilidad de agua en la agricultura? ¿Cómo se debe definir la seguridad alimentaria? ¿Qué evaluaciones se han hecho sobre las perspectivas agrícolas futuras en el contexto del cambio previsto del clima?

Este artículo apunta a una mejor comprensión conceptual y metodológica del tema, y a resumir la mejor información científica disponible. No tiene la pretensión de ofrecer proyecciones originales sobre el clima: se atiene a las conclusiones científicas sobre la magnitud esperada del CC durante el siglo 21 publicadas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus iniciales en inglés), y a los estudios más amplios y completos disponibles sobre su posible impacto en la agricultura y la alimentación; en su gran mayoría estos han sido preparados en centros de investigación internacionales y bajo el auspicio de organismos de las Naciones Unidas como la FAO. Este trabajo se basa en una investigación de más amplio alcance, cuyas conclusiones sobre América Latina se exponen en un trabajo más extenso (Maletta & Maletta 2011, en adelante M&M 2011). Los objetivos incluyen clarificar varias ambigüedades, errores y confusiones que suelen afectar la comprensión del tema, y sintetizar información dispersa y compleja. El artículo presta atención especial a lo que puede implicar este proceso para el campesinado, sobre todo el andino.

2. El cambio climático: antecedentes, conceptos y métodos

2.1. *El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)*

El *clima* (en inglés *climate*) es definido por las condiciones meteorológicas *medias* de largo plazo, y no por las condiciones momentáneas que fluctúan diariamente, estacionalmente y de año en año (en inglés *weather*, que en castellano es el *tiempo* en el sentido meteorológico de la palabra). Usualmente el cambio

climático se define como un cambio en las condiciones medias, calculadas para períodos de dos o tres décadas. El análisis y proyección del CC global y de sus factores antropogénicos así como el análisis de opciones de política al respecto son coordinados por el IPCC (<http://www.ipcc.ch>), establecido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1988, con cerca de 200 países miembros. El Comité Científico del IPCC ha producido cuatro evaluaciones, en 1990, 1995, 2001 y 2007 (la publicación de la quinta evaluación se prevé para 2013-2014) y algunos informes sobre temas específicos, a través de tres grupos de trabajo: I. Base científica (IPCC 2007a), II. Impactos y adaptación (IPCC 2007b) y III. Mitigación (IPCC 2007c). Las previsiones climáticas usadas en este artículo provienen de IPCC 2007a. Los informes del IPCC no son fuentes científicas primarias, sino un resumen de la información científica disponible, por lo cual para profundizar un tema a menudo se usan los estudios originales. Sobre impactos en la agricultura y la seguridad alimentaria, si bien se consultó el informe del grupo II, las fuentes principales aquí utilizadas son los estudios específicos realizados por especialistas, a menudo promovidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el marco del IPCC.¹ Las proyecciones del IPCC (en su informe de 2007) comparan las condiciones medias de 1980-1999 con las condiciones medias que se esperan para 2090-2099.

El IPCC ha formulado un marco conceptual de referencia para el análisis del CC (IPCC 2007a: 26 y <http://www.ipcc.ch/graphics/syr/figi-1.jpg>).² Según dicho marco conceptual el CC obedece a la interacción de procesos naturales con procesos sociales o humanos. La emisión de GHG y el consiguiente aumento en la concentración atmosférica de esos gases causan una tendencia al calentamiento global.³ Ello a su vez dispara efectos secundarios en la precipitación pluvial, el nivel de los mares, las corrientes oceánicas, los glaciares, y otros. Las temperaturas tienden a subir en todo el mundo, aunque en diferente medida; la precipitación global aumenta (por mayor evaporación, debido a la mayor

¹ Por otra parte el informe evaluativo sobre el IPCC encargado por la ONU al Consejo Inter-Académico (IAC 2010) ha encontrado serias falencias en los informes del Grupo de Trabajo II dedicado a analizar el impacto del CC. Esa es una razón adicional para consultar estudios independientes, con amplio prestigio científico, como los de la FAO y el IIASA.

² Se aconseja fuertemente consultar esta y otras figuras e ilustraciones del IPCC 2007 citadas en este artículo (que no se reproducen por brevedad y porque muchas involucran colores). Del mismo modo se recomienda complementar este artículo con los desarrollos más extensos contenidos en M&M 2011, que está en prensa al escribir estas líneas.

³ La energía recibida por la Tierra desde el Sol (en forma de luz visible y rayos ultravioleta) es en general reflejada de vuelta al espacio, sobre todo en forma de radiación infrarroja. Una parte de esta radiación de retorno es atrapada por las nubes y otros gases presentes en la atmósfera y estratósfera, e irradiada de nuevo hacia la superficie de la Tierra. Sin ese efecto invernadero natural, la temperatura media de la Tierra sería alrededor de 18°C bajo cero, como la existente en la Luna, en lugar del promedio efectivo que es del orden de 15°C. El uso de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural) así como la deforestación y otros procesos de origen humano añaden en época reciente una emisión adicional de GHG, especialmente dióxido de carbono (CO₂), cuya concentración atmosférica aumenta, atrapando una cantidad creciente de energía solar que de otro modo volvería al espacio. Las emisiones de GHG producen así un calentamiento del planeta, que en el siglo 21 podría implicar un aumento de 1,8° a 4,0°C según la proyección media de los distintos escenarios del IPCC.

temperatura), pero algunas regiones tienden a tornarse más secas y otras más húmedas, y ello puede variar además según la época del año. También podría aumentar o disminuir la frecuencia o la intensidad de eventos extremos como huracanes, tsunamis, El Niño u otros.

Según el IPCC, la magnitud del CC futuro depende principalmente de las emisiones de GHG, que a su vez dependen de diversos factores como el crecimiento demográfico, el desarrollo industrial, las fuentes de energía utilizadas, la deforestación y otras. Para prever el clima futuro el IPCC usa varios escenarios socioeconómicos (IPCC 2000a, 2000b) proyectados hasta el año 2100 (o más), basados en distintas hipótesis de crecimiento demográfico y económico, fuentes de energía, etcétera, que implican diferentes niveles de emisiones de GHG. Para cuantificar los efectos climáticos de los escenarios usa diversos modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés) donde intervienen procesos atmosféricos, oceánicos y continentales, así como el efecto de las acciones humanas. Se generan así diferentes proyecciones cuantitativas para cada escenario según la naturaleza del modelo y el valor asignado a algunos parámetros estimativos; esto genera un margen de variación e incertidumbre, de modo que las previsiones no son unívocas ni exactas. De todas maneras esas son las proyecciones climáticas que se adoptan aquí, a falta de otras. Se definen a continuación varios conceptos fundamentales en el marco de referencia del IPCC (Anexo II: Glosario, en IPCC 2008a: 76-89).

Mitigación. Cambios tecnológicos y medidas regulatorias que apuntan a reducir el CC disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

Impactos. Efectos (positivos o negativos, deseables o indeseables) del CC sobre los sistemas naturales y humanos. Según se considere o no el proceso de adaptación cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales:

- **Impactos potenciales:** Todo impacto que pudiera sobrevenir en relación con un cambio proyectado del clima, sin tener en cuenta la adaptación.

- **Impactos residuales:** Impactos netos del CC después de la adaptación.

Vulnerabilidad. Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del CC y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del CC al que esté expuesto un sistema, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación.

Adaptación. Iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados del CC. Existen diferentes tipos de adaptación; por ejemplo: preventiva o reactiva, privada o pública, y autónoma o planificada. Algunos ejemplos de adaptación son la construcción de diques fluviales o costeros, la sustitución de cultivos sensibles al choque térmico por otros más resistentes, etcétera.

En este artículo no se examinan los procesos (humanos o naturales) que causan el CC, y solo se presta una atención limitada a las posibles políticas de mitigación (en lo que concierne a la agricultura). Se toman como datos las proyecciones del IPCC para estudiar solo el impacto del previsto CC sobre la agricultura y la alimentación. No se consideran otros posibles impactos, por ejemplo sobre la vida silvestre, la biodiversidad, las ciudades costeras, o la selva amazónica (sobre esta última cf. Maletta 2010).

2.2. El cambio climático y su impacto sobre la agricultura: conceptos y métodos

2.2.1. Impacto y adaptación

En lo que se refiere a agricultura y alimentación, la distinción del IPCC entre impactos potenciales y residuales debe ser reconsiderada. En los impactos sobre procesos y realidades puramente naturales es lógicamente coherente y legítimo concebir y medir el impacto potencial: es decir, el efecto esperado en ausencia de toda adaptación humana, porque cualquier adaptación humana sería exógena. Se podría estimar así qué cambios sufriría un bosque natural o la fauna silvestre de una región al ser afectados por el CC en ausencia de toda intervención correctiva humana. En esos casos, las posibles adaptaciones o intervenciones no solo son exógenas al proceso mismo, sino que además son optativas: si el CC amenaza, por ejemplo, la fauna silvestre, se podría aumentar la protección de esa fauna, o trasladar ejemplares de las especies amenazadas a un hábitat más acogedor; pero estas acciones no forman parte necesaria del impacto causado por el CC.

La agricultura no es un proceso biológico natural: el crecimiento de los cultivos no es equivalente al de la vegetación silvestre. La agricultura es una *interacción* entre actores humanos y procesos naturales. Así, para saber el impacto que tendría el CC entre 2000 y 2100 sobre el cultivo de maíz en cierta zona hace falta no solo conocer el clima del año 2100 y la respuesta biológica de la planta de maíz ante una mayor temperatura o una menor precipitación: también hay que prever si habrá agricultores en 2100 que decidan cultivar maíz en esa zona, y es necesario saber también qué variedad de maíz cultivarán, y con qué tecnología. Ellos solo plantarán maíz allí si (en esa zona y año) alguna variedad de maíz es más conveniente y factible que el cultivo de otras plantas o variedades, o que criar animales o dejar la tierra inactiva; usarán variedades de maíz apropiadas al clima local de entonces (entre las variedades ofrecidas por la tecnología biogenética del año 2100, que no serán las mismas de ahora, así como estas no son las que estaban disponibles cien años atrás); y lo cultivarán con la tecnología agrícola del año 2100. Los agricultores de esa época no seguirán repitiendo mecánicamente los cultivos y las prácticas agrícolas actuales, ignorando los cambios de todo tipo que ocurrirán hasta entonces.

La agricultura, por definición, consiste en cultivar plantas (o criar animales) compatibles con las condiciones naturales de cada zona, de modo que es esencialmente *una forma de adaptación al clima reinante*. Si las condiciones climáticas cambian —sobre todo si cambian gradualmente a través de varias generaciones— los patrones de cultivo o crianza *necesariamente* se irán modificando. Estas adaptaciones de los agricultores deben, pues, ser tratadas como *endógenas*. Son parte integrante de la agricultura misma, y brotan de las reglas que rigen el comportamiento de los agricultores, sin requerir necesariamente políticas especiales ni macrodecisiones del Estado, ni ninguna otra intervención exógena. Sea cual fuere el clima, el sistema económico o la tecnología disponible, los agricultores adaptarán sus actividades a las condiciones reinantes en aquel momento, según su saber y entender.⁴

⁴ Esto no significa que sea una adaptación *óptima* o la mejor posible, sino una adaptación *suficiente* para funcionar, y que varía dentro de un cierto margen. En una zona y momento dados habrá agricultores que obtienen mayor o menor producción, o que cultivan/crían diferentes especies, aun cuando científica y económicamente

En otras palabras, el «efecto potencial» del CC sobre la agricultura que no considera la adaptación no tiene mucho sentido. Los cultivos y prácticas vigentes hoy en cada zona son de por sí una adaptación al ambiente y clima reinante en esa zona, que ya ha venido cambiando en las últimas décadas o centurias; una agricultura no adaptada simplemente no sobreviviría. Ante cambios futuros en las condiciones ambientales se generarán también cambios en la conducta humana relacionada con la producción agrícola. Estos cambios no son intervenciones exógenas, como lo sería la decisión de crear áreas protegidas en hábitats naturales amenazados por el CC; las prácticas de los agricultores son *una parte integrante del sistema agrícola*, junto con la fisiología de las plantas y los animales. El impacto del CC sobre la producción agropecuaria es la diferencia en producción que se genera cuando, a raíz del CC, ocurren todas las respuestas endógenas de las plantas, los animales y *los seres humanos* intervinientes. Estos últimos incluyen no solo a los agricultores también otros agentes que intervienen en el sistema y que responden espontáneamente a la realidad imperante en cuanto esta se transmite a través del mercado: fabricantes de maquinaria o insumos, comerciantes, empresas de biogenética, compañías de seguros, bancos, consumidores, etcétera. También sus acciones surgirán de manera endógena como respuesta a los desafíos y oportunidades creados por los cambios ambientales.

Aunque todo esto parece obvio, existen sin embargo muchas evaluaciones del «impacto potencial» del CC sobre la agricultura que pasan por alto estas consideraciones (por ejemplo Nelson *et al.* 2009; véanse otros ejemplos en M&M 2011, sección 5.2). Esas evaluaciones toman un cultivo dado y calculan en cuánto cambiaría su rendimiento si la temperatura o la lluvia fuesen diferentes (en una cierta magnitud) a las imperantes ahora, *manteniendo constante todo lo demás*. Este último supuesto es el que no se puede asumir. No se puede mantener constante todo lo demás *ni siquiera teóricamente*. Dado que los cultivos de hoy están adaptados al clima de hoy, es obvio que una fuerte alteración climática, sin cambios en la actividad agrícola humana, sería generalmente dañina para esos cultivos. Pero ese concepto no es adecuado para evaluar el impacto del CC sobre la agricultura, porque la actividad agrícola actual fue adoptada por los agricultores precisamente porque ese cultivo y la forma de cultivarlo eran adecuados para el clima reinante.

2.2.2. Evaluando el impacto sobre la agricultura

El impacto del CC sobre la agricultura es la resultante neta de varios procesos interrelacionados: no solo los efectos físicos y biológicos directos del CC sobre el crecimiento de las plantas y animales, sino también su influjo sobre la conducta de los agricultores en la elección de cultivos, el uso de la tierra, la elección de las fechas de siembra y las técnicas agrícolas en general. También hay que tener en cuenta el crecimiento demográfico y económico (general y sectorial) y el progreso técnico agrícola que tendrán lugar, junto con las adaptaciones y cambios esperables en los sistemas de producción agrícola como respuesta a los cambios del clima.

Todos estos factores están interrelacionados, por lo que deben ser medidos en una evaluación integrada a través de modelos climáticos-agrícolas-

haya solo una especie que sea la óptima. Entre los que eligen el rubro óptimo, a su vez, algunos lo harán mejor que otros. Si X es el máximo potencial de producción en esa zona, la producción efectiva promedio será $Y \leq X$.

socioeconómicos. Las relaciones entre los distintos factores son evidentes. Los mismos escenarios que permiten prever el calentamiento global implican por definición un cierto desarrollo económico, incluido el agrícola, pues de ese desarrollo y del consiguiente uso de energía depende precisamente el volumen de las emisiones causantes del CC. Las previsiones del IPCC se basan en supuestos sobre crecimiento de la población y de la economía y sobre cambio tecnológico, lo que resulta en un determinado aumento de las emisiones y un correspondiente cambio del clima. El desarrollo económico, a su vez, influye sobre el nivel educativo y técnico de los agricultores del futuro, y sobre los niveles de ingreso, que posibilitan cambios en los niveles de ahorro e inversión, y el cambio tecnológico en la agricultura. El desarrollo económico influye así sobre las condiciones naturales de la agricultura y sobre sus aspectos humanos.

Las emisiones que aumentan la concentración de GHG en la atmósfera y causan calentamiento global pueden tener efecto (positivo o negativo) sobre la fisiología de las plantas. Ese efecto en la fisiología vegetal (e indirectamente en la producción vegetal y animal) va por dos vías. Por un lado las plantas son afectadas por la mayor temperatura y la mayor o menor precipitación en cada zona.⁵ Por otra parte, la mayor concentración atmosférica de CO₂ (dentro de ciertos límites) influye sobre el rendimiento de los cultivos, ya que las plantas se alimentan de CO₂ a través de la fotosíntesis. El efecto del CC sobre la temperatura y la lluvia puede ser positivo o negativo según los casos. En cambio, el efecto del CO₂ es en general positivo (pero su magnitud depende del tipo de planta).⁶

⁵ Cada cultivo o variedad, con cada tecnología de cultivo, en cada tipo de suelos, resulta conveniente dentro de un rango de temperaturas y patrones de precipitación. Fuera de ese rango resulta perjudicado en su rendimiento, y rápidamente resulta superado por otro cultivo, otra variedad u otra tecnología agrícola, más adecuados a las nuevas condiciones (Mendelsohn & Dinar 2009, cap. 2). En cada combinación de suelos, temperatura y lluvias puede haber varios cultivos factibles, de los cuales alguno o algunos serán los más convenientes en función de los precios vigentes de insumos y productos. La limitación física principal en ciertas zonas es el calor, en otras el frío; el déficit o el exceso de agua. *Ceteris paribus*, el calentamiento favorece la agricultura en zonas templadas o frías, y puede llegar a ser desfavorable en zonas cálidas. El calentamiento en general aumenta la precipitación por mayor evaporación a nivel planetario, pero en algunas zonas puede resultar más lluvia y en otras menos, y variar estacionalmente, con efectos diferentes según los cultivos y las zonas. A veces un aumento moderado de temperatura puede ser beneficioso para un cultivo, pero un aumento más acentuado puede serle perjudicial, sobre todo si el clima inicial ya era cálido o si la lluvia no aumenta.

⁶ Los cultivos llamados C3 —como el trigo— se benefician fuertemente de la fotosíntesis adicional debida a la mayor concentración de CO₂ en la atmósfera, lo cual aumenta su rendimiento en alrededor de 20-40% cuando la concentración de CO₂ aumenta del nivel actual o reciente (360-380 partes por millón) hasta el doble de la concentración preindustrial (550 ppm). Los cultivos C4 —como el maíz— tienen menor efecto de fotosíntesis (entre 0% y 20%), pero resisten mejor las limitaciones hídricas, pues la mayor concentración de CO₂ permite que requieran bastante menos agua (por ha, por planta o por unidad de producto), generalmente entre 30% y 60% menos. Esta economía de agua ocurre porque las hojas de las plantas pierden agua por sus «poros» o estomas (*stomata*) mientras están captando CO₂; una mayor concentración de CO₂ en la atmósfera permite absorberlo en menos tiempo, y así los estomas pierden menos agua. Este efecto es muy considerable y puede compensar una menor precipitación inducida localmente por el CC (véase M&M 2011, sección 4.6, para mayores detalles y bibliografía).

Por otra parte, los cambios climáticos que van ocurriendo a lo largo de muchas décadas hacen que los agricultores vayan ajustando su conducta, como lo hacen normalmente ante las variaciones meteorológicas; por ejemplo adelantando o atrasando levemente la fecha de siembra, aumentando o reduciendo el área dedicada a cada cultivo, probando nuevos cultivos, etcétera. Dado que las variaciones interanuales son mucho más amplias que la leve tendencia secular del CC (que para todo el siglo 21 se estima en promedio en un aumento de 2-3°C de temperatura media anual, con un margen de 1,5°C a 4,5°C) esos ajustes al clima se producen naturalmente como parte de la conducta habitual de los agricultores. Más que una adaptación de largo plazo se trata de rutinarias «sintonizaciones» de las prácticas agrícolas a las condiciones meteorológicas del momento.

Asimismo, en el plazo en que se notarán las consecuencias del CC (dos o tres generaciones) es altamente probable que se generen, difundan y adopten nuevos cultivos y nuevos métodos de producción agrícola más apropiados a las nuevas condiciones del clima, algunos ya disponibles y otros que serán generados en el futuro; algunos motivados solo en razones generales de productividad, y otros introducidos *ex profeso* a raíz del CC; muchos de ellos pueden provenir simplemente de las prácticas tradicionales o ya existentes en otras zonas más cálidas. Ello incluye cambios en el uso de la tierra; desplazamiento geográfico de las zonas destinadas a cultivos y ganadería; adopción de otras especies y variedades; cambios en las técnicas de laboreo, manejo del agua e irrigación; cambios en la sanidad animal y vegetal, y muchos otros. Habrá cambios también en la forma social de la producción (propiedad de la tierra, tamaños de finca, organización empresarial, etcétera). El impacto efectivo o neto (que el IPCC llama «impacto residual») del CC sobre la agricultura de una zona debe ser estimado tomando en cuenta todas estas variables. El «impacto potencial» (sin considerar ninguna adaptación) en este caso no es más que una abstracción teórica, que ni siquiera es coherente a nivel conceptual, y que es inaplicable e inútil en la realidad.

Cualquier impacto neto del CC sobre la producción agrícola debe calcularse respecto de la producción agrícola futura, y no sobre la producción actual. La producción agrícola futura utilizará las técnicas y los cultivos de entonces, con un uso de las tierras que habrá cambiado según cómo haya cambiado el clima en cada sitio y según las condiciones socioeconómicas de entonces. Probablemente sea una producción superior a la actual porque usaría otras variedades, otras técnicas de producción, otros sistemas de riego, otras medidas para combatir plagas, y así sucesivamente. En otras palabras, de poco vale saber que, con 3°C de aumento en la temperatura de una zona, el maíz de hoy perdería 20% de su rendimiento: el clima no cambiará hoy mismo, sino gradualmente a lo largo de todo un siglo, dando tiempo a que ocurran muchas otras cosas (incluyendo la introducción de otras variedades y cultivares de maíz o de otros cultivos que no sufran ese impacto, o que lo sufran sobre una producción mucho mayor que la actual). Por ello los métodos adecuados para estimar el efecto del CC sobre la agricultura consideran el progreso técnico y la adaptación.

Tenemos en primer lugar los llamados modelos ricardianos, que se basan en datos sobre la agricultura en diversas zonas donde reinan actualmente distintas temperaturas y niveles de precipitación. Se estima así estadísticamente (por regresión) la diferencia en el ingreso de las fincas (o el valor de la tierra) que se asocia actualmente a cada grado Celsius adicional de temperatura, o a

cada milímetro adicional de lluvia, controlando otros factores relevantes. Estos modelos se llaman ricardianos porque el economista clásico inglés David Ricardo postuló en 1817 que el valor de las tierras depende de su diferente capacidad para generar ingresos, una vez considerada la cantidad de capital y trabajo aplicada en ellas. Muchos modelos ricardianos investigan el efecto del clima sobre el valor de la tierra. Sin embargo, el valor de la tierra no depende solo de su potencial agrícola: también puede obedecer a su posible uso residencial o recreativo. Por ello en general es preferible utilizar como variable dependiente el ingreso bruto o neto de origen agrícola producido por las fincas, y no los precios de la tierra, pues estos podrían reflejar otros usos actuales o potenciales. Este enfoque para estudiar el efecto del clima supone que cada finca se ha adaptado al clima de su zona, adoptando para ello formas específicas de uso de la tierra, ciertas técnicas de producción, cierto repertorio de cultivos, y otros aspectos propios de cada finca o zona.

Se prevén así las adaptaciones del futuro sobre la base de diferencias observadas hoy entre fincas situadas en diferentes climas. Este enfoque asimismo supone que se observarán adaptaciones *en el tiempo* en la misma medida en que actualmente se observan diferentes adaptaciones *en el espacio* ante los climas reinantes en diferentes zonas. No se prevé para el futuro una adaptación perfecta, sino solo el nivel promedio de adaptación que existe actualmente. Se supone que el grado de imperfección de las adaptaciones actuales seguirá existiendo en el futuro, y por eso se usan las diferencias espaciales observadas hoy para estimar las diferencias que se observarían entre el presente y el futuro.

Estos modelos, sin embargo, no incorporan la fertilización por el incremento de CO₂, pues los datos provienen de fincas actuales, expuestas al nivel actual de CO₂. Asimismo, la mayor parte de los modelos son aditivos y se aplican en un corte temporal a fincas o cultivos observados simultáneamente en diferentes zonas, sin considerar las interrelaciones dinámicas entre las variables a lo largo del tiempo, y por ende sin considerar propiamente el CC (a través del tiempo) sino solo diferencias climáticas (en el espacio geográfico). Pese a todo, es un método mucho mejor que el estudio puramente agronómico de los «impactos potenciales en ausencia de adaptación». Los modelos ricardianos pueden basarse en microdatos (datos censales o muestrales a nivel de finca) o en datos agregados (promedios zonales por distrito o municipio obtenidos de un censo agropecuario u otras fuentes similares).

Otro enfoque, claramente superior, son los modelos de evaluación integrada (*Integrated Assessment Models*), que incorporan la agricultura y los cambios socioeconómicos (e incluyen la conducta esperable de los agricultores y otros agentes económicos) junto con las variables climáticas. Entre estos enfoques se incluye, por ejemplo, el Sistema Básico Integrado (BLS, *Basic Linked System*) del Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas (IIASA), utilizado por Günther Fischer y colaboradores (Fischer *et al.* 2002a, 2002b, 2005, 2007, 2009a, 2009b; Tubiello & Fischer 2007), en el cual se combinan bases de datos sobre zonas agroecológicas, modelos climáticos, modelos macroeconómicos de cada país, modelos de comercio exterior entre países a escala mundial, modelos agronómicos de pastizales y cultivos para cada zona agroecológica, etcétera. En este artículo se revisan estimaciones para el mundo y para América Latina provenientes de ambos enfoques metodológicos: el ricardiano y el de modelos integrados.

2.3. Alimentación y seguridad alimentaria

El término seguridad alimentaria es frecuentemente mal definido. Por ejemplo, si un país no produce todos los alimentos necesarios para su población, algunos analistas presentarían esa situación como un problema de seguridad alimentaria. Este juicio identificaría la seguridad alimentaria con la autarquía alimentaria, requiriendo que los alimentos consumidos se produzcan en el mismo territorio (nacional). Curiosamente ese concepto de autarquía usualmente es aplicado solo a escala nacional: no se considera que falte seguridad alimentaria en una región del país por el hecho de que requiera alimentos producidos en otra región del mismo país; en realidad, para ser coherente esa concepción debería requerir autarquía no solo en cada país sino en cada región, en cada distrito, en cada comunidad, o tal vez (para llegar al absurdo) en cada familia; todos serían considerados como afectados por la inseguridad alimentaria si no fuesen capaces de autoabastecerse físicamente, mediante su propia producción, de todos los alimentos que necesitan. Pero esta sería una definición absurda (Maletta y Gómez 1984; Maletta 2004).

Actualmente la seguridad alimentaria no se define de ese modo. La autarquía alimentaria, como otras clases de autarquía económica, no es una idea coherente ni factible, sea a escala de un país, una región, una comunidad o una familia. No lo es desde hace miles de años, y mucho menos en la era de la globalización. La definición internacionalmente aceptada de seguridad alimentaria fue adoptada por casi todos los países del mundo en la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996, y ratificada en las cumbres sucesivas de 2002, 2006 y 2009. Esa definición es la siguiente:

Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades dietarias y sus preferencias alimentarias, y llevar una vida activa y saludable.

Esta definición se basa en el acceso a los alimentos, y no en la capacidad de producirlos localmente. Bélgica, Suecia o Arabia Saudita producen escasos alimentos con relación a su población, y sin embargo muy pocos de sus habitantes sufren inseguridad alimentaria. EEUU es un fuerte exportador neto de alimentos y sin embargo hay millones de personas que reciben ayuda alimentaria (*food stamps*) pues no tienen acceso económico a los alimentos (según los estándares nacionales). El acceso económico implica que la gente pueda adquirir los alimentos. Estos se adquieren principalmente de dos formas: produci ndolos directamente para el autoconsumo, mediante la agricultura de subsistencia o la caza y recolección, o bien comprándolos en el mercado. En un determinado país y año el consumo de alimentos (o más exactamente, la disponibilidad para consumo, también llamada consumo aparente ya que se calcula como residuo) surge de la *hoja de balance de alimentos*. La FAO prepara desde 1961 hojas anuales de balance alimentario para cada país y región, disponibles en su base de datos (www.faostat.fao.org). El consumo aparente de cada producto en un determinado año equivale al stock inicial, más la producción local, más importaciones, menos exportaciones, menos pérdidas y usos no alimentarios de los productos (como semilla, forraje, insumo para industrias no alimentarias, etcétera), menos el stock final. La disponibilidad o consumo aparente anual se expresa en cantidades per cápita (kg/persona/año) o en términos de ingesta aparente de energía dietaria (kcal/persona/día).

La agricultura, el comercio y el transporte normalmente se encargan de proveer *acceso físico* en todos los sitios donde haya demanda efectiva o solvente, mediante acciones voluntarias de productores agrícolas, comerciantes y transportistas. El *acceso económico* a los alimentos disponibles en un país y período, depende del ingreso total y de su distribución, incluyendo el ingreso monetario derivado del trabajo o de la propiedad, las transferencias y ayudas, y los ingresos no monetarios como los salarios en especie o la producción agrícola de autoconsumo. Depende también del precio de los alimentos y de otros bienes y servicios, es decir del poder adquisitivo del ingreso.

Los indicadores usuales reflejan la falta de acceso de hogares o personas a una cantidad o calidad adecuada de alimentos, o sea su *insuficiencia* respecto a las necesidades, y también la variabilidad de ese consumo a lo largo del tiempo. La FAO publica anualmente (desde 1999) un informe especial sobre la inseguridad alimentaria en el mundo, llamado SOFI (FAO 1999–), con estimaciones de la prevalencia de la subalimentación.⁷ La FAO toma como *proxy* del consumo habitual el promedio de tres años. Otros indicadores miden la *variabilidad* del consumo de alimentos, que genera situaciones de emergencia alimentaria a causa de eventos climáticos extremos (inundaciones, sequías, huracanes), conflictos violentos y crisis macroeconómicas. La FAO, mediante su Sistema Global de Información y Alerta Temprana, informa sobre emergencias alimentarias y la situación de oferta y demanda de alimentos básicos, incluyendo producción, precios y comercio exterior (<http://www.fao.org/giews/spanish/>). La subalimentación equivale al número o porcentaje de personas cuyo consumo habitual de energía dietaria es inferior al mínimo necesario para mantener la salud.⁸ Además de las estadísticas de subalimentación, que miden el *acceso a los alimentos*, hay indicadores del estado nutricional de la población, medido por indicadores de peso y talla y por la prevalencia de enfermedades vinculadas a la carencia de ciertos nutrientes (Maletta 2004 y M&M 2011 analizan tendencias mundiales recientes en estas materias).

⁷ En inglés *undernourishment*, traducido a veces (en la versión española de los informes SOFI de la FAO) como *subnutrición*. Esta traducción es incorrecta, pues no se trata del estado nutricional (*undernutrition*) sino del insuficiente consumo de alimentos. *Nourishment* no significa nutrición sino alimento. SOFI=*State of Food Insecurity in the World*.

⁸ El organismo necesita producir energía, y también requiere proteínas, vitaminas y minerales, agua potable, y una buena salud para que los alimentos sean asimilados biológicamente. En los países más pobres lo más grave es la deficiencia energética (usualmente acompañada de otras, por supuesto). En países de desarrollo medio o alto pueden estar cubiertas las necesidades de energía mientras hay, a la vez, déficits de otros nutrientes, y también consumo excesivo y obesidad. Los indicadores sobre deficiencia de *energía* están disponibles en forma regular para todos los países del mundo. Por ello, en este artículo el análisis se restringe a la cobertura de las necesidades mínimas de *energía dietaria*, y además solo sobre ese aspecto se han analizado los efectos del CC. El requerimiento *normal* promedio cubre la energía gastada en las funciones corporales básicas (metabolismo basal) y actividad física *moderada*, con un peso corporal en el *punto medio* del rango de pesos aceptables para la talla promedio por edad y sexo, más la energía necesaria para la formación de nuevos tejidos durante el embarazo, la producción de leche materna y el crecimiento normal de niños y adolescentes). El requerimiento *mínimo* prevé mantener solo el *mínimo peso aceptable* según talla, con actividad física *ligera*, más las necesidades por embarazo, lactancia y crecimiento. El requerimiento *normal* promedio de una población suele ser de 2000-2300 kilocalorías diarias por persona (kcal/persona/día); el *mínimo* suele ser de 1600-1900 kcal/persona/día. En ambos casos las cifras varían entre países según la talla promedio por sexo y edad y la composición de la población por edad y sexo (FAO 2004, 2008).

3. Evolución reciente de la agricultura y la alimentación

Entre 1961-1963 y 2007-2009 (últimos datos disponibles) la producción mundial de alimentos creció a razón de 2,41% por año, lo que representa un aumento de 0,72% anual en la producción de alimentos per cápita (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tasas anuales de crecimiento de la producción alimentaria en el mundo y en América Latina y el Caribe, 1961-1963 a 2007-2009

	1961-63/ 2007-09	1961-63/ 1971-73	1971-73/ 1981-83	1981-83/ 1991-93	1991-93/ 2001-03	2001-03/ 2007-09
Mundo						
Población total	1,68	2,03	1,82	1,74	1,40	1,23
Producción alimentaria neta	2,41	2,52	2,44	2,21	2,30	2,68
Producción alimentaria neta per cápita	0,72	0,49	0,61	0,47	0,89	1,44
América Latina y el Caribe						
Población total	1,99	2,64	2,33	1,92	1,56	1,22
Producción alimentaria neta	3,22	3,01	3,60	2,49	3,60	3,56
Producción alimentaria neta per cápita	1,20	0,36	1,24	0,56	2,01	2,32

La producción *alimentaria* equivale a toda la producción agropecuaria excepto productos no alimentarios (lana, cueros, fibras vegetales, tabaco, etcétera). La producción *alimentaria neta* excluye los productos alimentarios usados como semilla o forraje dentro del mismo sector agropecuario. La producción es valuada a precios constantes para todos los años y países (precios internacionales medios de 1999-2001). Las tasas se calculan comparando promedios trienales, para reducir el efecto de las fluctuaciones de corto plazo. Producción de América Latina y el Caribe calculada como suma de la producción de las subregiones consideradas por la FAO: América Central (que incluye México), Caribe y Sudamérica. La población proviene de las estimaciones de la ONU, revisión 2008 (<http://esa.un.org/unpp>), también disponibles en FAOSTAT. Fuente: <http://faostat.fao.org> (Índices de Producción, y Recursos – Población), noviembre de 2010.

El crecimiento de la producción mundial de alimentos ha sido relativamente estable: bajó de 2,5% anual en los años sesenta a 2,2% anual en los ochenta, para luego repuntar en los noventa y 2000 cuando llegó a 2,7% anual entre 2001-2003 y 2007-2009, y acumuló un crecimiento total de 200% desde 1961-1963 hasta 2007-2009. El crecimiento *per cápita* ha sido cada vez más rápido debido a la gradual desaceleración del crecimiento demográfico. La producción mundial de alimentos per cápita aumentó un 39% en el período considerado. El panorama es similar (y un poco mejor) en América Latina: la producción de alimentos ha crecido a una tasa media de 3,22% anual, frente a una población cuyo crecimiento promedio fue de 1,99% anual. Como consecuencia, la tasa de crecimiento de la producción alimentaria per cápita aumentó desde un bajísimo 0,36% anual en la década de los sesenta hasta 2,32% anual en los años más recientes.

El principal factor causal del incremento de la producción de alimentos es el progreso tecnológico. La tierra agropecuaria (de cultivo y de pastoreo) aumentó muy poco, y en los últimos veinte años prácticamente no ha aumentado (aunque aumentó el porcentaje de ella que es cultivado). El empleo agropecuario está decreciendo en términos absolutos desde hace dos o tres décadas (disminuye fuertemente en algunos países, mientras en otros aumenta solo muy levemente

y a tasas decrecientes). La producción por Ha y por persona ocupada aumentó fuertemente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tasas porcentuales de crecimiento anual de la población rural, y de la producción, la tierra y el empleo en la agricultura de América Latina y el Caribe, 1961-1963 a 2005-2007

Tasa anual de crecimiento de:	1961-63/ 2005-07	1961-63/ 1971-73	1971-73/ 1981-83	1981-83/ 1991-93	1991-93/ 2001-03	2001-03/ 2005-07
Producción agropecuaria neta*	2,96	2,67	3,34	2,32	3,42	3,21
Tierra agropecuaria**	0,54	0,89	0,61	0,53	0,28	0,15
Empleo agropecuario***	0,28	1,06	0,89	-0,14	-0,31	-0,72
Producción agrop. por Ha de tierra agropecuaria	2,41	1,76	2,72	1,78	3,13	3,05
Producción agrop. por trabajador agropecuario	2,68	1,59	2,43	2,46	3,74	3,96

(*) Referido al total de producción agropecuaria (alimentaria y no alimentaria) sin incluir pesca.

(**) Tierra agropecuaria = Tierra arable (cultivada con cultivos transitorios o en descanso) + tierra con cultivos permanentes + tierra con pasturas naturales o cultivadas.

(***) Empleo agropecuario = Población Económicamente Activa ocupada en el sector agropecuario.

Fuente: FAO/FAOSTAT, secciones de Índices de Producción, y de Recursos (Población), noviembre de 2010.

Cuadro 3. Porcentaje del crecimiento agropecuario en América Latina y el Caribe explicable por el crecimiento de la tierra utilizada y del empleo agropecuario, 1961-1963 a 2005-2007

	1961-63/ 2005-07	1961-63/ 1971-73	1971-73/ 1981-83	1981-83/ 1991-93	1991-93/ 2001-03	2001-03/ 2005-07
% del crecimiento agropecuario explicable por:						
Aumento de la tierra agropecuaria	10,18	30,78	15,99	21,03	7,07	4,48
Mayor producción por hectárea	89,82	69,22	84,01	78,97	92,93	95,52
Crecimiento agropecuario total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
% del crecimiento agropecuario explicable por:						
Crecimiento del empleo agropecuario	4,93	27,13	14,75	-3,32	-3,81	-9,03
Mayor producción por trabajador	95,07	72,87	85,25	103,32	103,81	109,03
Crecimiento agropecuario total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Calculado a partir del cuadro anterior.

La mayor parte del crecimiento de la producción en el último medio siglo se debe a la mayor productividad por persona y por hectárea de tierra, a raíz del uso de mayores inversiones de capital y mejor tecnología productiva (Cuadro 3). La tierra puede explicar como máximo un 10%, y el empleo un 5%. Aun cuando la tierra y el empleo fuesen independientes uno del otro (lo cual es improbable), las inversiones de capital y el progreso tecnológico explicarían el 85% del crecimiento total. Dado que hay alguna correlación entre la

expansión de la frontera agrícola y la expansión del empleo en la agricultura, esos dos factores parcialmente se superponen, y así el progreso tecnológico y la inversión de capital explican probablemente cerca de 90% del crecimiento total. En las últimas décadas, en que el empleo agrícola decrece, el capital y la tecnología explican todo el crecimiento observado y compensan además ese decrecimiento del empleo, por lo cual su contribución excede el 100% del crecimiento.

El consumo per cápita de energía dietaria también ha aumentado fuertemente en América Latina en las últimas décadas. En 1961-1963 la región consumía 2303 kcal/persona/día, que aumentaron a 2698 en 1981-1983 y a 2897 en 2005-2007. El consumo per cápita de energía dietaria en 1961-1963 estaba apenas por encima de las necesidades medias, lo que implica que una alta proporción de gente consumía cantidades inferiores a sus requerimientos normativos. En cambio, en los años posteriores al 2000, con un consumo regional promedio del orden de 2900 kcal/persona/día, la disponibilidad de alimentos resulta mucho más holgada. Solo en unos pocos países el consumo en 2005-2007 sigue siendo cercano a las necesidades medias. El conjunto de los países andinos, que en 1961-1963 consumía 2056 kcal diarias por persona, ha alcanzado 2504 en 2005-2007, aunque Bolivia sigue con un promedio muy bajo (2093), en comparación con Perú (2426), Venezuela (2599) y Colombia (2645).

Así como mejoró el consumo per cápita de energía, también se fue reduciendo el porcentaje de población subalimentada, cuyo consumo no llega a cubrir las necesidades energéticas *mínimas* aceptables (Cuadro 4). Ese porcentaje en América Latina era de 19% de la población alrededor de 1970, pero se ha reducido a apenas el 8% en 2005-2007. En el conjunto de los países en desarrollo el porcentaje cayó, en ese lapso, de 35% a 16%, y para el mundo en su conjunto bajó de 25% a 13%.⁹

En América Latina el descenso de la subalimentación ha sido notable también en países individuales. Las zonas aún más afectadas son América Central y el Caribe con 15% y 23% respectivamente, y Bolivia con 27%. Esta última había venido bajando sostenidamente desde los años ochenta, pero sufrió un fuerte incremento en 2005-2007 (Cuadro 5).

⁹ La FAO ha estimado provisionalmente que los aumentos de precios y la crisis mundial habrían causado un aumento en el número y porcentaje de personas subalimentadas entre 2007 y 2009, mejorando en 2010. Cifras preliminares de la FAO indican que la prevalencia de subalimentación a nivel mundial, que era de 12,9% en 2005-2007 (847,5 millones subalimentados en una población mundial de 6550,3 millones, como promedios de ese período), podría haber aumentado a 13,8% en 2009, cuando el número de subalimentados habría llegado a 1023 millones (FAO SOFI 2009). La prevalencia habría bajado de nuevo a 13,4% en 2010, pues el estimado preliminar de la FAO ha bajado de 1023 millones en 2009 a 925 millones en 2010 (FAO SOFI 2010), con una población mundial de 6908 millones en 2010 (véanse detalles en M&M 2011, sección 6.4). Esas cifras, sin embargo, son solo estimaciones gruesas y preliminares para el total mundial, sin datos por regiones; tienen carácter de pronóstico y no de comprobación efectiva, y las más elevadas (2009) fueron preparadas cuando se estimaba que el efecto de la crisis sería muy severo. Las cifras definitivas pueden resultar diferentes. Por otro lado las cifras provisionales globales más altas se estimaron solo para un año (2009), mientras que la subalimentación es definida por la FAO sobre la base de promedios de tres años.

Cuadro 4. Prevalencia porcentual de la subalimentación por grandes regiones, 1969-1971 a 2005-2007

	1969- 1971	1979- 1981	1990- 1992	1995- 1997	2000- 2002	2005- 2007
África Sub-Sahara	38	41	34	34	30	28
Medio Oriente y Norte de África	27	12	6	8	8	9
Asia Oriental y Sudoriental	41	27	18	14	13	11
Asia Meridional y Central	33	34	25	22	21	21
América Latina y el Caribe	19	14	12	11	10	8
Todos los países en desarrollo	35	28	20	18	17	16
Mundo	25	20	16	14	14	13

Fuente: De 1990-1992 a 2005-2007: FAO, *El Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo* (SOFI) varios informes hasta el de 2010. Para 1969-1971 y 1979-1981: FAO, *Sexta Encuesta Alimentaria Mundial*, Roma, 1996. Ha habido a lo largo del tiempo pequeños cambios metodológicos en la fórmula utilizada por la FAO, pero no alteran significativamente las cifras. Los totales asiáticos se han obtenido a partir de suma ponderada de países o subregiones.

Cuadro 5. Subalimentación en América Latina y el Caribe por subregiones y principales países, 1979-1981 a 2005-2007 (porcentaje de la población total)

	1979- 1981	1990- 1992	1995- 1997	2000- 2002	2005- 2007
México	4	5	5	4	3
América Central	20	17	20	23	15
Caribe	19	26	28	23	23
Sudamérica	14	12	10	8	8
Argentina	1	2	1	2	1
Bolivia	26	24	20	22	27
Brasil	15	10	10	6	6
Chile	7	7	4	3	2
Colombia	22	15	11	10	10
Perú	28	28	20	15	15
Venezuela	4	10	14	12	8
América Latina y el Caribe	14	12	11	8	8

Fuente: Para 1979-1981: FAO, *Sexta Encuesta Alimentaria Mundial*. Para 1990-2007: FAO, *El Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo*, varios informes especialmente 2008 y 2010. Las cifras de México y Chile en 2003-2005 y 2005-2007, y las de Argentina y Costa Rica desde 1990-1992 a 2005-2007 son reportadas por FAO simplemente como «no significativas» (es decir inferiores a 5%); las incluidas en este cuadro son tomadas de informes anteriores de la FAO o calculadas con el mismo método usado por la FAO. América Central ha sido estimada a partir de países individuales, pues FAO incluye a México en esa región.

También ha mejorado el estado nutricional en cuanto a deficiencias de talla y peso. El porcentaje de niños con retraso de talla en América Latina y el Caribe bajó de 25,6% en 1980 a 9,3% en 2005, según estimaciones por regresión de la OMS basadas en un gran número de encuestas de nutrición y salud en diferentes países de la región (De Onis, Frongillo & Blössner 2000). Igualmente ha caído el porcentaje de niños con peso insuficiente para su edad (de 21% en 1970 a 9,5% en 1995, y probablemente menos en la actualidad). Más bien preocupa el aumento del sobrepeso y la obesidad, en niños y adultos, y asimismo la insuficiencia de vitaminas y minerales (véase Maletta 2004 y M&M 2011 para más detalles).

En este panorama de mejoramiento general de la situación alimentaria, con fuerte aumento de la producción alimentaria y del consumo, y disminución tendencial de la subalimentación y la malnutrición, se debe evaluar qué implicaciones tendrá el CC sobre las perspectivas futuras. En ausencia de CC sería esperable que el crecimiento económico durante las próximas décadas siga causando mejoras en la situación alimentaria. Pero el CC puede afectar esas posibilidades.

4. El cambio climático en el siglo 21

4.1. Los escenarios del IPCC

Las proyecciones climáticas del IPCC en su tercer y cuarto informes (2001 y 2007) se han basado en los escenarios de emisiones de GHG descritos en IPCC 2000a y resumidos en IPCC 2000b.¹⁰ Desde entonces muchos datos nuevos se han acumulado, incluyendo nuevas proyecciones de población (inferiores a las anteriores), lo cual en parte invalida algunos de los escenarios; el IPCC actualmente trabaja en la preparación de nuevos escenarios (IPCC 2008c) que espera usar para su quinto informe en 2014.

Los escenarios básicos en IPCC 2000a y 2000b son cuatro: A1, A2, B1 y B2. Los escenarios A suponen un estilo de desarrollo que no presta mucha atención a los aspectos ambientales, mientras los escenarios B suponen un mundo más atento al medio ambiente, lo que se refleja por ejemplo en el mayor uso de combustibles fósiles en los escenarios A, y un mayor giro hacia energías renovables en los B. Por su parte, los escenarios 1 y 2 se diferencian en cuanto al grado de convergencia e integración económica que se produciría en el mundo durante el siglo 21. Los escenarios de tipo 1 suponen una creciente integración y convergencia mundial en un mundo más globalizado; los de tipo 2 presuponen un mundo futuro menos integrado y más fragmentado, con persistencia o agravamiento de las desigualdades internacionales (Cuadro 6).

Cuadro 6. Principales dimensiones de los escenarios de cambio climático del IPCC

Cuidado del medio ambiente	Grado de convergencia e integración	
	1. Mundo integrado	2. Mundo fragmentado
A. Menor	A1	A2
B. Mayor	B1	B2

Cada escenario toma como punto de partida una cierta curva (exógena) de crecimiento demográfico, y una cierta hipótesis (también exógena) de crecimiento en el producto bruto interno (PBI) per cápita. A partir de ello, y de las características generales de cada escenario, se derivan diferentes niveles de emisiones de gases de invernadero, y por consiguiente distintos niveles de calentamiento global, con diferentes efectos sobre el clima de cada punto del planeta. El calentamiento no es uniforme, y las lluvias aumentan o disminuyen en cada zona según complejos procesos reflejados en los «modelos globales de circulación», que toman en cuenta todos los procesos físicos del planeta (en la atmósfera, océanos y continentes) que serían afectados de un modo u otro por las emisiones.

¹⁰ Los escenarios presentados en el *Special Report on Emission Scenarios* se suelen llamar SRES por las iniciales del título del informe en el original inglés.

Los supuestos sobre PBI y población, desgraciadamente, son inconsistentes entre sí, y además han quedado ya obsoletos. La inconsistencia se debe a que el crecimiento de la población (determinado por fecundidad, mortalidad y migración) está íntimamente relacionado con el nivel de ingreso per cápita, pero en algunos escenarios del IPCC se postula para 2100 un alto ingreso per cápita y a la vez un alto crecimiento poblacional que en la práctica solo se da cuando el nivel de ingreso es mucho más bajo. Esta inconsistencia se debe a que ambas variables (población e ingreso) son postuladas exógenamente, e independientemente una de la otra. Al mismo tiempo, los escenarios no prevén ninguna interacción entre las variables a lo largo del tiempo; el tipo de desarrollo económico simulado por cada escenario se inicia en 1990 y sigue hasta 2100 (o más allá) sin que, por ejemplo, haya cambios en el uso de las varias fuentes de energía a medida que se van evidenciando efectos climáticos negativos del patrón inicial, ni cambios en el crecimiento demográfico conforme aumenta el ingreso per cápita.

Las hipótesis demográficas en sí mismas son también insatisfactorias. En los escenarios SRES se usan proyecciones elaboradas en los años noventa, con datos mayormente hasta los años ochenta, antes que los demógrafos tomaran nota del rápido descenso de la fecundidad que se ha acentuado en los últimos dos decenios; por lo tanto, las proyecciones demográficas de los escenarios son en general más altas que las actuales. Los escenarios A2 y B2, sobre todo A2, prevén un fuerte crecimiento de la población (mundial y por regiones) que no tiene posibilidades reales de concretarse aun cuando el mundo no tuviese ningún desarrollo económico o social durante este siglo, y mucho menos con el desarrollo supuesto en los mismos escenarios. Solo el crecimiento demográfico de A1 y B1 es más compatible con las actuales proyecciones de las Naciones Unidas y con las tendencias actuales, pero incluso en esos casos es más elevado que el crecimiento previsto actualmente. La exageración del crecimiento demográfico en sí mismo no afecta necesariamente la magnitud de CC derivada de unas determinadas emisiones de GHG; pero condiciona severamente la estimación del impacto del CC sobre la alimentación. Peor aún, en el afán de suponer «prudentemente» un escenario pesimista esos análisis suelen usar *únicamente* el escenario A2, lo que conduce a resultados muy alejados de la realidad observada o prevista, incluso para fechas cercanas, como 2020 o 2030, que ya se pueden estimar con menor margen de error.

Al mismo tiempo, el rápido progreso de la globalización y el veloz crecimiento económico de la periferia integrada a los mercados mundiales (China, India, Brasil, y muchos otros países), que a nivel mundial han producido en general una creciente convergencia de ingresos y una reducción general de la pobreza (Maletta 2004, M&M 2011, Sala-i-Martin 2006), tornan menos plausibles los escenarios que presuponen un mundo cada vez más fragmentado y con escaso desarrollo (A2 y B2), y dejan nuevamente como únicos escenarios plausibles a A1 y B1. De estos, la variante más pesimista es A1F1, que supone una intensificación del uso de combustibles fósiles (también bastante improbable vista la difusión gradual de otras fuentes de energía). La variante más realista de A1 parece sin embargo ser A1B, que prevé un cierto balance entre todas las fuentes de energía y que es considerado por el IPCC como variante principal (*marker scenario*) para la familia de escenarios A1 (IPCC 2000a).

Pese a estas observaciones sobre los supuestos demográficos de los escenarios SRES, que podrían llevar a cuestionar las proyecciones de la ONU sobre CC y sobre su efecto en la agricultura y la alimentación, y que en general tenderían a hacerlas menos dramáticas, en este artículo se utilizan las proyecciones climáticas

del IPCC sin ninguna modificación. Se citan también estudios que utilizan las estimaciones demográficas de esos escenarios, aun cuando ellas conducen a previsiones poco realistas respecto a los temas principales de este trabajo (producción per cápita de alimentos y acceso económico a ellos). Sin embargo, en algunos puntos se muestra como alternativa un crecimiento demográfico basado en las previsiones más actualizadas de la ONU. Esa actualización de las proyecciones demográficas en los escenarios del IPCC, aun sin modificar sus previsiones climáticas, conduce a conclusiones más realistas sobre el impacto del CC en la agricultura y en la seguridad alimentaria.

4.2. *Proyecciones climáticas del IPCC*

Las proyecciones de calentamiento global del IPCC se refieren al cambio que ocurriría en el clima entre el promedio de 1980-1999 (punto central 1990) y el promedio de 2090-2099 (punto central 2095), es decir un intervalo de 105 años; incluyen no solo los escenarios de emisiones (A1, A2, B1, B2) sino también una proyección «de base» que supone el mantenimiento del nivel de emisiones existente en el período inicial (Cuadro 7). Esa proyección de referencia —o línea de base— prevé un calentamiento de 0,6°C en la temperatura promedio del planeta durante este siglo.

Los distintos escenarios prevén aumentos acumulados de temperatura entre 1,8°C y 4,0°C; es decir entre 1,2°C y 3,4°C adicionales por encima de lo que ocurriría si se mantuviesen las emisiones de GHG al nivel de 2000. Los escenarios demográfica y económicamente más plausibles van de 1,8°C (B1) a 2,8°C (A1B). Una de las manifestaciones del CC será el aumento del nivel del mar, que según los escenarios aumentaría entre 25 y 36 cm. Por supuesto, cada una de estas estimaciones tiene un margen de incertidumbre, pues con diferentes modelos climáticos usados para cuantificar cada escenario y con diferentes hipótesis para la valorización de ciertos parámetros exógenos en cada modelo, se obtienen resultados cuantitativos diferentes. No es exactamente un margen probabilístico de error, como es usual en estadística, sino la dispersión de resultados entre varias simulaciones con diferentes modelos y supuestos.

El aumento de temperatura previsto corresponde a un estimado de la temperatura media global del planeta (incluyendo todos los puntos del planeta, las 24 horas de cada día, y las distintas estaciones del año). Así como la temperatura no es uniforme ni constante, el calentamiento tampoco será uniforme: se prevé que la temperatura aumente más en la tierra que en el mar, más en el Ártico que en los trópicos o la Antártida, más en invierno que en verano; y en general más en la noche que durante el día (las temperaturas mínimas aumentarían más que las máximas). El calentamiento implica en general mayor evaporación, y por lo tanto más precipitación pluvial en el total del planeta. Sin embargo, las lluvias están también afectadas por procesos atmosféricos muy variables, como los vientos, por lo cual se prevé que en algunas zonas del mundo las lluvias disminuyan, sea el total anual o el de alguna época del año. El aumento del nivel del mar tampoco será uniforme ya que será mayor en las regiones polares, y menor en los trópicos.¹¹

¹¹ El aumento promedio del nivel del mar en el siglo 21 prevé diferencias por latitud del orden de ± 15 cm, con un máximo aumento del nivel del mar cerca de los círculos polares ártico y antártico y un mínimo alrededor del Ecuador. Además, diversos factores locales como las corrientes oceánicas determinan pequeñas variaciones (± 5 cm)

Cuadro 7. Aumento previsto de temperatura y nivel del mar, entre 1980-1999 y 2090-2099 (IPCC 2007)

Escenario	Aumento de temperatura global media (°C)		Aumento del nivel del mar (cm)	
	Estimación*	Intervalo	Estimación**	Intervalo
Línea de base***	0,6	0,3 a 0,9	18,9	15 – 32
B1	1,8	1,1 a 2,9	25,0	18 – 38
B2	2,4	1,4 a 3,8	32,5	20 – 43
A1T	2,4	1,4 a 3,8	32,5	20 – 45
A1B	2,8	1,7 a 4,4	29,5	21 – 48
A2	3,4	2,0 a 5,4	32,5	23 – 51
A1F1	4,0	2,4 a 6,4	36,4	26 – 59

Basado en Tabla RPP.1, IPCC 2008a: 8. «Los valores de temperatura son estimaciones óptimas (*best estimates*) evaluadas, y los intervalos de incertidumbre probables se han obtenido de una jerarquía de modelos de distinta complejidad y diferentes limitaciones observacionales. [...] Los cambios de temperatura están expresados en términos de diferencias [en 2090-2099] respecto del período 1980-1999. Para expresar el cambio respecto del período 1850-1899 hay que añadir 0,5 °C» (notas de la Tabla original usada como fuente).

(*) La estimación puntual corresponde a la «estimación óptima» (*best estimate*) del IPCC. No es necesariamente el punto medio del intervalo de incertidumbre, el cual refleja el rango de resultados obtenidos con diferentes modelos.

(**) El IPCC no suministra una previsión puntual de aumento del nivel del mar, sino solo los intervalos de incertidumbre. Igual que en la temperatura, la estimación óptima (*best estimate*) no siempre es el punto medio del intervalo, pues las incertidumbres no son simétricas ni aleatorias. En este cuadro la estimación puntual de aumento del nivel del mar en los distintos escenarios se ha fijado en proporción a la posición relativa de la estimación puntual del IPCC sobre aumento de temperatura dentro del respectivo intervalo de incertidumbre, excepto para la línea de base y sobre la cual véase la nota ***.

(***) La proyección llamada «línea de base» suministrada por el IPCC para la temperatura supone que se mantengan las emisiones anuales de gases de invernadero en los niveles del año 2000. La proyección «línea de base» del nivel del mar no es suministrada por el IPCC; la estimación incluida en este cuadro (18,9 cm) corresponde al mantenimiento de la velocidad de aumento registrada entre 1961 y 2003 (1,8 mm/año: IPCC 2007a: 419); el margen estimado de incertidumbre para este aumento «tendencial» del nivel del mar (15-32 cm) corresponde como límite mínimo a la velocidad promedio registrada entre 1870 y 2004 (1,45 mm/año: Church & White 2006), y como máximo la que se estimó entre 1993 y 2003 (3,10 mm/año: IPCC 2007a: 419), ambas aplicadas al período de 105 años de la proyección del IPCC (de 1980-1999 a 2090-2099).

en distintas zonas del planeta: véase IPCC 2007a: 408 y 813, y sus figuras 10.32 y 5.23 (<http://www.ipcc.ch/graphics/ar4-wg1/jpg/fig-10-32.jpg> y <http://www.ipcc.ch/graphics/ar4-wg1/jpg/fig-5-23.jpg>). Estas variaciones geográficas previstas en el aumento de la temperatura y del nivel del mar son muy importantes. Una diferencia de ± 15 cm en el aumento del nivel del mar, según se trate de los trópicos o las latitudes más extremas (Ecuador *versus* Alaska o Noruega), es una proporción muy elevada del aumento medio previsto (que varía entre 25 y 36 cm como estimación central, y entre 18 y 59 cm entre los extremos de los márgenes de incertidumbre). En el muy pesimista escenario A1F1, por ejemplo, el IPCC estima un aumento del nivel del mar (promedio de todo el planeta) entre 26 y 59 cm, con una estimación puntual para el promedio del planeta que en el Cuadro 7 se ha estimado en 36,4 cm; la diferencia prevista de ± 15 cm por latitudes significa que la estimación del aumento del nivel del mar en A1F1 sería de unos 17,5 cm en los trópicos mientras cerca de los círculos polares alcanzaría 47,5 cm. Esto es crucial, porque la mayor parte de las poblaciones, tierras y bienes que podrían ser afectados se encuentran en los trópicos o en latitudes intermedias; en los trópicos además están concentradas las costas más bajas y con menor pendiente. Muy poca gente o estructuras materiales se encuentran al nivel del mar cerca de los círculos polares, donde además las costas tienden a ser más abruptas por la acción erosiva del hielo.

En este trabajo no se profundiza el análisis del impacto que podría tener el previsto aumento del nivel del mar sobre la agricultura y la alimentación. En líneas generales se estima que ese impacto será muy bajo o nulo. Contra lo que se suele decir en la prensa no científica, el aumento previsto del nivel del mar es muy lento y modesto; las previsiones del IPCC sobre el tema son muy moderadas. Por ejemplo, un aumento de 30-40 cm a lo largo de un siglo (3-4 mm por año) implicaría en un siglo un retroceso de 30-40 m en la línea costera en aquellos sitios muy planos de la costa cuya pendiente durante los primeros 100 m sea del orden de 1%; de hecho no hay áreas agrícolas costeras inmediatamente al lado del mar y con tan baja pendiente. La mayoría de las costas con pendiente inferior a 1% son manglares o pantanos, por ejemplo en la costa atlántica de Honduras, Nicaragua y Belice. En costas con una pendiente de 2% a 4% en los primeros 100 m, cifras mucho más comunes, un aumento de 30-40 cm en un siglo implicaría un retroceso de 15-20 m (con pendiente de 2%) o solo 6-10 m (con pendiente de 4%) en la línea costera de esos sitios, lo que difícilmente afectaría a la agricultura.

Las principales áreas agrícolas en riesgo por el aumento del nivel del mar son los *polders* de Guyana y Surinam, cultivados en general con arroz y donde (al igual que en Holanda y otros sitios similares) sería necesario a lo largo del siglo elevar las defensas costeras en una altura comparable al aumento previsto (por ejemplo en 50 cm) en los sitios donde la marea alta esté llegando cerca del borde de las defensas existentes (muchas de esas defensas tienen ya margen suficiente para soportar un moderado aumento del nivel del mar). Esos países ya se han adaptado al aumento de unos 20 cm ocurrido durante el siglo pasado (la capital de Guyana, Georgetown, situada sobre la costa atlántica, ya está en promedio unos 80 cm debajo del nivel del mar). Dado que el aumento del nivel del mar procedería muy gradualmente, el costo de estas obras puede ser distribuido a lo largo de muchos años. En algunos lugares el aumento del nivel del mar podría afectar a pescadores artesanales, pero difícilmente en forma importante, ya que la pesca ocurre mar adentro. Los muelles suelen tener más de 50 cm de altura, y la residencia de los pescadores rara vez está directamente sobre una línea costera con pendiente muy baja. Puede perjudicar en cambio al turismo, al invadir algunas playas muy planas, o afectar sectores muy cercanos a la costa en algunas ciudades como Guayaquil, New Orleans o Venecia, las que también requerirán mejoras de las defensas; esos impactos no son agrícolas ni alimentarios, y por ello no son examinados aquí.

La temperatura, según el IPCC, aumentará más agudamente en el Ártico, no tanto en la franja templada, subtropical y tropical donde vive la mayor parte de la humanidad, y muy poco o nada en la Antártida. Para un escenario pesimista como A2, que prevé un calentamiento global promedio de +3.4°C, el océano Ártico podría calentarse entre +5°C y +6°C, y las latitudes templadas y tropicales entre +2°C y +3°C. En proporción, similares variaciones geográficas del CC se prevén en los otros escenarios. Esto es muy importante para América Latina, situada predominantemente en zonas tropicales y subtropicales, y extendiéndose en el sur hacia la zona antártica. Los mapas con la distribución espacial y estacional del aumento de temperatura y precipitación (IPCC 2007a: 767-768) muestran que (1) el aumento de temperatura sería más fuerte en diciembre-febrero (DEF) que en junio-agosto (JJA), en ambos hemisferios; (2) en DEF el aumento mundial de temperatura estaría fuertemente concentrado en las latitudes árticas (donde es invierno), con mucho menos aumento en los trópicos y en el hemisferio sur donde DEF es verano; (3) en JJA las temperaturas

aumentarían mucho más moderadamente en todo el planeta. De igual modo las temperaturas nocturnas (que son las mínimas) aumentarían más que las diurnas (las máximas), reduciendo la amplitud térmica circadiana en la mayor parte del mundo, y en particular en Sudamérica, con excepción de Chile y la Patagonia donde aumentaría levemente, como también lo haría en México y América Central (IPCC 2007a: 768, Figura 10.11, <http://www.ipcc.ch/graphics/ar4-wg1/jpg/fig-10-11.jpg>).

Las precipitaciones en DEF aumentarían considerablemente en Sudamérica (en unos 10-20 mm mensuales), exceptuando solamente el sur de la Patagonia. En los Andes desde Venezuela hasta el centro de Perú las precipitaciones aumentarían en todas las estaciones del año. En el sur del Perú y en la región andina de Bolivia las lluvias en DEF aumentarían también significativamente (10-20 mm/mes), y en cambio variarían muy levemente (aumentando o disminuyendo menos de 3 mm por mes) en JJA, que es la estación seca en que las lluvias no pueden realmente reducirse significativamente porque ya son muy bajas, y no es época de crecimiento de cultivos. En esa misma temporada (JJA) habría un leve descenso de precipitaciones en la parte oriental de la cuenca amazónica, que tiene estación seca y no está ocupada por selva tropical húmeda, y en el Nordeste de Brasil, lo que tampoco tiene mucha importancia pues se trata también de la época seca donde llueve muy poco (IPCC 2007a: 895 y su Figura 11.15, <http://www.ipcc.ch/graphics/ar4-wg1/jpg/fig-11-15.jpg>).

En las zonas que sufren algún período de temperaturas frías, el calentamiento global ampliaría el período libre de heladas, lo cual es muy favorable para la agricultura (IPCC 2007a: 786). Esto tiene relevancia sobre todo en las latitudes no tropicales, donde hay heladas; por ejemplo en el Cono Sur de Latinoamérica, o en Europa, EEUU y Canadá. El mismo efecto ocurre a mayores altitudes, pues la frecuencia de heladas está directamente correlacionada con la altitud y la temperatura; así el calentamiento global implica que el período libre de heladas se ampliaría en los nichos altitudinales de montaña, aun en latitudes tropicales y subtropicales como los Andes peruanos y bolivianos. Este efecto es importante para las perspectivas de la agricultura. Los cultivos en general se podrán desplazar hacia las latitudes más altas (hacia el Norte en Asia, Norteamérica o Europa, hacia el Sur en Australia, Sudáfrica, Nueva Zelanda, Argentina y Chile) y hacia mayores altitudes (en las zonas andinas desde Venezuela hasta el Noroeste argentino, y también en otros sitios con agricultura de alta montaña como los Alpes y el Himalaya). Cada grado centígrado de temperatura significa un desplazamiento de 100-150 m hacia arriba.

5. Impactos sobre la agricultura y la alimentación

El impacto efectivo neto del CC sobre la agricultura, según el análisis efectuado antes, incluye varios componentes:

- El impacto directo de la mayor temperatura, que ocurriría en casi todo el planeta, y del nuevo nivel de precipitación, que podría aumentar o disminuir según la zona y según las estaciones del año. Esto modifica además los límites y tamaño de las zonas agroecológicas.
- El efecto de la mayor disponibilidad de dióxido de carbono en la atmósfera, que acelera la fotosíntesis, aumenta la fertilidad y reduce los requerimientos de agua de los cultivos.

- El progreso tecnológico en materia de producción agrícola, que incluyen mejoras en las semillas, desarrollo de nuevas variedades, mejores sistemas de cultivo o de irrigación, etcétera. Esto comprende nuevas tecnologías aun no conocidas y la mayor difusión de tecnologías ya existentes.
- La adaptación endógena de los agricultores a los cambios de clima, con cambios en el uso de la tierra, las especies y variedades cultivadas, las fechas de siembra, el manejo del agua y los sistemas de riego, la sanidad vegetal y animal, la combinación o alternancia de cultivos y ganadería, la conservación de suelos y cuencas, etcétera. Ello puede implicar en algunos casos la apertura de nuevas zonas de cultivo en zonas que antes eran muy frías o muy secas, y el abandono de otras que se vuelven demasiado secas o demasiado cálidas.

Estos componentes no incluyen las posibles intervenciones exógenas, como la construcción de nuevas grandes represas o de obras mayores de drenaje, que requieren decisiones no automáticas de inversión pública, las que podrían no ocurrir.

En esta sección se presentan los resultados alcanzados por dos tipos de análisis que integran estos aspectos: los modelos ricardianos y los modelos de evaluación integrada de impactos. También puede haber intervenciones adaptativas exógenas; por ejemplo inversiones públicas en esquemas de riego o drenaje, que en general no son consideradas en la evaluación de impactos, aunque alguna mención de esos aspectos se puede encontrar al final de este artículo.

5.1. Evaluación del impacto agrícola por modelos ricardianos

Se han realizado análisis «ricardianos» en diferentes países. Hasta el momento el único estudio válido con alcance mundial es el de Mendelsohn (2000).¹² Está basado en datos de los años noventa, y las conclusiones se basan en el análisis de datos agregados a nivel de distritos (municipios o condados) en una serie de países importantes como EEUU, Brasil o la India. El Cuadro 8 resume las conclusiones de Mendelsohn (2000). El análisis proyecta un efecto global positivo del CC sobre la producción agrícola del mundo, que será 5% más alta que si continuase el clima del año base (1990). Ese efecto positivo es más elevado en regiones templadas y frías como Norteamérica y Europa (sobre todo Europa Oriental), mientras que el efecto positivo es menor en otras regiones (Asia, Europa Occidental, Oceanía y América Latina). Puede llegar a ser levemente negativo (sobre todo en África, donde podría llegar a -7,2%) en caso de un calentamiento más agudo.

¹² Hay también otro estudio ricardiano de alcance global (Cline 2007, 2008) pero tiene defectos metodológicos francamente graves, que a mi juicio lo invalidan (M&M 2011, sección 10.2). El estudio más reciente de Mendelsohn & Dinar 2009, basado en muestras de fincas de algunos países, es también defectuoso. No incluye resultados globales análogos a los de Mendelsohn 2000, ni tampoco estima el efecto sobre el PBI agrícola. Con respecto a América Latina, las muestras usadas son relativamente pequeñas y no representan a toda la región sino solo algunos países sudamericanos. Sus proyecciones para 2100 se basan en dos modelos poco usuales, que no responden a los escenarios del IPCC, son extremadamente simplificados y presentan grandes limitaciones; con auxilio de esos modelos los autores «examinan solo el efecto de cambios en el clima» especificando que «otras variables que probablemente cambien a través del tiempo, incluyendo los precios, la tecnología, el capital y las políticas, no son exploradas» (p. 113).

Cuadro 8. Impacto neto esperado del cambio climático en el PBI agrícola. Estimación basada en modelos ricardianos, por continentes y regiones del mundo, 1990-2100

	Miles de millones de dólares (a precios de 1990)						Impacto residual en 2100			
	PBI agr 1990	PBI agropecuario 2100 sin cambio climático*		Impacto residual del cambio climático en 2100**			Porcentaje sobre el PBI agropecuario proyectado			
				%						
Temperatura global	+0°C		Crec. anual			+1°C	+2°C	+3,5°C		
África	84	416	332	1,47	+16	-1	-30	+3,8	-0,2	-7,2
Asia	492	2259	1767	1,40	+74	+66	+47	+3,3	+2,9	+2,1
Europa Occidental	191	542	351	0,95	+12	+15	+18	+2,2	+2,8	+3,3
Europa Oriental	231	694	463	1,01	+63	+95	+137	+9,1	+13,7	+19,7
Norteamérica	127	360	233	0,95	+36	+49	+66	+10,0	+13,6	+18,3
Oceanía	16	47	31	0,98	+4	+3	+1	+8,5	+6,4	+2,1
América Latina	89	441	352	1,47	+19	+11	-1	+4,3	+2,5	-0,2
MUNDO	1230	4759	3529	1,24	+223	+237	+239	+4,7	+5,0	+5,0

(*) Proyectado sin considerar efectos del CC, con una tasa de crecimiento del PBI agropecuario equivalente a la mitad de la proyectada por la OCDE para el PBI total de cada región. Adaptado de Mendelsohn 2000: 12, 26.

(**) Incluye modificaciones en el valor de la producción (a precios constantes) por efecto del CC y de la adaptación espontánea al mismo. Se prevé el mismo grado de adaptación (de la agricultura al clima) que existía en el año base. Esta estimación de impacto del CC *no incluye* la mayor fotosíntesis y el ahorro de agua de los cultivos por la mayor concentración de dióxido de carbono en la atmósfera de 2100; ese factor podría aumentar la producción global en alrededor de un 20-30% adicional para un CC de +2°C.

Fuente: Mendelsohn 2000 (con cálculos adicionales).

El efecto positivo en Europa y Norteamérica es creciente a medida que se considera un mayor calentamiento, lo que se refleja en el hecho de que el CC mejorará las condiciones agrícolas sobre vastas regiones templadas y frías del hemisferio norte y favorecerá su aptitud para la agricultura y la ganadería. Ese mismo efecto benéfico (aunque no aparece explícitamente en el cuadro) ocurre también en las zonas meridionales de América Latina (Chile, Argentina, Uruguay) y en las zonas con agricultura de alta montaña en latitudes tropicales, como los Andes desde Venezuela hasta el noroeste de la Argentina. En zonas tropicales, como en África, el posible efecto negativo se manifiesta sobre todo en la hipótesis de mayores aumentos de temperatura (+3,5°C), mientras que aumentos de +1°C a +2°C tienen en general un impacto positivo. Dado que el aumento tendencial de las temperaturas se produce gradualmente, y que los máximos aumentos previstos por el IPCC son del orden de 3°C a 4,5°C a lo largo del siglo, esto significa que en la primera mitad del siglo se llegaría solamente a la mitad de estas cifras, y por tanto los posibles efectos dañinos sobre la agricultura no se producirían hasta las décadas posteriores a 2050. La evaluación del impacto del CC permite a Mendelsohn estimar también el nivel del PBI agrícola de 2100, bajo diversos niveles de calentamiento global, incluyendo un escenario de referencia sin CC (Cuadro 9).

Cuadro 9. PBI agropecuario en 2100 bajo diferentes niveles de cambio climático

	PBI agropecuario en miles de millones de dólares (precios de 1990) por nivel de cambio climático					Tasa anual de crecimiento del PBI agropecuario según nivel de cambio climático			
	1990	2100				1990-2100 (porcentaje por año)			
Temperatura global (Base)	+0°C	+1°C	+2°C	+3,5°C	+0°C	+1°C	+2°C	+3,5°C	
África	84	416	432	415	386	1,47	1,50	1,46	1,40
Asia	492	2259	2333	2325	2306	1,40	1,42	1,42	1,41
Europa Occidental	191	542	554	557	560	0,95	0,97	0,98	0,98
Europa Oriental	231	694	757	789	831	1,01	1,08	1,12	1,17
Norteamérica	127	360	396	409	426	0,95	1,04	1,07	1,11
Oceanía	16	47	51	50	48	0,98	1,06	1,04	1,00
América Latina	89	441	460	452	440	1,47	1,50	1,49	1,46
MUNDO	1230	4759	4982	4996	4998	1,24	1,28	1,28	1,28

Fuente: Cuadro 8 y Mendelsohn 2000. No incluye el efecto agrícola positivo de la mayor concentración de CO₂.

A partir de aquí se puede hacer las siguientes constataciones.

1. El crecimiento de referencia del PBI agropecuario —o línea de base (sin CC)— se prevé que sea mucho más lento que el de las décadas pasadas desde 1960, cuando el sector agrícola creció a tasas que oscilaron alrededor del 3% anual. La tasa de crecimiento del PBI agropecuario (en ausencia de CC) ha sido fijada por Mendelsohn con la hipótesis de que sería la mitad de la tasa de crecimiento del PBI total prevista por las proyecciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) al momento de ser elaborado el trabajo citado. Esta proporción (la mitad de la tasa del PBI total) es compatible con lo observado históricamente. Que la agricultura crezca menos que el PBI global es algo esperable: ya viene ocurriendo desde hace décadas, por lo que la agricultura tiende a reducir gradualmente su peso en el PBI. Pero la tasa de crecimiento postulada del PBI podría ser demasiado pesimista, ya que (aun en ausencia de CC) es mucho más modesta que la registrada en décadas anteriores a 1990 o en épocas más recientes (1990-2010). De hecho es inferior a la tasa postulada en los escenarios que sirven de base a las proyecciones de CC, pues el crecimiento del PBI es el factor necesario para acelerar las emisiones y causar calentamiento. Con menos crecimiento habría menores emisiones y menos calentamiento global.

2. Pese a ello, el PBI agropecuario crecería muy fuertemente. Entre 1990 y 2100 se multiplicaría por cuatro en el mundo, y por cinco en América Latina, con o sin CC. Dado que la población en ese lapso no se multiplicará por cuatro ni por cinco ni mucho menos, es obvio que esto implica un fuerte crecimiento de la producción agropecuaria per cápita durante el siglo 21. Mendelsohn no indica cuál es la población implícita en las proyecciones, pero si se toman las proyecciones a 2100 que surgen de la última revisión de las proyecciones de la ONU (que se extienden a 2050 pero pueden ser extrapoladas usando sus mismos supuestos) la población de América Latina en 2100 sería de unos 525 millones en la Hipótesis Media de la ONU, una cifra apenas por encima de la cifra de 1990 (la población alcanzaría crecimiento cero a mediados del siglo y empezaría a decrecer a partir de entonces: véanse detalles en M&M 2011, sección 6.1).

3. De este modo, América Latina en 2100 tendría una producción agropecuaria per cápita cuyo valor económico a precios constantes sería cuatro a cinco veces superior a la actual. Esto no significa cuatro o cinco veces más calorías, ni cuatro o cinco veces más cantidad física de todos los productos: al aumentar los niveles de ingreso, la producción y la demanda de alimentos se diversifican, creciendo sobre todo los alimentos de mayor contenido proteico y de micronutrientes (carnes, lácteos, frutas, hortalizas), que tienen más precio, y no tanto los cereales y tubérculos. De hecho el consumo humano de cereales per cápita está inversamente relacionado con el nivel de ingreso per cápita (Maletta 2004), aunque su uso como forraje aumenta con el ingreso per cápita (asociado a creciente consumo de alimentos de origen animal). La composición de la producción agropecuaria se iría modificando, lo mismo que el patrón de consumo. Esto implica que además de crecer la ingesta de calorías crecería principalmente el consumo de otros alimentos con mayor elasticidad-ingreso que son las principales fuentes de proteínas, vitaminas y minerales. Así, además de mejorar o desaparecer la deficiencia energética dietaria, mejorarían también los déficits de micronutrientes per cápita.

4. El calentamiento global no influye mayormente sobre el nivel de PBI agrícola de 2100, ni sobre su tasa anual acumulativa de crecimiento entre 1990 y 2100. El efecto positivo o negativo del CC sobre la tasa anual de crecimiento es del orden de $\pm 0,01$ puntos porcentuales.

5. Hacia 2100 en América Latina (y en casi todo el mundo) habría niveles muy altos de ingreso per cápita, pese a que la OCDE postula tasas de crecimiento muy conservadoras. Por ejemplo, si el PBI de América Latina creciese a la tasa que supone la OCDE (inferior a las previsiones de los escenarios SRES), a un ritmo dos veces más rápido que el PBI agropecuario, el PBI crecería al 2,94% anual, muy inferior al 4% de 1950-2010; aun así el ingreso per cápita de América Latina en 2100 sería superior al promedio que tenían en 1990 los países desarrollados.

En condiciones de alto ingreso per cápita, como las que de ese modo se podrían prever, los problemas de *acceso económico* a los alimentos prácticamente desaparecen. Ningún país de altos ingresos tiene un porcentaje perceptible de personas subalimentadas. La prevalencia de la subalimentación y la malnutrición están fuertemente correlacionadas con el consumo per cápita de calorías y con el ingreso per cápita, y prácticamente desaparecen cuando el consumo de calorías supera las 3000 calorías diarias, o cuando el ingreso per cápita (en dólares PPP de 2007) supera los \$12 000-\$13 000. Ambas condiciones van juntas: el consumo per cápita de calorías es casi invariablemente superior a 3000 kcal por día cuando el ingreso por persona supera esas cifras y la subalimentación en tal caso es cercana a cero (M&M 2011).

El estudio ricardiano de Mendelsohn sugiere, pues, que el efecto del CC sobre la producción agropecuaria sería marginal, aun con hipótesis muy conservadoras. En su análisis publicado en el año 2000, como se ha visto, Mendelsohn encontró un efecto global levemente positivo; solo ese trabajo contiene estimaciones completas para todas las regiones del mundo incluso América Latina. Ese impacto es pequeño, y (en todos los casos) se aplicaría sobre una producción agropecuaria futura varias veces superior a la actual, de modo que su efecto neto sería desdeñable en relación con la situación futura de disponibilidad de alimentos y acceso a los mismos.

El principal déficit del enfoque ricardiano es que no toma en cuenta el efecto de la mayor concentración de CO₂ en la atmósfera. A mayor disponibilidad

de carbono las plantas rinden más, y/o requieren menos agua, lo cual modifica su adaptabilidad a diferentes climas. En líneas generales, este defecto de los modelos ricardianos tiende a subestimar los efectos positivos (o sobreestimar los efectos negativos) del CC sobre la agricultura.

5.2. Evaluación integrada del impacto agrícola

Un equipo de investigación en el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas (IIASA), Laxenburg, Austria, encabezado por Günther Fischer, es el principal referente para el análisis integrado de impactos del CC sobre la agricultura y la alimentación, en un programa de largo alcance donde también participa la FAO con sus bases de datos sobre suelos, zonas agroecológicas, coeficientes técnicos de cultivos y crianzas, desigualdad del consumo entre personas y hogares de cada país, y otras. En Fischer *et al.* (2002a y 2002b) se presenta un análisis general del impacto del CC sobre la agricultura y la subalimentación en el mundo. Otros trabajos posteriores han refinado y ampliado dicho estudio, entre otras cosas incorporando en el modelo la ampliación endógena de la irrigación en función de los cambios esperados en los recursos hídricos de cada zona agroecológica (Fischer *et al.* 2007) y el efecto del posible uso de cultivos para producir biocombustibles de primera o segunda generación (Fischer *et al.* 2009a, 2009b). Estos estudios combinan modelos agronómicos de cultivos, datos de zonas agroecológicas, escenarios y proyecciones climáticas del IPCC, y la modelización de procesos socioeconómicos en el Sistema Básico Integrado *Basic Linked System* o BLS) del IIASA (<http://www.iiasa.ac.at/>).

5.2.1. Impacto potencial con tecnología constante

Una parte de la simulación publicada en Fischer *et al.* 2002 apunta a medir el impacto potencial del CC sobre la agricultura. Ya hemos visto que ese concepto, si se lo aplica literalmente, es en realidad ilógico, pues la agricultura involucra acciones humanas en relación con el clima, y por ende no puede haber un impacto del CC que prescinda de las adaptaciones. Sin embargo, Fischer y sus colegas dan una versión operacional y más limitada de ese concepto, con alcance puramente teórico, examinando el impacto del CC sobre la producción potencial de cereales de secano alcanzable con adaptación del *mix* de cultivos pero con una tecnología constante y sin ninguna otra adaptación. No se presentan diferentes grados de adaptación, ni se prevé la posible introducción de innovaciones, pero se supone que los productores eligen los cultivos y variedades según las condiciones climáticas vigentes a lo largo del tiempo en cada zona. Es lo más aproximado a una evaluación del impacto potencial, teniendo en cuenta las adaptaciones endógenas más elementales (elección del cultivo) aunque no el progreso técnico ni la adaptación de las prácticas agrícolas ante los cambios en el medio ambiente (por ejemplo el adelantamiento de la fecha de siembra). Se lo podría llamar impacto cuasi-potencial.

El primer paso del análisis de Fischer fue evaluar el impacto potencial del CC ya ocurrido en el siglo veinte y se limitó al cultivo de cereales en agricultura de secano (que son las condiciones más vulnerables al cambio del clima). Para cada zona agroecológica tomó el clima promedio de 1901-1930, 1931-1960 y 1960-1990, evaluó la producción potencial de 83 tipos de cereales e incluyó diversos cultivares de trigo, maíz, cebada, arroz, centeno, sorgo, moha (o setaria) y mijo. Esto permitió estimar el cambio derivado del puro CC, evaluando los efectos del cambio pretérito del clima sobre la producción potencial con

una tecnología constante. La única adaptación permitida fue la elección entre diversos tipos de cereales y variedades en cada período y zona. En este ejercicio retrospectivo tampoco se consideró el efecto benéfico que tendría el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera. El programa computarizado simuló en cada período las 83 especies y cultivares, en cada cuadrícula de cada zona agroecológica, seleccionando los cultivos de mayor rendimiento físico bajo el clima prevaleciente en ese momento y lugar (no se consideró la posibilidad de maximizar el retorno económico de los cultivos, lo cual no necesariamente coincide con la maximización física pues depende de los precios vigentes en cada fecha y lugar). El principal resultado fue que a nivel mundial, comparando 1901-1930 con 1961-1990 —un período en que hubo calentamiento global y otros cambios climáticos—, el potencial de producción de cereales de secano (a tecnología constante) aumentó alrededor de 6% en el mundo, con un incremento de 3,5% en América Latina, y un poco más, 3,8%, en Sudamérica; mientras que en la zona formada por el Caribe, México y América Central aumentó un 2% (Fischer *et al.* 2002a: 59-61). En realidad, por supuesto, la producción aumentó muchísimo más, pues intervinieron cambios en la tecnología y en el uso de la tierra.

Con respecto al efecto de la variabilidad climática entre años individuales, en cada período de treinta años se comparó el resultado simulado año por año según las variaciones anuales del clima, con el resultado correspondiente al clima promedio de cada treintenio; este último fue en promedio 10% más alto que la media de los resultados anuales, lo que da una medida de las pérdidas que en promedio se derivarían de la variabilidad climática (sobre todo lluvias) para cereales de secano, manteniendo constantes otros factores como la tecnología utilizada. Se encontró así que (como era de esperar) la variabilidad climática interanual es un factor negativo. Pero el estudio también reveló que la variabilidad climática a lo largo del siglo veinte no aumentó. A nivel mundial la producción potencial anual de cada treintenio tuvo coeficientes de variación (desviación estándar sobre media) de 5,3%, 5,3% y 4,7%; en Sudamérica fueron de 7,8%, 6,0% y 7,1%. La variabilidad se mantuvo casi constante, con cambios no significativos que en todo caso indicarían una disminución de la variabilidad climática entre 1901-1930 y 1960-1990, un período en que las temperaturas mundiales tuvieron un aumento cercano a 0,4°C, y sobre el cual mucha gente «tiene la impresión» de que se incrementó la variabilidad e imprevisibilidad del clima.

Después de este ejercicio retrospectivo, Fischer *et al.* 2002a simularon la producción potencial de cereales de secano hasta el año 2080, considerando solo las tierras ya cultivadas en 1990, sin incluir las nuevas tierras que (en climas templados y fríos) serían habilitadas para el cultivo gracias al CC. Influyen en los resultados, pues, las menores producciones que se obtendrían en los trópicos debido al calentamiento, pero no las mayores producciones que se obtendrían por la ampliación de la frontera agrícola en zonas más frías. Pese al sesgo hacia abajo que este enfoque implica, el resultado neto es, aun así, positivo. En 2080 y sin cambios en las emisiones de GHG, la producción potencial aumentaría 13,8% en las mismas tierras ya cultivadas y con la misma tecnología disponible en 1990. Con los aumentos de emisiones previstos en los escenarios SRES, la producción potencial mundial de cereales de secano sería aún 11% más alta que en 1990, incluso descontando una pérdida de 2,8% debido al CC (en el peor escenario). En este caso el impacto efectivo refleja el impacto del CC y las mínimas adaptaciones consideradas (cambios en la elección de cultivos y variedades para cada zona), pero no refleja cambios tecnológicos porque la

producción potencial de cada cultivo en cada zona agroecológica (bajo diferentes climas) es fijada por la tecnología que se supuso constante; o sea la tecnología disponible en 1990.

El impacto aludido (-2,8%) es el que corresponde al escenario con más impacto negativo (A1F1). En A2 habría una reducción de -2,1%, en B2 un recorte de -1,0%, y en B1 un efecto nulo del CC sobre la producción potencial de cereales de secano. Todos los porcentajes son muy pequeños, en línea con los resultados obtenidos por Mendelsohn (2000) con modelos ricardianos, y de todas maneras se aplican a una producción potencial de referencia que habría aumentado mucho más (+13,8%), de modo que en definitiva la producción potencial, con el impacto del CC, resulta superior a la del año base, aun prescindiendo de adaptaciones y cambios tecnológicos.

Un mínimo de adaptación o cambio tecnológico podría compensar fácilmente ese pequeño impacto potencial, lo mismo que la apertura de nuevas tierras de secano en zonas actualmente no viables (por ejemplo en Norteamérica, Rusia y Europa del Norte). Sin embargo, ese pequeño efecto potencial (entre 0% y -2,8%) podría ser más grande en algunos sitios que en otros. Dado que algunos países pierden potencial productivo por el CC, y otros lo ganan, Fischer y colegas analizan separadamente a los países que tienen un impacto negativo (y cuya población en 2080 para el escenario A1F1 sería de 3300 millones de personas); en esos países el efecto potencial negativo sería naturalmente mayor que el promedio, pero no muy grave: -7,9% en lugar de -2,8%. Dado que en ausencia de CC el potencial aumentaría 13,8%, aun con esa reducción de 7,8% seguiría estando 6% por encima del nivel de referencia. En otros escenarios (diferentes del A1F1) el efecto potencial es menor y afecta menos gente: en B1 los afectados en países «perdedores» son 1600 millones de personas con una reducción de solo un 3%, y los otros escenarios quedan en posiciones intermedias (Fischer *et al.* 2002a: 85). Estas reducciones se aplican a una producción potencial superior en un 13,8% a la de referencia, de modo que la producción potencial es todavía superior a la actual, aun después de considerar el CC y sin incluir progreso técnico. Recuérdese, por supuesto, que no se incluyen nuevas tierras (no cultivadas hoy) ni tampoco el cultivo bajo riego o el progreso técnico, y que solo se analizan cereales. El estudio del impacto «potencial» tiene principalmente un interés teórico.

En América Latina, y en el peor escenario (A1F1), el potencial de producción de cereales de secano aumentaría 11,3% en 2080, sin progreso técnico ni apertura de nuevas tierras ni adaptación (excepto elección de cultivo), es decir, considerando solo el CC sobre las tierras actualmente cultivadas con cereales de secano. El impacto es positivo, incluso en términos de producción potencial per cápita (la población, ya declinante, estaría solo un 10% por encima de la inicial en las proyecciones de población, ya superadas, que utilizan los autores). El progreso técnico que cabe esperar entre 1990 y 2080 (ya observable si se compara 1990 con 2010) mejoraría indudablemente esos resultados, y habría además expansión a nuevas tierras de secano así como mejoras en la irrigación.

Como se mencionó, estas previsiones se basan únicamente en modelos climáticos, modelos agronómicos de los cultivos (con tecnología de 1990) y zonas agroecológicas. Se ignora toda posibilidad de adaptación (excepto la elección de una u otra variedad de cereal entre aquellas disponibles en 1990), así como todo desarrollo económico y progreso tecnológico entre 1990 y 2080, y se hace referencia solo a cereales de secano. Se dejan de lado otros cultivos, la ganadería y la irrigación, de modo que estas previsiones solo pueden ser

consideradas como una estimación teórica, parcial y muy conservadora del «impacto potencial» del CC sobre la producción de alimentos básicos en el mundo o en América Latina. Solo sirven para ver cuál sería el orden de magnitud del efecto, en ausencia de progreso tecnológico y con una adaptación mínima (en forma similar a las previsiones de Malthus sobre la futura insuficiencia de alimentos, que ignoraba la posibilidad de un aumento en la productividad de la tierra). Si se consideran otros factores el impacto sería todavía menos desfavorable (o más favorable).

5.2.2. Impacto efectivo con modelos integrados

La parte principal del estudio de Fischer es el análisis integrado del impacto, en la que combina los datos físicos con los factores socioeconómicos y el progreso técnico; es decir, el uso combinado de las zonas agroecológicas, los modelos de cultivo y las previsiones climáticas, junto con proyecciones socioeconómicas y tecnológicas, todo ello combinado mediante el BLS o sistema básico integrado del IIASA. Los autores usaron los cuatro escenarios principales del IPCC, más otros dos escenarios A2-S y B2-S que agravan aún más los ya pesimistas escenarios A2 y B2 ya que mantienen las exageradas previsiones demográficas, que son especialmente irreales en A2 pero reducen en un 45% el crecimiento económico. Si A2 y B2 eran irreales, estos dos escenarios adicionales son más irreales aún; los modelizadores del CC y de sus impactos usualmente prefieren plantear los peores escenarios posibles, muchas veces desdeñando sus inconsistencias internas o que contradigan tendencias conocidas de la realidad. Esta práctica a veces conduce a resultados sesgados.

Fischer y sus colaboradores primero producen un juego de proyecciones de referencia basadas en la población y los ingresos postulados exógenamente en cada escenario, pero sin considerar el CC. Los autores introducen también una tendencia exógena de progreso tecnológico, y el modelo también estima cambios en los precios relativos debido a los cambios esperados en la oferta y demanda de los productos. Luego estiman el efecto neto o «residual» del CC, que incluye el efecto del clima así como el efecto del progreso técnico y de la adaptación humana como respuesta al propio CC, y el efecto sobre los precios, todo lo cual a su vez influyen sobre la elección de cultivos y sobre la demanda de productos por parte de los consumidores. El crecimiento de la producción de cereales se hace depender de la demanda, relacionada con el nivel de desarrollo y el crecimiento demográfico. Se generan predicciones sobre el nivel de producción de cereales y otros cultivos, sobre el PBI agropecuario, sobre la demanda total de cereales (para consumo humano, consumo animal y semilla) y sobre la cantidad de gente con un consumo insuficiente de alimentos. Lamentablemente, no todos los resultados aparecen en forma detallada en la publicación disponible, lo que dificulta en parte la presentación de las conclusiones de este análisis.

5.2.2.1. Impacto sobre la producción futura de cereales

Sin considerar el CC, la producción de cereales aumentaría por el cambio tecnológico y en función de la demanda (local y para exportación) que se elevaría debido al crecimiento demográfico y económico. En el escenario de referencia, sin CC, la producción mundial de cereales (1801 millones de MT en 1990) aumenta gradualmente hasta alcanzar en el año 2080 unos 3729-3884 millones de MT en los escenarios B1 y A1 (menor crecimiento demográfico), 4115 millones en B2, y 4791 millones en A2 (debido a una mayor demanda causada por su enorme

población, basada en una proyección completamente irreal). Aun en la peor hipótesis (A2) la producción puede cubrir la demanda sin aumentar la superficie irrigada y sin incursionar en tierras hoy no aptas para el cultivo de cereales (Fischer 2002a: 96). Lo mismo ocurre en América Latina y el Caribe (ALC). La producción de 1990 (102 millones de MT) aumenta hasta 253 millones en A1, 211 en B1, 507 en A2, y 286 en B2. La producción per cápita en el mundo también aumenta: de un nivel de 347 kg anuales por persona en 1990 (para todos los usos, incluso forraje), hacia 2080 pasa a 480 kg en A1, en B1 a 461, en A2 a 350 y en B2 a 406. América Latina y Caribe, partiendo de 235 kg por persona en 1990, para 2080 crecería a 349 kg en A1, a 303 kg en B1, a 357 kg en A2 y a 328 kg en B2. Si bien la población del escenario A2 es completamente irreal, aun en ese caso la producción potencial alcanzaría para satisfacer con creces la demanda de cereales, tanto en el mundo como en América Latina.

Sobre esa producción total de cereales el CC produciría una pequeña disminución de la producción mundial de 2080 (respecto a la proyección de referencia) de $-1,5\%$ en A1F1, $-0,5\%$ en B1, $-0,9\%$ en A2 y $-0,4\%$ en B2. En ALC, en cambio, el CC induciría un *aumento* de la producción de $+3,7\%$ en A1, $+4,1\%$ en B1, $+1,4\%$ en A2 y $+1,8\%$ en B2. En el mundo el impacto sobre el consumo de cereales varía entre $-1,6\%$ en B1 y $-3,4\%$ en A1, con cifras intermedias en A2 ($-2,4\%$) y B2 ($-1,4\%$). En ALC aumenta la exportación neta y el uso como forraje; el consumo humano directo de cereales (respecto a la proyección sin CC) bajaría $-2,0\%$ en A1, $-0,6\%$ en B1, $-2,1\%$ en A2, y $-0,5\%$ en B2. En cualquier caso, sin embargo, tanto la producción per cápita como el consumo per cápita de cereales de 2080, en cualquiera de los escenarios (incluso A2) resultan superiores a las cifras de 1990.

En otras palabras, el efecto combinado del crecimiento demográfico y económico, junto con el CC y sus interacciones, resultan en un aumento considerable de la producción y consumo per cápita de cereales, tanto en el mundo como en América Latina. El escenario con menor aumento del consumo y la producción per cápita es obviamente A2, debido a sus exageradas proyecciones demográficas que ya no se pueden tomar en serio. Con solo usar para A2 la Variante Alta de la revisión 2008 en las proyecciones de la ONU (que también es muy irreal, pues implica un aumento de la fecundidad en gran parte de los países, pero es algo menos irreal que la proyección usada en A2) el efecto sobre la producción y consumo per cápita de cereales en ese A2 revisado sería positivo. También mejoraría el pronóstico en los otros escenarios si se usaran las estimaciones demográficas actualizadas de la ONU en lugar de las muy exageradas proyecciones demográficas de los escenarios SRES.

En cualquier caso, aun en la peor hipótesis demográfica, el efecto del CC sobre producción y consumo de cereales no sería de magnitud significativa. El porcentaje del efecto (positivo o negativo) sería en general inferior a $\pm 2\%$, y ese pequeño efecto se aplicaría además sobre una producción y consumo futuros (total o per cápita) mucho más grandes que en la actualidad.

5.2.2.2. Impacto sobre el PBI agropecuario

Lo anterior se refiere solo a cereales. Pero no solo de cereales vive el hombre: hay que considerar el conjunto de los alimentos. De hecho el crecimiento esperado del ingreso per cápita implica un consumo creciente de otros alimentos (frutas, hortalizas, carnes, lácteos). Pero el resultado es similar: el impacto del CC sobre el PBI agropecuario (a precios constantes de 1990) es también desdeñable, pues el PBI sectorial sería en 2080 mucho más grande

que el actual, y el eventual efecto del CC (positivo o negativo según los casos) sería muy pequeño (Fischer *et al.* 2002a: 108-109). Lamentablemente los autores no indican el valor monetario del PBI agropecuario de cada región, ni en 1990 ni en las fechas futuras consideradas hasta 2080. Sin embargo, indican el valor total del PBI agropecuario mundial, que varía según los escenarios entre 2900 y 3600 miles de millones de dólares, a precios de 1990. Dado que el PBI agropecuario mundial de 1990 considerado por Fischer *et al.* fue de \$1077 miles de millones (Tubiello y Fischer 2005), las tasas de crecimiento agrícola que resultan del análisis integrado de Fischer son similares a las postuladas por Mendelsohn (2000). Este último postuló 1,24% anual entre 1990 y 2100 en ausencia de CC, porcentaje que llega a 1,28% cuando se incorpora el efecto del CC. Fischer y sus colegas proyectan un crecimiento agrícola entre 1,11% y 1,35% anual (según los escenarios) entre 1990 y 2080. El impacto que estiman del CC sobre el PBI agropecuario es muy pequeño: para el mundo en conjunto oscila entre -0,4% y -1,5% y en ALC varía entre +1,4% y +3,7%, según distintos escenarios, respecto al PBI agrícola de 2080 proyectado en ausencia de CC. A esas tasas, el PBI agrícola de 2080 sería de todos modos entre 2,68 y 3,47 veces más grande que en 1990, con una población que habría crecido muchísimo menos, de modo que las pequeñas detracciones o incrementos causados por el CC no causan mayor efecto.

Tanto con relación a los cereales como respecto del PBI agropecuario, el efecto neto del CC, aun en los peores escenarios como A1F1 y A2, resulta ser levemente negativo para el mundo y levemente positivo para América Latina, pero todo ello referido a niveles esperados de producción de 2080 que serían de todos modos muy superiores a los actuales. El CC no afectaría seriamente la disponibilidad y consumo total de alimentos, ni en el mundo ni en América Latina. Esta región, en realidad, se beneficiaría del CC en la producción de cereales y en el PBI sectorial. Pasaría además de ser importadora neta de alimentos en 1990 a ser exportadora neta en 2080 (de hecho ya es exportadora neta en la actualidad, aunque no lo era en 1990).

5.2.3. El factor hídrico y la irrigación

Las anteriores proyecciones suponían que no aumentan ni disminuyen las tierras sujetas a irrigación, ni la eficiencia del riego. Estudios más recientes analizan la evolución de la disponibilidad de agua, y la factibilidad de expandir la superficie irrigada, aumentar su eficiencia, y otras adaptaciones conexas.

Döll y Siebert (2001) desarrollaron un modelo global de irrigación en el que integraban zonas agroecológicas y enfoques hidrológicos. Döll (2002) usó este marco de referencia para analizar el impacto del CC sobre la demanda de agua para irrigación. Concluyó que en la década de 2070 la demanda global de agua en irrigación aumentaría (debido al CC) entre 4% y 8% a nivel mundial, con los mayores aumentos en Asia debido a los altos requerimientos del cultivo de arroz. Ese trabajo se restringió a las áreas irrigadas de 1995, sin prever nuevas áreas regadas, y tampoco consideró cambios en la eficiencia de la irrigación. El aumento previsto en requerimientos netos de agua de riego fueron entre 3,43% y 12,57% en México y América Central, y entre 6,02% y 9,40% en Sudamérica. Se consideró una eficiencia bastante baja (del orden de 45%) y que no mejora a lo largo del siglo. Con un aumento muy pequeño de esa eficiencia (pasando de 45% a 47-51% según los escenarios) alcanzaría para cubrir la mayor demanda hídrica de los cultivos irrigados sin aumentar el requerimiento bruto de agua para riego. Dado que la eficiencia del riego está

aumentando rápidamente en América Latina (Maletta 2000a, 2000b, 2001) esa hipótesis no debe ser descartada, y de hecho es la más probable. M&M 2011 muestran los importantes avances en eficiencia logrados ya a principios del siglo veinte en el Nordeste de Brasil, el norte de México y otras regiones.

Alcamo *et al.* (2003a, 2003b) analizan la probable evolución de la demanda de agua de riego en función de la disponibilidad, con tasas de crecimiento de la producción agrícola bastante más altas que las usadas por Mendelsohn o Fischer, y un aumento moderado de la eficiencia del riego. Concluyen que los requerimientos brutos de agua para todos los usos estarían (en cada región o zona) entre 20% y 40% de las disponibilidades, lo cual se considera satisfactorio. Otros estudios más recientes van más allá al incorporar el agua en modelos integrados de evaluación de impacto del CC. Shen *et al.* 2008 estiman que la demanda de usos agrícolas del agua aumentará modestamente, a razón de 0,4-0,6% anual en los distintos escenarios SRES, excepto en el poco realista A2, donde crece al 1,22% anual. En cambio, los usos no agrícolas crecen más velozmente (entre 1,56% y 2,57% anual) debido al rápido crecimiento urbano. El crecimiento anual total de los requerimientos de agua (entre 0,96% y 1,44%) no es incompatible con la disponibilidad prevista.

Fischer *et al.* 2007 realizan un análisis similar y más completo, generan un «índice de escasez de agua» que a nivel mundial para 2080 sería de 14,2 (sin CC) y pasaría a 17,1 en un escenario de elevado CC, y a 15,5 en otro con mayor mitigación. Este índice varía de 0 a 100, y solo se considera preocupante por encima de 40. En América Latina el índice es muy bajo: para 2080 pasa de 2,9 (proyección sin CC) a 6,6 (CC sin mitigación) y 5,5 (mitigado). Estas estimaciones suponen cambios en el área irrigada y una modesta mejora en su eficiencia de distribución. Las inversiones necesarias implican amortizaciones anuales del orden de \$125-150 por Ha (\$ de 1990), pero producirían aumentos de producción muy superiores a esas cifras.

En suma, según estos análisis el CC no causaría una mayor escasez de agua en la agricultura. La población de 2100 podrá ser abastecida con alimentos producidos en tierras aptas y usando el agua disponible, aun en la peor y más descabellada hipótesis (A2), que supone una población mundial de 15 000 millones en 2100. Las inversiones necesarias en obras adicionales de riego son relativamente bajas, y se espera además que continúe aumentando la eficiencia promedio, pues las obras de riego más recientes tienen una eficiencia mucho más elevada que las tradicionales; por ejemplo en el Nordeste brasileño casi toda la expansión de las últimas tres décadas del siglo veinte (que cuadruplicó el área irrigada) corresponde a riego por aspersión y por goteo (Maletta 2000a, 2000b, 2001). Ese proceso probablemente continuará. La mejora previsible del riego permitiría atender las necesidades adicionales de producción (fuera de los cereales de secano) que se podrían requerir para contrarrestar el efecto del CC sobre la disponibilidad de lluvia en algunas zonas de secano de América Latina.

Ha habido alguna preocupación sobre *el impacto de los biocombustibles* sobre la disponibilidad de alimentos. Fischer *et al.* (2009) y Fischer (2009) concluyen, sobre la base de modelos integrados y los escenarios SRES, que el mundo puede reemplazar una proporción significativa de combustibles fósiles con biocombustibles de segunda generación basados en biomasa (y algunos de primera generación, como los etanoles derivados de caña de azúcar) sin poner en peligro la seguridad alimentaria; la mayoría de los de primera generación (como el etanol de maíz) aumentarían la subalimentación y sobre todo no producirían suficientes beneficios energéticos o ambientales.

En resumen, las previsiones sobre la agricultura mundial prevén una disponibilidad suficiente de alimentos, incluso en la hipótesis (descartable hoy en día) de que la población mundial siga aumentando velozmente, como se suponía en el escenario A2. En hipótesis demográficas más realistas la producción necesaria para cubrir necesidades se lograría aun con mayor facilidad. Dado el enorme incremento del comercio mundial, estos alimentos podrán ser llevados comercialmente a todos los países de acuerdo a su demanda, aun cuando una parte importante de esos países no sean autosuficientes en la producción de alimentos. Como hemos visto, no tienen por qué serlo. El aumento de producción (en dólares constantes) no implica un aumento proporcional de las calorías, ya que la composición del consumo en mayores niveles de ingreso tiende a virar hacia alimentos más caros (y más ricos en proteínas, vitaminas y minerales).

5.3. Evaluación del impacto en la subalimentación

El mismo análisis integrado de Fischer *et al.* (2002a) proyecta el efecto del CC sobre la subalimentación (o «población en riesgo de sufrir hambre»), definida tal como lo hace la FAO. La estimación se vale de la estrecha correlación entre la subalimentación y el consumo per cápita de calorías (con relación a las necesidades medias), como se muestra en la Figura 1.

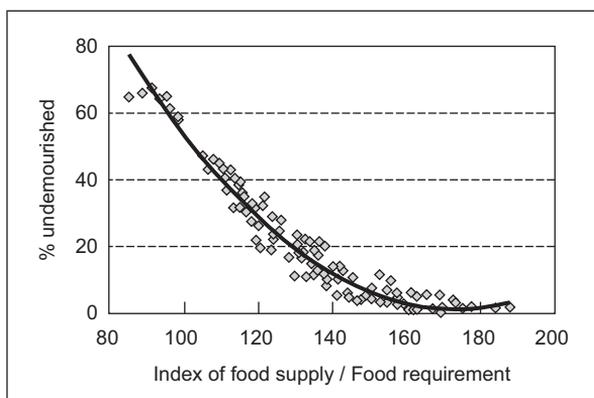


Figura 1. Correlación entre subalimentación y disponibilidad relativa de alimentos (Fischer *et al.* 2002a)

En esta figura, un valor 100 en el eje horizontal indica que el consumo per cápita de calorías coincide con las necesidades medias; en ese caso, alrededor de la mitad de la población estaría debajo del requerimiento mínimo. Valores superiores a 100 indican un consumo aparente (per cápita) superior a las necesidades medias. Estos datos muestran que la subalimentación (población que no llega al mínimo aceptable de calorías) cae a niveles poco significativos según los criterios de la FAO (es decir debajo de 5%) cuando el consumo aparente es al menos 50% más alto que las necesidades. Estas últimas son de unas 2100 kcal/persona/día (variando entre 2000 y 2300 según la composición demográfica de los países, con valores más bajos en los países de menor desarrollo). El gráfico indica entonces que la subalimentación esperada sería muy baja, no significativa o nula cuando el consumo supere las 3000 kcal/persona/día.

Sobre la base de las proyecciones de consumo de calorías derivadas de su análisis (Fischer *et al.* 2002a y 2002b), y de la población supuesta por los

escenarios del IPCC, los autores proyectan el número de personas en riesgo de hambre (lo que FAO llama *undernourishment* o subalimentación). En proporción a la población proyectada para cada fecha se puede así obtener la prevalencia porcentual esperada de la subalimentación en cada región. De este modo la subalimentación es endógena en la proyección integrada del desarrollo económico y el clima. Dado que en general los escenarios del IPCC contienen una sobreestimación de la población futura, estas estimaciones son sumamente conservadoras: con una menor población el resultado sería aún mejor. En la estimación de Fischer *et al.* (2002), la subalimentación mundial habría bajado a niveles poco significativos hacia 2080, y el efecto diferencial del CC (que sería negativo) es apenas perceptible (Cuadro 10).¹³ Los varios escenarios resultan en solo 1-2% de subalimentación, e incluso el irreal escenario A2 muestra un nivel muy bajo (6,5%) pese a prever una enorme población de 15 000 millones de personas en 2100 con un desarrollo económico más limitado durante el presente siglo. Aun en ese caso (A2) la prevalencia bajaría de 15,86% en 1990 a 6,5% en 2080 y quedaría muy cerca del nivel de 5% que la FAO considera como no significativo.¹⁴

América Latina est a ya hoy mejor que el promedio mundial, de modo que esta perspectiva se le aplica con creces. Asumiendo el mismo efecto proporcional que el observado para el mundo, las tasas de subalimentación de América Latina en 2080 estarían entre 1% y 2% en los escenarios A1, B1 y B2, y en 6,5% para el poco realista escenario A2. En todos los casos, mucho menos que el 15,86% de la línea de base (1990). Dado que ya en 2000-2007 la tasa ha bajado a 8%, es poco probable que siga en 6,5% para 2080, por lo cual lucen más probables las previsiones de los otros escenarios. Esto es coherente con los resultados mundiales y con el crecimiento agrícola y económico previsto para la región ALC. Si se corrigen las proyecciones de población de los escenarios IPCC, las cifras de 2080 bajarían aún más.

Para hacer un cálculo específico para América Latina (que Fischer y sus colegas efectuaron pero no publicaron explícitamente), se puede estimar la prevalencia en 2080-2100 en función de algunas hipótesis sobre el crecimiento del ingreso per cápita. En efecto, la subalimentación guarda estrecha relación con el ingreso per cápita, medido en dólares PPP de paridad de poder adquisitivo (Figura 2).

Casi ningún país se aleja del patrón general, excepto dos países africanos muy ricos en minerales y petróleo pero con bajo desarrollo humano y mucha pobreza (Botsuana y Angola). Es similar, aunque no tan saliente, el caso de Venezuela, otro país petrolero y muy desigual, cuyo nivel de subalimentación (12% en 2003-2005) era relativamente alto para su ingreso per cápita (superior a \$12 000 PPP). Pero esos son casos excepcionales: la subalimentación es muy baja o nula en países con ingreso per cápita superior a \$12 000 PPP (a precios de 2007).

 Qu  niveles de ingreso alcanzaría América Latina durante el siglo 21, en dólares de paridad de poder adquisitivo, a precios de 2007? El crecimiento observado en los últimos sesenta años es un punto de partida (Cuadro 11).

¹³ La prevalencia mundial de subalimentación estimada por Fischer para el año base (1990) con el método derivado de la Figura 1, coincide con la estimación de la FAO para ese período (véase el Cuadro 4).

¹⁴ Schmidhuber & Tubiello 2007 presentan (a nivel mundial) una comparación de estos resultados con otros obtenidos con otro esquema de evaluación integrada formado por un conjunto diferente de modelos. Ambos resultados son muy similares.

Cuadro 10. Prevalencia de la subalimentación en el mundo (porcentaje de la población)

Escenario	1990	2080 sin cambio climático	2080 con cambio climático
A1	15,86	1,34	1,68
B1	15,86	1,13	1,22
A2	15,86	5,62	6,50
B2	15,86	2,30	2,65

Basado en Fischer 2002a (Tabla 4.1 y texto).

Cuadro 11. Tasas anuales de crecimiento del PBI total y per cápita en América Latina y el Caribe, 1950-2010 (porcentaje)

Períodos decenales	PBI total	Población	PBI per cápita
1950-1960	5,08	2,76	2,26
1960-1970	5,25	2,69	2,49
1970-1980	5,57	2,39	3,11
1980-1990	2,85	2,01	0,82
1990-2000	3,16	1,66	1,48
2000-2010	3,04	1,22	1,79
Períodos acumulados			
1950-2000	4,07	2,30	1,73
1950-2010	4,05	2,27	1,74

Fuentes: PBI 1950-2000: Maddison 2003: 140 y 150; agregado en dólares internacionales de paridad de poder adquisitivo (PPP) a precios de 1990. PBI 2000-2008: CEPAL 2009a: 86 y 88 (Tablas 2.1.1.1 y 2.1.1.3), en dólares constantes a precios de 2000, agregados a tipos de cambio de mercado. PBI 2009-2010: Estimaciones de la CEPAL (2010), con crecimiento de -1,9% en 2009 y +5,2% en 2010. Población 1950-2010: UN 2009a, 2009b.

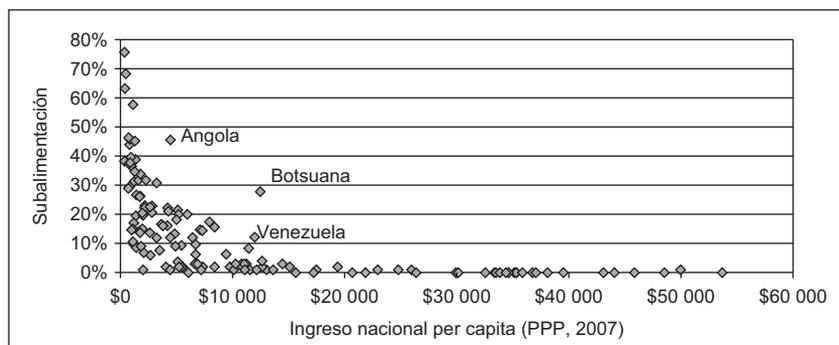


Figura 2. Prevalencia de subalimentación (2003-2005) según ingreso real per cápita, en dólares de paridad de poder adquisitivo (PPP) a precios de 2007.¹⁵ Basado en datos de FAO SOFI 2008 y Banco Mundial 2009.

¹⁵ PPP: *Purchasing Power Parity* (Paridad de poder adquisitivo). Para permitir la comparación del producto o ingreso nacional entre diferentes países, las cifras nacionales se convierten en dólares a un tipo de cambio teórico con el cual un dólar tiene (aproximadamente) el mismo poder adquisitivo en todos los países. La última revisión de la conversión PPP se expresa en dólares con el poder adquisitivo promedio que esa moneda tiene en EEUU, Europa Occidental y Japón. De este modo se corrigen las diferencias en el nivel de precios en dólares existentes en diferentes países.

Entre 1950 y 2010 la región en conjunto creció al 4,05% anual en su ingreso total, y 1,74% anual en ingreso per cápita. En la peor década (la de los años ochenta) el crecimiento anual del PBI fue de 2,85%. En las otras varió entre 3,04% y 5,57% y en las últimas dos décadas se sitúa por encima de 3%. En la actualidad, debido al menor crecimiento poblacional, el crecimiento del PBI total puede ser más lento sin que deje de crecer el ingreso per cápita. Al seguir bajando, como se espera, el ritmo de crecimiento demográfico en el futuro, cada vez hará falta menor crecimiento del PBI para mantener o aumentar el crecimiento del PBI per cápita.

Para el resto del siglo 21 se adoptan aquí hipótesis muy conservadoras de crecimiento económico en comparación con las del pasado (Cuadro 12). Se toma como referencia el PBI per cápita de 2007 en dólares PPP publicado por el Banco Mundial (WB 2009). Para el ingreso total de la región ALC, que de 1950 a 2007 creció al 4,00% anual y que desde 1990 ha crecido por encima del 3%, se supone una fuerte desaceleración: entre 2007 y 2050 el crecimiento medio del PBI se postula que puede variar entre 2,0% y 3,0% anual (ambos por debajo de la tasa media de 1950-2010, e incluso por debajo de la de 1990-2010). En el período 2050-2100, con una población decreciente, se supone que la tasa de crecimiento del ingreso sería aún más lenta (un punto porcentual menos, es decir entre 1% y 2%).

Las tasas de crecimiento del PBI en 2007-2100 previstas en estas hipótesis varían entre 1,46% y 2,46% anual, muy por debajo de las cifras (entre 2,85% y 5,57%) observadas entre 1950-1960 y 2000-2010. Con respecto a la población, se extrapola hasta 2100 la Variante Media de las proyecciones de la ONU, Revisión 2008, que llegan solo hasta 2050. La Variante Media implica que hacia 2050-2055 la población llega a 729 millones y poco después comienza a declinar. Como resultado de esas proyecciones del ingreso total y de la población se obtienen también proyecciones del ingreso per cápita (Cuadro 13).

Cuadro 12. Hipótesis conservadoras de crecimiento del ingreso y la población en América Latina y el Caribe, 1950-2100

Hipótesis	Tasa anual de crecimiento del ingreso total* (%)				Población (millones)				Ingreso (miles de millones \$ PPP)			
	1950-2007	2007-2050	2050-2100	2007-2100	1950	2007	2050	2100	1950	2007	2050	2100
A	4,00	2,0	1,0	1,46	167	563	729	525	\$555	\$5192	\$12166	\$20008
B	4,00	2,5	1,5	1,96	167	563	729	525	\$555	\$5192	\$15012	\$31605
C	4,00	3,0	2,0	2,46	167	563	729	525	\$555	\$5192	\$18507	\$49812

(*) La tasa de crecimiento del ingreso nacional en 2007-2100 se supone equivalente a la del PBI. Incluye 3.5% anual en 2000-2007 (basado en CEPAL 2009a: 88). Población en 2100 extrapolada a partir de las proyecciones de la ONU hasta 2050 (Rev. 2008, Variante Media) bajo los mismos supuestos. Ingreso nacional bruto en dólares PPP para 2007: WB 2009:353; para 1950: basado en el ingreso PPP de 2007 y las tasas de crecimiento del PBI en Maddison 2003 (1950-2000) y CEPAL 2009a (2000-2007). Los valores monetarios (a precios de 2007) reflejan el poder adquisitivo promedio del dólar de EEUU en los países de referencia de la paridad de poder adquisitivo (PPP reference countries), es decir EEUU, Gran Bretaña, Japón y la zona del euro, a precios de 2007.

Cuadro 13. Proyecciones del ingreso per cápita de América Latina y el Caribe, 1950-2100 bajo tres hipótesis conservadoras de crecimiento económico

Hipótesis	Ingreso per cápita en dólares PPP*				Tasa anual de crecimiento del ingreso per cápita (%)			
	1950	2007	2050	2100	1950-2007	2007-2050	2050-2100	2007-2100
A	\$3325	\$9226	\$16688	\$38111	1,81	1,39	1,67	1,54
B	\$3325	\$9226	\$20593	\$60200	1,81	1,88	2,17	2,04
C	\$3325	\$9226	\$25387	\$94880	1,81	2,38	2,67	2,54

(*) Basado en el cuadro precedente. Valores monetarios en dólares PPP a precios de 2007.

El ingreso per cápita de la región latinoamericana, que en dólares PPP era de \$9226 en 2007, se situaría entre \$16 688 y \$25 387 en 2050 y entre \$38 111 y \$94 880 en el año 2100. En nuestra hipótesis más pesimista (A), el ingreso de América Latina en 2100 superaría el que tenían en 2007 muchos países desarrollados (por ejemplo Alemania: \$33 820; Francia: \$33 470; Japón: \$34 600), aun cuando se trata de la más pesimista de las hipótesis consideradas, que implica una fuerte desaceleración del crecimiento económico durante el siglo 21. En 2007 el país de más alto ingreso per cápita en dólares PPP era Noruega (\$53 690); la mayoría de los países desarrollados como EEUU, los países europeos o Japón estaban entre \$30 000 y \$45 000. En las hipótesis B y C América Latina estaría ampliamente por encima de esos niveles en el año 2100. Para 2007, el Banco Mundial consideraba como de «ingresos altos» a los países con ingreso superior a \$11 590 PPP per cápita (WB 2009). En países que superan ese ingreso per cápita, por cierto, la subalimentación es muy baja o nula. Este nivel sería alcanzado en ALC como región en la década de 2020, aun en la hipótesis más pesimista (hipótesis A). Algunos países latinoamericanos ya han llegado a ese nivel, mientras otros tardarán más tiempo.

Estas hipótesis de crecimiento, incluso las más altas, son inferiores a las históricas y a las postuladas en los escenarios SRES como base para estimar el CC. Nuestras hipótesis de crecimiento del ingreso total para ALC en las hipótesis A-C oscilan entre 1,5% y 2,5%, mientras en los escenarios SRES varían entre 2,15% y 3,03% para los países desarrollados y entre 3,26% y 4,22% para los países en desarrollo. Esto subraya el carácter conservador de estas hipótesis de crecimiento económico, pues si bien aceptan el grado de calentamiento global previsto por el IPCC, suponen un menor crecimiento del ingreso real que el estimado por el IPCC como precondition para generar ese mismo CC. Si el ingreso de ALC creciera al nivel previsto por los escenarios SRES y el IPCC, los ingresos de 2050 y 2100 serían mucho más altos. Las proyecciones climáticas del IPCC requieren un alto ritmo de crecimiento económico.

Para mostrar el descenso esperable de la pobreza y la subalimentación no hace falta utilizar la hipótesis más alta (C) ni la intermedia (B). Es suficiente con la más pesimista (A): bajo esa hipótesis y con la relación exhibida en la Figura 2 entre subalimentación e ingreso, el nivel esperado de subalimentación sería prácticamente nulo desde antes de 2050, a nivel de toda la región. Ya hemos visto que con ingresos per cápita superiores a \$12 000 la subalimentación esperada no es significativa, y ese nivel a escala regional se alcanzaría en la década de 2020. América Latina como un todo llegaría a las décadas finales del presente siglo (cuando los efectos esperables del CC afectarían más perceptiblemente a la agricultura) con un nivel de ingreso semejante (o superior) al de los países actualmente más desarrollados.

El acceso económico a los alimentos por parte de los individuos y los hogares depende no solo del nivel de ingreso per cápita, sino de la desigualdad en la distribución del ingreso. La experiencia internacional muestra que el grado de concentración del ingreso disminuye al aumentar el ingreso per cápita. Sin embargo, aunque la concentración del ingreso se mantenga igual o incluso empeore, en esos niveles de ingreso per cápita el porcentaje de población bajo la línea de indigencia o de pobreza sería también prácticamente inexistente. Un ingreso suficiente (en dólares PPP) para poder comprar los alimentos y cubrir otras necesidades mínimas es la línea de pobreza que usa actualmente el Banco Mundial (\$2,50 diarios per cápita en dólares PPP de 2007), suficientemente baja como para constreñir el acceso económico a una alimentación adecuada si los hogares deben atender también mínimamente sus otras necesidades básicas.¹⁶

El promedio de participación en el ingreso total para el decil más bajo de casi todos los países de la región, con datos de 2000-2005, ponderados por la población de cada país, fue de 1,18%.¹⁷ Esto varía por países. En los países latinoamericanos con más desigualdad el primer decil recibe apenas 0,70%, y en aquellos con menos desigualdad alrededor de 1,75%.

En los países con alto ingreso per cápita la participación del decil más pobre en el ingreso total es en general más elevada (Finlandia 4,2%; Austria, Francia, Suecia, Alemania y Holanda 4%; España 3,5%; Bélgica 3,3%; Italia 3%; Canadá 2,7%; Suiza 2,9%; Noruega y Gran Bretaña 2,8%; EEUU y Dinamarca 1,8%). El peor nivel entre estos países (Dinamarca y EEUU) es superior al mejor de América Latina (Uruguay 1,77%). En el corriente siglo el ingreso per cápita de América Latina aumentará, y probablemente alcanzar , como hemos visto, el nivel que hoy tienen muchos países desarrollados; su decil más bajo concordantemente recibiría una porción del ingreso superior a la actual. Sin embargo, en este ejercicio supondremos que la desigualdad latinoamericana no solo no mejore sino que más bien *empeore* durante este siglo, pese al aumento previsto del ingreso total y per cápita; así se supone aquí que el decil más bajo de la región recibiría solo el 1% del ingreso total en 2100 (por debajo del 1,18% promedio de 2000-2005).

En las tres hipótesis consideradas el ingreso per cápita del decil más pobre varía entre \$1669 y \$2539 en 2050, y entre \$3811 y \$9488 en 2100 (Cuadro 14). En todos los casos esto equivale a un ingreso muy superior a las líneas de pobreza internacionalmente usadas: en la peor hipótesis, el decil más pobre de América

¹⁶ Esa línea de pobreza es adecuada para este análisis, pues está calculada en función de la cobertura de las necesidades mínimas de alimentación y de otros bienes y servicios esenciales, de modo que quienes est n por debajo tendrían dificultades para atender esas necesidades básicas. De todas maneras, la conclusión general se alcanza igualmente con una línea de pobreza más alta, por ejemplo \$3,50 PPP por día a precios de 2007, equivalente a \$1277 PPP anuales o \$106 PPP mensuales por persona, cifras bastante altas para la casi totalidad de países de América Latina. Nótese que en el primer decil los ingresos no est n uniformemente distribuidos sino que tienen una distribución asimétrica hacia la derecha: no hay nadie o casi nadie con ingreso cero, y la frecuencia relativa va aumentando a medida que se avanza hacia el límite superior del decil.

¹⁷ Datos de encuestas de hogares. Base mundial de datos de la Universidad de las Naciones Unidas sobre desigualdad del ingreso, WIID, versión 2C <http://www.wider.unu.edu/research/Database/en_GB/wiid/>. Los resultados pueden variar levemente según la selección de países, encuestas y años. En todos los casos los datos representan todo el país (zonas urbanas y rurales). Los países considerados son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Latina el ingreso promedio en el año 2050 sería de \$4,57 por día; esto significa que habría solo un porcentaje muy reducido de población por debajo de la línea de pobreza de \$2,50 PPP que es aplicada por el Banco Mundial actualmente.

Si ese es el resultado para 2050 en la peor de las hipótesis (A), las otras dos hipótesis para 2050 y las tres estimaciones para 2100 arrojan resultados todavía mejores. El 10% más pobre de la población latinoamericana en 2100 tendría un ingreso diario per cápita entre \$10,44 y \$25,99, entre cuatro y diez veces la línea de pobreza del Banco Mundial. Con esos niveles de ingreso del 10% más pobre de la población, la probabilidad de no poder costear la alimentación mínima así como otras necesidades básicas es prácticamente nula.

Cuadro 14. Previsiones conservadoras de ingreso per cápita para toda la población y para el 10% más pobre en América Latina y el Caribe, en dólares de paridad de poder adquisitivo a precios de 2007

Hipótesis	Ingreso per cápita 2050 (en dólares PPP)			Ingreso per cápita 2100 (en dólares PPP)		
	Total	Decil 1, por año	Decil 1, por día	Total	Decil 1, por año	Decil 1, por día
A	\$16688	\$1669	\$4,57	\$38111	\$3811	\$10,44
B	\$20593	\$2059	\$5,64	\$60200	\$6020	\$16,50
C	\$25387	\$2539	\$6,95	\$94880	\$9488	\$25,99

Basado en el Cuadro 13 y en el supuesto de que el decil más bajo (el 10% más pobre) recibe el 1% del ingreso nacional.

Esto sería, obviamente, variable según los países, pero aun así se cumpliría para la inmensa mayoría de la población regional y para prácticamente todos los países. El país más pobre (Haití) tenía en 2007 un ingreso PPP de \$1050 per cápita, con 1,8% de la población de ALC y una alta prevalencia de pobreza y subalimentación. Su decil más pobre recibía solo el 0,66% de ese magro ingreso nacional (es decir que el 10% más pobre en Haití tenía en 2007 un ingreso per cápita de \$70 por año, \$0,20 por día).¹⁸ Si el ingreso per cápita de Haití creciera en promedio al 2% anual de 2007 a 2100, terminaría el siglo con un ingreso de \$4370 per cápita, un nivel en el cual actualmente la subalimentación en promedio es alrededor de 15% (mientras hoy en Haití es 45%). Si en un siglo los dos deciles más bajos aumentaran su participación

¹⁸ La situación de Haití posiblemente no sea tan mala como surge de las cifras citadas. Los datos estadísticos de Haití son en general poco confiables. Las proyecciones de población de la ONU probablemente subestiman el volumen de la emigración, que es creciente y en gran parte clandestina; los datos de ingresos probablemente subestiman fuertemente las remesas de los emigrantes, que llegan mayormente por vías informales. Es probable que se subestime la producción para autoconsumo, lo cual es muy común en economías similares (Svedberg 1991, 2001; FAO 2003). De hecho las cifras de ingresos de los hogares más pobres son «imposibles». Con un ingreso promedio de \$1050 en dólares de paridad de poder adquisitivo, el decil inferior recibía en 2007 solo el 0,66% del ingreso total, lo cual equivale a \$70 anuales y \$0,20 diarios por persona; algunos miembros de ese decil naturalmente reciben menos que ese promedio. Pero nadie puede sobrevivir a razón de \$0,20 PPP por día, es decir con los precios en dólares de los países de referencia del PPP (EEUU, Europa, Japón). Es muy probable que esas cifras subestimen el ingreso total o la participación del decil inferior. Es legítimo pensar que la situación actual y la evolución futura de Haití podrían ser mejores que el terrible panorama que se desprende las cifras disponibles.

levemente, al 1% y al 2,1% respectivamente (en vez de 0,66% y 1,4%, valores «imposibles» reportados actualmente y que posiblemente est n subestimados), el ingreso medio del primer y segundo decil en 2100 sería \$1,20 y \$2,70 por día; la prevalencia de pobreza (línea de \$2,50) estaría entre 10% y 16% (todo el decil inferior y parte del segundo) y la subalimentación alrededor del 7-12%. Esta hipótesis de crecimiento económico es modesta, aunque podría resultar difícil de alcanzar en Haití, cuyos antecedentes recientes no son alentadores (su economía viene creciendo a razón de 1,79% anual, con un producto per cápita decreciente).

Haití es el país más pobre de América Latina. En cualquier otro país el resultado final sería superior al de Haití aun cuando el crecimiento sea modesto y la desigualdad persista o incluso empeore. Otros países con subalimentación relativamente alta en la actualidad, pero muy inferior a la de Haití, como algunos países centroamericanos, o Bolivia, evolucionarían de manera mucho más positiva, pues sus niveles actuales de subalimentación (20-25%) son la mitad de los de Haití, y sus niveles de ingreso per cápita muy superiores. Los dos siguientes países más pobres, Guatemala y Nicaragua, tienen ingresos per cápita equivalentes al doble y el triple de Haití y con un mejor récord histórico; acabarían el siglo prácticamente sin subalimentación, aun en el peor de nuestros supuestos. Esos tres países solo representan el 4% de la población total de América Latina; el resto de los países, donde vive el 96% de la población, varía entre \$4100 (Honduras y Bolivia) y \$13 000 (Argentina) en 2007, y tienen niveles de subalimentación más bajos, de modo que sus perspectivas son mucho mejores.

En definitiva:

- (i) Las proyecciones de producción agrícola de América Latina y el Caribe predicen que a fines del siglo actual la región multiplicaría su producción agrícola de 1990-2000 por cuatro o por cinco, y sería una de las regiones exportadoras netas de alimentos aun en los peores escenarios climáticos, económicos y demográficos (Fischer *et al.* 2002b; Mendelsohn 2000).
- (ii) El CC tendría un efecto pequeño (positivo o negativo según los diversos estudios) sobre la producción agrícola proyectada, aun en los peores y menos creíbles escenarios, y solo en la segunda mitad del siglo (Fischer *et al.* 2002a, 2002b, 2007; Tubiello & Rosensweig 2008; Mendelsohn 2000, 2009; Mendelsohn & Dinar 2009).
- (iii) Los niveles de ingreso, aun con modestas tasas de crecimiento económico (inferiores a las históricas y muy inferiores a las requeridas según el IPCC para generar el calentamiento global) y aun suponiendo un empeoramiento del grado actual de desigualdad del ingreso, sugieren que a fines del presente siglo la región de todas maneras tendría niveles bajos y en general desde nables de pobreza y de subalimentación, aun en las zonas más desfavorables como el Caribe (incluyendo Haití), América Central y los países andinos (incluyendo Bolivia).
- (iv) A fines del siglo actual es muy probable que prácticamente la totalidad (más del 95%) de la población de América Latina tenga disponibilidad alimentaria más que suficiente, y acceso físico y económico a alimentos nutritivos, adecuados para llevar una vida sana y activa, como lo requiere la definición internacionalmente aceptada de seguridad alimentaria. La prevalencia de subalimentación sería muy baja y no significativa, aun en países donde hay ahora una prevalencia más elevada e inclusive con hipótesis muy pesimistas sobre crecimiento económico, desigualdad de ingresos, y magnitud del CC.

6. Algunos temas en discusión

6.1. Población

La población futura supuesta en los escenarios del IPCC, basada en datos de los años noventa, ahora se sabe que es exagerada. La ONU viene previendo niveles cada vez más bajos de población futura, tendencia que probablemente continuará en años próximos. La previsión de la Variante Media para la población latinoamericana de 2050 ha bajado sostenidamente, desde unos 900 millones en los años noventa, a 806 millones en la revisión de 2000 y a 729 millones en la revisión de 2008; es probable que siga bajando. Lo mismo ocurre en las Variantes Baja y Alta. Las tres variantes de la Revisión 2008 son significativamente inferiores a la correspondiente variante en los escenarios SRES.

Las propias proyecciones de población de la ONU, a su vez, también tienden a sobreestimar el crecimiento demográfico futuro: suponen que la fecundidad convergería en las próximas décadas a un valor uniforme en todos los países. En la Variante Media se suponía que convergería al nivel de reemplazo (alrededor de 2,1 hijos por mujer) hasta la Revisión 2004, y a un valor de 1,85 en las Revisiones 2006 y 2008. La evidencia empírica muestra que la fecundidad no se comporta de esa forma. Varía en su nivel y su tendencia según el nivel de desarrollo de los países. Desciende al aumentar del ingreso per cápita, pero no se estabiliza en 2,10 o en 1,85 sino que sigue bajando hasta alcanzar 1,2-1,5 hijos por mujer en países con ingresos medio-altos o altos, para aumentar luego levemente en países con niveles de desarrollo muy altos, alcanzados hoy solo por un puñado de países con ingresos de por lo menos \$45 000 PPP por persona y con un índice de desarrollo humano superior a 0,92 (Myrskilä *et al.* 2009; Goldstein *et al.* 2009; M&M 2011). Estas tendencias reducirían aún más las proyecciones de población.

Las primeras publicaciones sobre la próxima revisión de los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (IPCC 2008) indican un cambio importante: los nuevos escenarios no implicarán ninguna hipótesis demográfica o económica, sino solo una determinada trayectoria de crecimiento de las emisiones de gases con efecto invernadero. Dicho resultado podría originarse en diferentes combinaciones de crecimiento demográfico y económico, y con diferentes tecnologías. Esto permitirá analizar los impactos con tasas demográficas más realistas, ya que los escenarios no supondrán ninguna. Este enfoque también implica, retrospectivamente, que es legítimo analizar el CC de los escenarios SRES usando otras proyecciones demográficas.

6.2. El Niño

Se han expresado temores de que el calentamiento global haga que los episodios de El Niño tengan mayor frecuencia y/o mayor intensidad, o que se llegue a un estado de «El Niño permanente» en la Oscilación Meridional del Niño (ENSO, por sus iniciales en inglés). Estos temores hasta ahora no tienen fundamento científico. El IPCC (2007a: 779) concluye: «No hay indicaciones claras en este momento de que habría cambios en la amplitud de El Niño en el futuro», y más aún: «No hay indicaciones consistentes en este momento de algún cambio discernible en el futuro de ENSO, ni en amplitud ni en frecuencia».

El calentamiento global derivado de los GHG difícilmente pase de dos o tres veces la concentración de gases de invernadero que había en la era preindustrial; el aumento llegaría a menos de cuatro veces el nivel preindustrial aun en los escenarios más apocalípticos. Uno de los principales equipos de investigación sobre este tema simuló el comportamiento de El Niño con concentraciones crecientes de CO₂, hasta llegar a más de diez veces el nivel de referencia, y aun así no emergió un Niño persistente o más intenso (Guilyardi *et al.* 2009 y Guilyardi 2006). El ciclo del Niño presenta amplias variaciones interanuales en frecuencia e intensidad, e incluso estas variaciones reconocen ciclos de largo plazo (variaciones multidecadales), y no se advierte que esos rangos de variación vayan a cambiar. Hasta ahora la época registrada con un ENSO más intenso y frecuente fue 1885-1915.

6.3. Los glaciares andinos

Uno de los procesos que se han considerado más alarmantes, y ligado al calentamiento global, es el derretimiento de glaciares, sobre todo aquellos en zonas tropicales y subtropicales (70% de los cuales están en el Perú, y otra proporción importante en Ecuador y Bolivia, aparte de algunos en Asia y África). Lo primero en este tema es comprender cómo funciona un sistema de glaciares o nevados.

Cada año la montaña donde hay un glaciar recibe una cantidad de agua en forma de lluvia o nieve. Una parte de esa agua cae sobre la parte más alta y queda congelada en el glaciar, por las bajas temperaturas reinantes a gran altura, aunque gran parte de la lluvia cae sobre otras zonas de la montaña donde no hay condiciones para su congelación. A medida que se acumula hielo, la fuerza de gravedad hace que una parte de este se vaya deslizando hacia alturas menores, siempre que la forma de las rocas lo permita. Además, en cada altitud existen fluctuaciones estacionales de temperatura: ciertas alturas donde el agua se congela en invierno quedan sin hielo en verano. En altitudes menores el agua no llega a congelarse, y a alturas muy elevadas nunca llega a derretirse. La altitud más baja del hielo en el verano, promediada sobre varios años, es la altitud de la línea de equilibrio (*equilibrium line altitude*, o ELA). Una parte de la masa de hielo, sobre todo la que queda debajo de esa altura crítica, pasa anualmente al estado líquido. Una parte de esa agua de deshielo corre por la superficie hacia abajo, otra parte se evapora y el resto se infiltra en la montaña, quizá para reaparecer más abajo en alguna vertiente. La masa de agua de lluvia o nieve que anualmente se congela puede ser mayor o menor que la del agua que se deshela por año. En un glaciar en equilibrio, cuyo tamaño promedio es estable (sin tendencia), el agua que va cayendo sobre el glaciar y se acumula en forma de hielo se compensa (en promedio) con la que se deshela para evaporarse o fluir hacia altitudes más bajas.

Si en una región hay cambios de largo plazo en la temperatura y/o la precipitación, el equilibrio de los glaciares (si existía) tenderá a alterarse. Una menor precipitación inducirá una menor formación de hielo. Una mayor temperatura hará subir la ELA e inducirá un mayor derretimiento. Esto no necesariamente conduce a un encogimiento del glaciar: si varían a la vez tanto la precipitación como la temperatura, podría ocurrir que el glaciar siga en equilibrio, se reduzca, o aumente su tamaño. El CC produce mayor temperatura y mayor precipitación (en el promedio mundial). En los Andes la precipitación tenderá a *aumentar*, según el IPCC; más precisamente, aumentará sobre todo en la época lluviosa,

y sufrirá pequeños cambios marginales durante la época seca (positivos o negativos según la zona, pero irrelevantes por su escasa magnitud). Es posible que en las zonas más altas la masa de hielo *auge* con la mayor precipitación causada por el CC, aunque en zonas más bajas se *reduzca* el área con hielo por la mayor temperatura reinante.

Una difundida creencia popular es que «el agua viene de los glaciares», y por lo tanto «sin glaciares no habría agua». Esa creencia es *falsa*. El agua no viene de los glaciares, sino de la lluvia. El glaciar es un «reservorio natural» que retiene parte de la lluvia en forma de hielo, tal como un lago o una represa la retienen en estado líquido. Hay muchísimas montañas cuya altura no permite formar hielo, y sin embargo los valles vecinos reciben anualmente agua proveniente de la lluvia caída sobre la montaña. Aun donde hay hielo, este ocupa una superficie limitada dentro de la cuenca: la mayor parte de la lluvia cae fuera del glaciar y nunca se congela. Si no hay un glaciar ni una represa, y la lluvia está concentrada en una parte del año, es probable que el agua fluya en forma más abundante hacia el valle durante la temporada más lluviosa, y que no fluya tanto en la estación más seca. Por ejemplo muchos ríos de la costa peruana son estacionales: traen agua en la época lluviosa y no en la época seca. En esos casos, solo las represas construidas por el hombre pueden regular el flujo estacional de agua en el cauce inferior.

En los glaciares de latitudes templadas (como los Alpes, el Himalaya, los Andes argentino-chilenos centrales o patagónicos, o las montañas de Norteamérica) los otoños e inviernos suelen ser lluviosos o nivosos, y las primaveras y veranos (en general) más secos. La nieve y el hielo se forman principalmente durante el otoño e invierno y se van descongelando durante la época de crecimiento y maduración de los cultivos en primavera y verano. En los glaciares andinos de Perú y Bolivia, en cambio, la lluvia cae *durante el verano* (noviembre-abril) y la estación más seca coincide con el invierno. Así la temporada de mayor derretimiento estacional coincide con la de mayor precipitación, y la temporada de mayor formación potencial de hielo (el invierno) coincide con la temporada en que no cae lluvia (y por lo tanto no se puede formar nuevo hielo). El hielo se forma en la lluviosa época estival solo en altitudes muy elevadas, donde hay congelación todo el año, pero una gran parte de la lluvia no cae sobre esa pequeña área situada a grandes alturas, y fluye hacia abajo en estado líquido (o se evapora). En esa misma época estival se produce el mayor deshielo. La mayor escorrentía causada por la lluvia y el deshielo ocurre así en la época de crecimiento de los cultivos (noviembre-abril), *con glaciares o sin ellos*, y la falta de agua (debido a la poca lluvia y menor deshielo, por ser invierno y estación seca) ocurre en los meses en que mayormente no está creciendo ningún cultivo andino (mayo-octubre).

Los glaciares andinos en general se están encogiendo. Su línea de equilibrio está retrocediendo hacia arriba. En picos de menor altura, el glaciar puede desaparecer cuando la ELA llega a situarse por encima de la altura máxima de la montaña. Esto sucede sobre todo en cumbres de los Andes tropicales con menos de 4000-4500 metros sobre el nivel del mar. El reciente calentamiento global antropogénico puede haber contribuido al encogimiento de glaciares en los Andes, pero no es la única causa ni mucho menos. La investigación científica integrada de muchos glaciares, desde Colombia hasta Bolivia y el norte de la Argentina, ha mostrado que *esos glaciares se vienen encogiendo desde el siglo 17*. El calentamiento reciente derivado de las emisiones masivas de GHG (segunda mitad del siglo 20) parece haber acelerado el encogimiento o regresión de los glaciares,

pero ni siquiera parece que esa aceleración haya sido muy notable. Cuidadosas reconstrucciones recientes usando varios métodos coincidentes han mostrado que la máxima extensión glacial (MEG) en el último milenio fue alcanzada alrededor de 1700. Desde entonces prevalece una tendencia a la deglaciación, aunque con algunos avances transitorios de los glaciares en diferentes fechas. En total, la ELA ascendió unos 300 m desde la MEG (Jomelli *et al.* 2009, que es la más amplia y reciente revisión de la evidencia; también Rabatel, Francou *et al.* 2008; Rabatel, Machaca *et al.* 2006; Rabatel, Jomelli *et al.* 2005; Solomina, Haeberli *et al.* 2008; Jomelli, Argollo *et al.* 2008; Solomina *et al.* 2007; Solomina *et al.* 2009). Estos estudios han usado principalmente la liquenometr a (basada en la antigüedad de los líquenes debajo del hielo) y el análisis de las morenas (bordes pedregosos de los glaciares cuando llegan hasta un cierto perímetro). Esos estudios muestran varios avances del hielo desde el año 1100 hasta 1630-1730, y un retroceso generalizado desde entonces. La Figura 3 sintetiza la evolución de la línea de equilibrio de los más altos glaciares andinos desde 1600.

Usando complementariamente otros datos, los autores estiman que «la máxima extensión glacial, definida como la máxima extensión hacia abajo registrada sincrónicamente por la mayoría de los glaciares, ocurrió hacia 1630-1680 en Bolivia y Perú (los *trópicos exteriores*) y hacia 1730 en Ecuador, Colombia y Venezuela» (Jomelli *et al.* 2009). Según los estudios de estos grupos de investigadores, la ELA estuvo en altitud similar o mayor a la actual en el anterior período cálido, ocurrido en la Edad Media, durante el surgimiento y ascenso del Imperio incaico. La variación en la segunda mitad del siglo pasado es algo más acelerada en promedio, sobre todo en Bolivia, pero no es sustancialmente distinta de la que venía ocurriendo desde antes de 1700. Este retiro del hielo, unos 300-350 m en 250-350 años (unos 100 m por siglo) no ha producido grandes o perceptibles cambios en el régimen hídrico de la agricultura andina. Si algún efecto ha habido debe haber sido beneficioso para la agricultura: cuando un glaciar est  encogiéndose libera más agua que la recibida por precipitación; durante estos últimos 250-350 años debe haber aumentado la disponibilidad de agua por deshielo (suponiendo igual precipitación). Sin embargo, ese flujo no es muy significativo: la contribución total de la deglaciación andina (no patagónica) al aumento del nivel del mar ha sido nula en el último medio siglo, a diferencia del fuerte aporte de glaciares del  rtico, Alaska, Patagonia Sur y Asia, y a pesar de la acelerada deglaciación andina en ese período (IPCC 2007a, Fig. 4.15(b), <<http://www.ipcc.ch/graphics/ar4wg1/jpg/fig-4-15.jpg>>). Esto se debe sobre todo al hecho de que los glaciares andinos son en general muy pequeños en comparación con los existentes en latitudes más alejadas de los trópicos.

Parte del agua proveniente del encogimiento de glaciares no fluye hacia abajo ni se evapora, pues puede quedar retenida en alguna depresión natural de la montaña, formando un lago o laguna proglacial. Estos lagos operan como reservorios de agua, igual que los glaciares o los diques construidos por el hombre, y sirven también para regular el flujo de agua, ya que a medida que se van llenando una parte del agua desborda y fluye valle abajo. El problema con los lagos proglaciales es que sus bordes a veces son precarios: se pueden romper por la presión del agua, por temblores de tierra o por otras causas, y producir avalanchas de agua y rocas que pueden ser muy dañinas. Para prevenir estos peligros, muchos lagos proglaciales han sido reforzados o contenidos por construcciones humanas. Hay unos 35 lagos en que se han hecho obras defensivas de ese tipo solo en la Cordillera Blanca del Perú (cf. The Mountain Institute, <<http://www.mountain.org>>), aparte de otros situados en otras regiones de

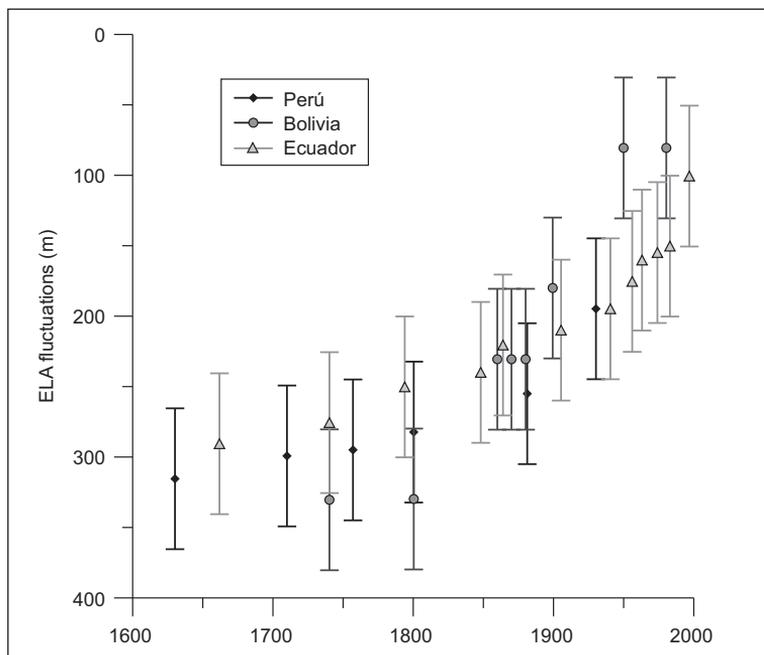


Figura 3. Cambios en la altitud de la línea de equilibrio (ELA) de los más altos glaciares andinos, 1600-2000 (en metros por debajo de la ELA promedio de 1991-2004). Cada línea vertical muestra el rango de variación (en cada fecha) entre diversos glaciares considerados, situados a diversas altitudes en cada país. Fuente: Jomelli et al. 2009.

los Andes y en otras partes del mundo. Si la deglaciación andina continúa, lo cual es probable, será conveniente continuar construyendo represas para regular mejor el riego, sobre todo pequeños sistemas de irrigación de los valles interandinos, y seguir reforzando lagos proglaciales para evitar posibles rupturas. Algunos lagos proglaciales reforzados pueden también servir para regular el riego aguas abajo. El tema es importante, pero sin el carácter catastrófico e inminente que se le suele atribuir.

6.4. Cambio climático en zonas frías y templadas

El CC puede traer consecuencias negativas para la agricultura, sobre todo en algunas zonas tropicales semiáridas del planeta, donde la mayor temperatura (sin más lluvia) causaría desertificación o impediría el crecimiento de ciertos cultivos. El efecto de un calentamiento moderado (1-2°C) podría ser positivo aun en zonas cálidas, pero en esas zonas un calentamiento mayor (3-4°C) podría tener efectos negativos. La mayor parte de los estudios sobre el tema enfatizan precisamente estos posibles efectos negativos, que solo se producirían hacia el final del presente siglo cuando el gradual calentamiento alcance niveles más altos. Pero no hay dudas de que el CC implica también aspectos benéficos en las zonas frías y templadas; es decir en latitudes o altitudes elevadas, donde la principal limitante agrícola es el frío. El aumento de temperatura habilita para el cultivo y eleva la productividad de las tierras más frías, al extender el período libre de heladas. También puede haber

efecto benéfico de la mayor precipitación, sobre todo si la zona era árida o semiárida. En algunas zonas frías o de gran altitud el aumento de temperatura puede ir acompañado de menor precipitación (por ejemplo en el extremo sur patagónico), lo cual moderaría el impacto benéfico de la mayor temperatura (también en zonas más bajas o cálidas la mayor lluvia puede compensar los problemas causados por una mayor temperatura). En otras zonas el CC puede causar mayor precipitación.

En el caso de América Latina, ya en las últimas décadas las isotermas de las llanuras argentinas se han ido corriendo levemente hacia el sur, y asimismo (por mayor evaporación en el Atlántico sur) las isohietas se han ido corriendo hacia el Oeste (PNUMA 2006: 46-47). Como resultado, alrededor de 10 millones de Has se han convertido en cultivables, y la fertilidad general de todas las áreas ha aumentado. Algunas zonas se hicieron más proclives a inundaciones invernales, por lo cual ya desde la década de 1980 hubo que realizar obras masivas de drenaje en la cuenca del Río Salado (que atraviesa la región pampeana unos 200 km al sur de la ciudad de Buenos Aires), incluso en la cuenca alta que antes era relativamente seca. La parte occidental y más seca de la región pampeana, que hace cuarenta años se dedicaba a ganadería extensiva de baja productividad, está ahora cultivada en gran escala, ya sea con granos o con pasturas. Se ha extendido el área de viabilidad de cultivos hacia el oeste y hasta el borde de la árida meseta patagónica, y han mejorado las condiciones climáticas en las zonas ya cultivadas.

En la región andina, el CC hará subir la temperatura en todas las altitudes. Entre 2500 y 7000 m la temperatura de la atmósfera baja alrededor de 1°C por cada 100-150 m de altitud. Un calentamiento del orden de 2-3°C haría subir en unos 200-400 m el límite superior de la zona apta para cualquier cultivo. En particular, la parte de la puna con altitud de 3700-4000 m tenía hace unos 30-50 años un régimen de heladas que afectaba todo el año, con algunas incluso en el período más cálido (enero-febrero), por lo cual resultaba muy difícil cualquier cultivo. El aumento ya registrado de precipitación y temperatura ha tornado viables para cultivo algunas partes de la puna, sobre todo en Bolivia donde las limitaciones eran más severas. Como resultado se han extendido los pastos cultivados, así como tubérculos, cereales y quinua, en altitudes antes no cultivables. Esto es muy importante, pues en esa franja de altitud hay varios millones de hectáreas de terreno plano cuya principal limitación agrícola era la temperatura demasiado fría, en especial la posibilidad de algunas heladas de verano. La habilitación de tierras de cultivo en las punas andinas posiblemente continuará a medida que progrese el CC, lo que puede aumentar sustancialmente la productividad de esas tierras para cultivos como para ganadería. La receptividad ganadera de esas tierras está determinada por la cantidad de pasto natural en el peor momento (septiembre-octubre, antes de las lluvias); el aumento previsto de temperatura y precipitación posiblemente implique mayor disponibilidad de forraje (natural o cultivado) en ese período, lo cual permitiría aumentos importantes en la receptividad y productividad ganadera de toda la puna.

6.5. *Agricultura campesina*

Una de las frecuentes preocupaciones en torno al CC (y en particular su relación con la seguridad alimentaria) son sus implicaciones para la agricultura campesina de subsistencia. Si el CC impide a los campesinos continuar produciendo sus alimentos de autoconsumo, dice este argumento, su seguridad

alimentaria se vería amenazada. Pero esta cuestión está mal planteada desde varios puntos de vista (véase un análisis más extenso en M&M 2011).

6.5.1. El mercado y la alimentación campesina

En las últimas décadas del siglo pasado y con más razón en el actual, la mayor parte de los alimentos consumidos por las familias de pequeños productores pasa por el mercado, como ya ocurría tres o cuatro décadas atrás (por ejemplo en el Perú: cf. Maletta 1978, 1979). Ya en los años setenta en el Perú, con la Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos de 1972, se podía comprobar que más de dos tercios de los alimentos consumidos en el área rural de la sierra sur peruana eran comprados en el mercado, y mucho más en la sierra central y norte. La inmensa mayoría de las familias campesinas (es decir, que manejaban alguna tierra agrícola o poseían algún ganado) no podían ni remotamente vivir de lo que producían, ya que tenían muy poca tierra: según el Censo Agropecuario de 1972 casi una tercera parte de las explotaciones tenía menos de media hectárea, y la inmensa mayoría tenía menos de 2 Ha, de las cuales solo una parte era cultivable, y poseían muy pocos animales o ninguno. Había cerca de 1,4 millón de explotaciones conducidas por personas físicas (Censo Agropecuario), pero solo 987 000 individuos eran (como ocupación principal) productores agropecuarios (Censo de Población), y aún así muchos de esos individuos (o los demás miembros de su hogar) tenían también otras ocupaciones complementarias.

Esa incapacidad para el autosustento se ha ido acentuando. La relación de los campesinos andinos con el mercado es cada vez más intensa. La mayoría vende fuerza de trabajo o productos en el mercado, o tiene ocupaciones no agrícolas, y por ello el autoconsumo representa una proporción muy baja (y decreciente) de su alimentación y de sus ingresos y gastos totales. Lo que ocurría en los años setenta ocurre en forma mucho más aguda y mayoritaria en 2010; sin duda ello continuará acentuándose en el futuro, pues los hogares campesinos que (en número decreciente) existirán durante este siglo están (y estarán) cada vez más integrados al mercado. Por ejemplo, según la Encuesta Nacional de Hogares Rurales del Perú (ENAHO) de 2006, los hogares rurales en el quintil más bajo de ingreso rural per cápita obtienen 60% de sus ingresos en fuentes ajenas a su finca (incluyendo salarios y ocupaciones por cuenta propia); el autoconsumo representa solo 17% del total de ingreso familiar en la sierra rural, una proporción muy inferior a esa en el total del ingreso rural del país, y una proporción ínfima del ingreso nacional (microdatos de ENAHO 2006 suministrados por INEI, www.inei.gob.pe).

Lo mismo ocurre en otros países de América Latina. Un reciente estudio sobre México decía lo siguiente:

El campo mexicano [...] alberga sobre todo a campesinos empobrecidos, parcialmente dedicados a la agricultura, pero que se ven en la necesidad de vender su fuerza de trabajo y dependen de apoyos gubernamentales y de las remesas de sus familiares migrantes para sobrevivir. En este sentido, la agricultura no es más un centro de reproducción social y económica, sino más bien un 'espacio de refugio' y de referencia identitaria. Asistimos, pues, a una reformulación del concepto de campesino, ya que, para subsistir, el productor requiere de ingresos monetarios obtenidos por complejos procesos migratorios temporales, que provocan una clara división entre la comunidad como lugar de reproducción social o familiar y el lugar de trabajo, distante a centenas o miles de kilómetros, como lugar de reproducción económica (Marañón y Fritscher 2004: 206).

Este proceso, atribuido por los autores al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC, o NAFTA, por sus siglas en inglés), era en realidad visible desde mucho antes, como se ve en estudios anteriores a ese acuerdo (CDIA 1974; CEPAL 1982; SARH-CEPAL 1992; De Janvry *et al.* 1995a y 1995b) aunque fue sin duda acelerado por NAFTA. Los campesinos mexicanos, como otros en la región, obtienen su sustento mucho más en el mercado que en sus fincas. A comienzos de los años noventa, solo las fincas extremadamente marginales (<1 Ha), que representaban 13% del área de maíz y 10% de su producción, destinaban 70% del maíz al autoconsumo. Para un 61% de las familias (todas las que tenían menos de 1,5 Ha por adulto, o que tenían más tierra pero eran compradoras netas de maíz, la finca representaba menos del 30% del ingreso familiar, y los salarios y remesas alcanzaban un 61% (De Janvry *et al.* 1995a). Según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) de 2006 (INEGI 2007) el autoconsumo representaba solo el 1,7% del ingreso de los hogares rurales.

Al mismo tiempo que baja el autoconsumo también se reduce la malnutrición. La desnutrición crónica (baja talla para la edad) de los niños preescolares mexicanos bajó de 42,6% en 1974 a 33,9% en 1996 (De Onís *et al.* 2000), y decreció a 31,5% en 1999 y 20% en 2006 (INSP 2007: 92). El consumo de energía dietaria por persona en México aumentó de 2400 kcal/día en 1961 a 3100-3200 kcal/día hacia 1980, nivel donde ha permanecido desde entonces, con una proporción muy baja de subalimentación (5% o menos) en la población total. Hay procesos similares en los Andes y en otras áreas de alta densidad campesina en América Latina, como el Nordeste brasileño, donde ha habido enormes progresos en materia de hambre y pobreza (Neri 2007), pero que no analizamos en detalle en aras de la brevedad.

6.5.2. La declinación de la población rural

Aparte de estos cambios cualitativos en la economía del campesinado y en el origen de sus alimentos, su peso absoluto y relativo en la población está decayendo rápidamente debido a la urbanización y las transformaciones de la economía agraria. Como se ha visto antes, la población total crece a tasas decrecientes, y la ONU (aun con hipótesis muy optimistas) prevé que empiece a declinar alrededor de la mitad del siglo actual. Al mismo tiempo, decrece la importancia relativa de la población rural en el total de población, decrece la población rural en términos absolutos, y dentro de ella decrece a su vez la importancia relativa del campesinado de subsistencia.

Con una población de 521 millones en 2000, según la Variante Media de la ONU, América Latina crecería hasta 729 millones en 2050, y comenzaría a decrecer, llegando a 2100 con unos 525 millones; en la Variante Baja el descenso empezaría antes, y llegaría a una cifra aun más pequeña en 2100 (la Variante Alta puede tener solo interés teórico, pues difiere diametralmente de las tendencias observadas).

A su vez la proporción de población *rural* (Figura 4) cae rápidamente: el porcentaje rural de la región era de 58,6% en 1950, 38,9% en 1975, 24,7% en 2000 y 20,6% en 2010. La ONU proyecta 16,5% rural en 2025 y 11,3% en 2050. La extrapolación a 2100 augura una población rural entre 6,9% y 10,6% del total (M&M 2011, sección 6.2), según se adopten diferentes tasas de decrecimiento rural en 2050-2100 (la más baja parece más probable, pues de otro modo el porcentaje rural debería permanecer constante durante esos cincuenta años). Porcentajes inferiores a 10% ya han sido alcanzados o sobre-

pasados (hacia abajo) en algunos países como Venezuela, Argentina, Uruguay o Chile, y los alcanzará Brasil hacia 2015. Esta estimación de la población rural de América Latina y el Caribe en 2100, derivada de las proyecciones de la ONU hasta 2050, extrapoladas a 2100, coincide estrechamente con proyecciones independientes como la de Jiang & O'Neill (2009), según las cuales la región tendría al final del siglo un 91% de población urbana.

Además del porcentaje decreciente, la población rural ya está *decreciendo en términos absolutos* desde hace años en la región en su conjunto, y en varios países (Argentina, Chile, Uruguay Brasil, Venezuela, México, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Panamá y otros); en otros países aún crece, aunque lentamente y a tasas declinantes, y se espera que comience a decrecer también allí en los años próximos. Los últimos países en que la población rural pasaría a decrecer, según la Revisión 2009 de las proyecciones de urbanización de la ONU, serían Honduras (2025) y Guatemala (2030). En 2010 los países donde decrece representan más del 90% de la población total de la región. La población rural de toda la región alcanzó un máximo de 130 millones en 1985-1990, y comenzó a decrecer (Figura 5); es de 122 millones en 2010; sería de 81 millones en 2050 y de 38-56 millones en 2100.

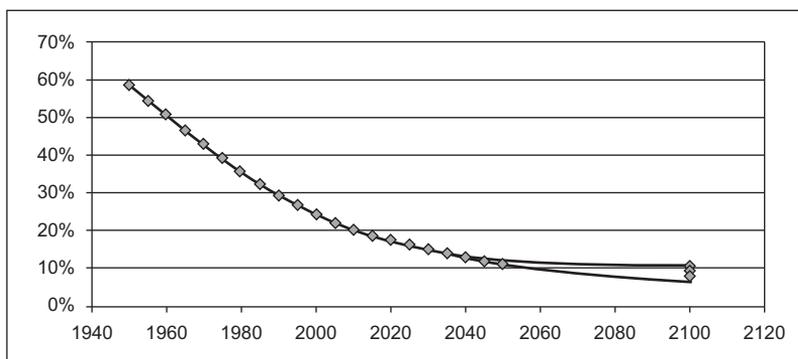
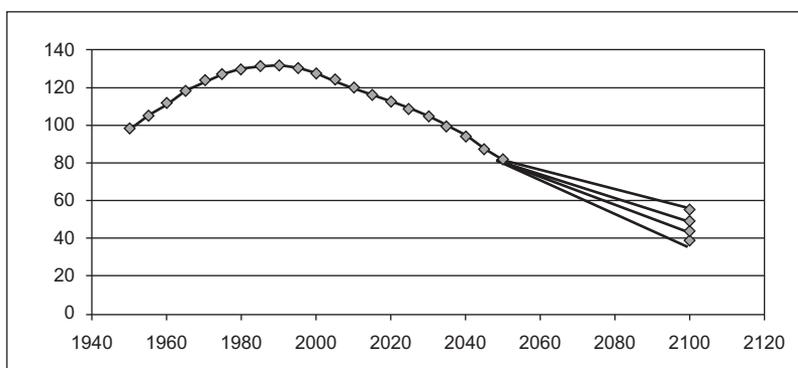


Figura 4. Porcentaje de población rural en América Latina y el Caribe, 1950-2100. Datos y proyecciones de la ONU (UN 2009c) hasta 2050, extrapoladas hasta 2100 bajo varias hipótesis (-0,75% a -1,50% anual)



**Figura 5. Población rural de América Latina y el Caribe, 1950-2100 (en millones). Datos y proyecciones de la ONU (UN 2009c) hasta 2050, extrapoladas hasta 2100 bajo varias hipótesis de decrecimiento rural promedio en 2050-2100 (-0,75% a -1,50% anual)
Basado en la Variante Media de las proyecciones de población total (UN 2009a, 2009b).**

Para 2050 la ONU proyecta así un 11% de población rural en ALC (y 17% en el Perú). La ONU estima también que la población rural de ALC acelerará su disminución anual hasta 2050, pasando de $-0,65\%$ anual en 2005-2010 a $-0,98\%$ (2030-2035), a $-1,15\%$ (2035-2040), a $-1,31\%$ (2040-2045) y a $-1,47\%$ anual (2045-2050). La Figura 5 incluye un rango de estimaciones para el período 2050-2100, basadas en tasas anuales medias para ese período que varían desde $-0,75\%$ hasta $-1,50\%$ por año. Dado que la tasa anual ya era de $-1,47\%$ en 2045-2050, las tasas hipotéticas para la segunda mitad del siglo implican alguna desaceleración del despoblamiento rural en ese período, cuando la población total también estará decreciendo. Si esa desaceleración no ocurriese, la tasa anual media en 2050-2100 sería más rápida que $-1,50\%$, y en consecuencia el porcentaje rural de 2100 sería aún más bajo.

6.5.3. La declinación de la economía campesina

Las familias campesinas (operacionalmente identificadas como hogares censales donde al menos una persona está ocupada como trabajador independiente en la agricultura, sin emplear personal asalariado) representan una fracción decreciente de la declinante población rural, y una fracción pequeña y minoritaria del total de hogares o del total del empleo.

En el Perú de 1972, sobre un total de 1,2 millones de hogares rurales, había 987 300 (un 82%) con un productor agrícola por cuenta propia sin asalariados a su cargo (Maletta 1978, 1979, datos del Censo de Población de 1972). En cambio en 2007 solo 885 190 hogares rurales (un 54,5% del total de hogares rurales) albergaban un productor de esas características (Censo de 2007, www.inei.gob.pe). No solo ha bajado el porcentaje sino que el número absoluto de esos productores ha caído pese a que el número de hogares rurales ha aumentado considerablemente, de 1,2 millones en 1972 a 1,6 millones en 2007 (aunque su tamaño bajó de 5 a 4 personas por hogar). Se espera que la reducción en el peso relativo de los pequeños productores ocurrida en las últimas décadas continúe en los próximos decenios. Las proyecciones de la ONU prevén en Perú un porcentaje rural que bajaría de 23% en 2010 a 12,5% en 2050; ello implica que como máximo (si siguen representando 54,5% de los hogares rurales como en 2007, lo cual es improbable) solo un 6-7% de los hogares totales del Perú en 2050 incluirían agricultores por cuenta propia. Ese porcentaje bajaría aún más en la segunda mitad del siglo, al final de la cual habría en el Perú menos de un 10% de población rural (probablemente alrededor de 8%). Si los hogares con pequeños productores en 2100 todavía equivaliesen al 54,5% de los hogares rurales, como en 2007, ese tipo de hogares representaría como máximo un 4%-5% del total de hogares del país. El porcentaje efectivo será probablemente menor, pues los hogares rurales con pequeños productores tenderían a representar un porcentaje inferior al 54,5% registrado en 2007, tal como este era muy inferior al 82% de 1972. Tendencias similares se observan en casi todos los países latinoamericanos, entre ellos México, Brasil, Ecuador, Bolivia, Colombia, y otros. Al mismo tiempo, las fincas campesinas tienden a generar solo una parte pequeña y decreciente de la producción agrícola total, inclusive de alimentos básicos.

Las tendencias observadas sugieren, por lo tanto, que a fines del presente siglo habría 6-10% de población rural en América Latina (8% en Perú); solo 3% a 5% de la población total de América Latina (y también en el Perú) pertenecerá entonces a hogares clasificables como «campesinos», medidos con el indicador usado más arriba (hogares con algún productor agrícola por cuenta

propia) u otros similares. El resto estará en su mayoría fuera de la agricultura y en zonas urbanas, como ahora están en gran mayoría los sobrevivientes y descendientes de los miembros de hogares campesinos de 1900 o de 1950.¹⁹ Aun cuando todos los hogares campesinos estén entonces en el decil inferior de ingresos (lo cual es altamente improbable pues tampoco ocurre actualmente), su nivel de ingreso y la educación de sus miembros serán, con toda probabilidad, significativamente superiores a los que ostentan los campesinos actuales; su nivel de subalimentación será muy bajo; su producción agrícola estará aún más orientada hacia el mercado; la casi totalidad de su consumo alimentario provendrá del mercado, si bien conservarán probablemente una pequeña producción hogareña de autoconsumo como lo hace la población rural en todo el mundo, incluso en los países más desarrollados. Las mismas tendencias sugieren que solo una pequeña fracción de los descendientes de los campesinos actuales serán pequeños productores agropecuarios en 2100. La población ocupada en la agricultura también decrecería fuertemente, tendiendo a los muy bajos porcentajes de los actuales países capitalistas desarrollados, y con una composición en la que prevalecerían los productores comerciales y el personal asalariado. Esto ya está ocurriendo, a creciente velocidad, desde hace décadas; ya se han alcanzado cifras de ese orden en varios países latinoamericanos, y todo indica que la tendencia continuará, incluso si el progreso económico avanzase a tasas muy inferiores a las del pasado. Es difícil encontrar un conjunto plausible de supuestos económicos, demográficos o climáticos acordes con tendencias observables o previstas, que no conduzcan a ese tipo de resultado. Ese proceso de urbanización y crecimiento económico es, por otra parte, una precondition para que haya CC (los escenarios SRES suponen tasas de crecimiento económico aún más elevadas).

Dado que nuestras hipótesis han sido en general muy conservadoras, es probable que la intensidad, velocidad y extensión de estas transformaciones sean mayores y más rápidas que las previstas aquí. En otras palabras: sean cuales fueren los efectos del CC, en 2050 o 2100 no habrá muchos campesinos de subsistencia cuyo autoconsumo pueda ser afectado, positiva o negativamente, por los cambios del clima. La agricultura seguirá probablemente su curso de las últimas décadas, hacia un predominio creciente de la agricultura comercial (grande, mediana o pequeña), basada en trabajo asalariado o familiar con productividad creciente y un importante aumento del capital por hectárea. La mayor parte de los descendientes de las actuales familias campesinas vivirá en zonas urbanas, como lo hace actualmente la mayoría de los descendientes de los agricultores de 1900 o de 1950. La alimentación de los habitantes rurales será cubierta como ya lo es para la mayoría de ellos: obteniendo ingresos monetarios y comprando comida en el mercado; no dependerá mayormente

¹⁹ En 1950 la población rural de ALC era de 98,8 millones, de los cuales probablemente un 90% (90 millones) pertenecían a hogares con pequeños agricultores (algunos de ellos, en esa época, todavía sometidos a relaciones de servidumbre). Los sobrevivientes y descendientes de dicha población rural (a las tasas observadas de crecimiento demográfico) serían 362 millones en 2010, y los sobrevivientes y descendientes de los campesinos 326 millones. La población rural en 2010 es de 120 millones, con no más de un 60%, es decir 72 millones como máximo, perteneciente a hogares de pequeños productores agrícolas. Esto significa que la población rural de 2010 equivale al 33% de los sobrevivientes y descendientes de la población rural de 1950, y la clase campesina de 2010 es equivalente como máximo al 22% de los sobrevivientes y descendientes de los miembros de hogares de pequeños productores existentes en 1950.

del autoconsumo de su propia producción alimentaria. El efecto porcentual del CC sobre la producción agropecuaria (evaluado con modelos ricardianos o integrados) sería pequeño, y representaría una muy pequeña proporción de la producción total y per cápita, que (aun en las peores hipótesis) sería mucho mayor que la actual.

6.6. Incertidumbre y debate sobre las previsiones del IPCC

En este artículo se toman como dato las previsiones climáticas del IPCC (2007), dejando de lado las incertidumbres y debates que las afectan. Pese a haber bastante consenso sobre la existencia y el origen al menos parcialmente antropogénico del calentamiento global, hay incertidumbre y debate sobre los detalles, y sobre la transparencia e imparcialidad del IPCC. El sistema de consultas y revisiones usado en el IPCC para la elaboración de sus informes debería reducir los sesgos, pero aun así subsisten cuestionamientos.²⁰ Las políticas climáticas son un tema de alto contenido político, con fuertes divergencias ideológicas, que se reflejan en juicios sobre la base científica del CC, desde los que niegan la existencia de CC antropogénico hasta los que auguran una catástrofe planetaria inminente; y también hay incertidumbre y debate en el plano científico. Este artículo no entra en esos debates científicos e ideológicos, pero se debe tener en cuenta que los informes del IPCC, sobre todo los del Grupo II sobre impactos y adaptación, pueden contener algunos sesgos (IAC 2010), dado el carácter altamente político de la cuestión climática y los problemas existentes en el funcionamiento interno del IPCC. Es inevitable que haya errores en informes tan complejos, pero llama la atención que la casi totalidad de los errores y sesgos detectados en los informes del IPCC tienden a incrementar la magnitud y los efectos negativos del CC; no sería extraño que algunas estimaciones se revisen en años venideros. Dado que el IPCC es un organismo intergubernamental, la influencia política puede infiltrarse si es que no hay suficientes recaudos para evitarlo. Las reformas propuestas por el IAC tienden a corregir esos problemas, aunque no está claro si tendrán efecto antes de publicarse el próximo informe del IPCC en 2013-2014.

²⁰ El mandato del IPCC consiste en presentar la evidencia científica en forma balanceada y sin promover determinadas políticas, pero han surgido sospechas de que ha tratado de sobreemfatizar la gravedad del proceso de cambio climático, y de inclinar la balanza a favor de algunas opciones de política en detrimento de la presentación imparcial de las incertidumbres y debates científicos subsistentes (Tol 2007, Holland 2007, Montford 2010). En 2010 la ONU encargó al Consejo Inter-Académico (que agrupa a las academias nacionales de ciencias del mundo entero) una revisión independiente de los protocolos y métodos del IPCC para hacerlo más neutral y transparente. Sus conclusiones (IAC 2010) fueron bastante severas; recomiendan una profunda reforma del IPCC. Según el IAC los informes del Grupo de Trabajo II (Impactos y Adaptación) son muy cuestionables, en el Grupo I ha faltado transparencia y se ha instrumentado la presentación de los resultados —sobre todo en el Resumen para Responsables de Políticas incluido en el Informe de Síntesis (IPCC 2008a), subestimando la incertidumbre de las predicciones y exagerando los pronósticos negativos. También indican que se ha descuidado relativamente la importancia de la adaptación, concentrando el análisis de políticas en aquellas que apuntan a la mitigación.

La agricultura latinoamericana en su conjunto, y particularmente la agricultura campesina tradicional, incluso la de la sierra peruana con todas sus dificultades (Caballero 1981), no se verá dañada catastróficamente por el CC, ni mucho menos. Seguirá en cambio afectada por los procesos de transformación que vienen operando desde hace décadas; probablemente hacia fines del presente siglo el sector agrícola dé empleo solo a una pequeña minoría (con ingresos más altos que en la actualidad) como ya ocurre en varios países. La agricultura empresarial o comercial (de escala grande o pequeña) probablemente seguirá aumentando su participación (ya mayoritaria) en la producción agropecuaria total. Las posibles alteraciones en la estacionalidad del flujo de agua en algunas cuencas andinas donde se produzca una fuerte reducción o desaparición de glaciares requerirán continuar el proceso de reforzamiento de lagos proglaciales en previsión de posibles rupturas y avalanchas; por lo mismo, y sobre todo para mejorar la agricultura, será necesario continuar con la construcción o mejora de pequeños o medianos sistemas de riego, con fuerte aumento de su eficiencia, en los Andes, el Nordeste brasileño, centro y norte de México, Centroamérica y otras regiones.

El período más difícil para los grupos rurales más vulnerables (aunque no en virtud del CC) serán las próximas dos o tres décadas, cuando los ingresos seguirán siendo bajos, la población rural todavía será una proporción significativa de la población total, y la pobreza extrema (con sus consecuencias nutricionales y alimentarias) seguirá siendo importante en varios países. En ese período será esencial aplicar políticas adecuadas que incluyan:

- Políticas para pequeños productores de subsistencia: mejoramiento del manejo de aguas y suelos; adaptación de mejores variedades de cultivos y ganado, ajustados al clima y a las zonas o nichos agroecológicos; mejoramiento del acceso a mercados; promoción de la diversificación de los medios de vida de los campesinos; mejoramiento del capital humano y la capacitación técnica de las familias campesinas, entre otras políticas relacionadas.
- Políticas de reducción de la pobreza y mejora del acceso a los alimentos: promoción del crecimiento económico; promoción de una mejor distribución de la riqueza y el ingreso, especialmente a través de políticas que garanticen un ingreso ciudadano universal, así como la universalización de la seguridad social mínima y las transferencias a los hogares condicionadas a la salud y escolarización de los niños; implementación de programas focalizados para los sectores más vulnerables.
- Políticas para fomentar la agricultura comercial, sobre todo la pequeña y mediana: desarrollo de sistemas de seguros y reducción de riesgo en el agro; fomento estatal de la investigación agrícola y la asistencia técnica; promoción de la organización de productores pequeños o medianos, especialmente para el manejo de recursos y para el acceso a mercados; desarrollo de sistemas de alerta temprana y de información agrícola; eliminación de sesgos antiagrícolas en el esquema de precios relativos, la tributación y otros aspectos de política económica.
- Políticas para limitar o reducir emisiones de GHG desde el sector agropecuario, incluyendo el fomento de sistemas integrados y mixtos combinando cultivos, ganado y forestería; producción de energía basada en biomasa

y otros sistemas sostenibles con baja emisión de carbono; reducir la deforestación y las emisiones por uso de leña y carbón vegetal, difundiendo otros combustibles hogareños (como el gas natural) en zonas rurales; manejo sostenible de microcuencas y conservación de suelos; mantener la tendencia creciente de la productividad de la tierra mediante mejoras tecnológicas, minimizando la conversión de tierras con vegetación silvestre en tierras agrícolas.

Hemos debido dejar fuera de este artículo algunos temas importantes que no afectan tan directamente la situación agrícola y alimentaria, como el futuro de la Amazonía (Maletta 2010) o el impacto del CC sobre la biodiversidad o el turismo. Esperemos hacer justicia a esos temas en otros trabajos.

Bibliografía

ALCAMO, Joseph, Petra DÖLL, Th. HENRICH, Frank KASPAR, Bernhard LEHNER, Thomas RÖSCH & Stefan SIEBERT

2003a «Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability». *Hydrological Sciences Journal*, 48(3): 317-337.

2003b «Global estimates of water withdrawals and availability under current and future business-as-usual conditions». *Hydrological Sciences Journal*, 48(3): 339-348.

CABALLERO, José María

1981 *La economía agraria de la sierra peruana*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.

CDIA - CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

1974 *Estructura agraria y desarrollo agrícola en México*. S. Reyes Osorio y R. Stavenhagen (eds.). México, DF: CDIA y Fondo de Cultura Económica.

CEPAL

1982 *Economía campesina y agricultura empresarial: tipología de productores del agro mexicano*. Santiago de Chile: CEPAL y Ed. Siglo 21.

2009a *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.

2009b *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2008-2009*. Santiago de Chile: CEPAL.

2010 *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2009-2010*. Santiago de Chile: CEPAL.

CHURCH, John & Neil WHITE

2006 «A 20th century acceleration in global sea-level rise». *Geophysical Research Letters*, 33: L01602.

CLINE, William R.

2007 *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, DC: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.

2008 «Global warming and agriculture». *Finance & Development*, 45(1): 23-27.

DE JANVRY, Alain, M. CHIRIBOGA, H. COLMENARES, A. HINTERMEISTER, G. HOWE, R.

IRIGOYEN, A. MONARES, F. RELLO, E. SADOULET, J. SECCO, T. v. d. PUJIM & y S. VARESE

1995a *Reformas del sector agrícola y el campesinado en México*. San José (Costa Rica): FIDA e IICA.

- DE JANVRY, Alain, Elizabeth SADOULET & Benjamin DAVIS
1995b «NAFTA's Impact on Mexico: Rural Household-Level Effects». *American Journal of Agricultural Economics*, 77(5): 1283-1291.
- DE ONÍS, Mercedes, Edward A. FRONGILLO & Monika BLÖSSNER
2000 «Is malnutrition declining? An analysis of changes in levels of child malnutrition since 1980». *Bulletin of the World Health Organization*, 78(10): 1222-1233.
- DÖLL, Petra
2002 «Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective». *Climatic Change*, 54: 269-293.
- DÖLL, Petra & Stefan SIEBERT
2001 «Global modeling of irrigation water requirements». *Water Resources Research*, 8(4): 1029-1035.
- FAO
1999– *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo* (SOFI). Publicación anual desde 1999. Roma. <http://www.fao.org/publications/sofi/index_es.htm>.
2003 *Measurement and assessment of food deprivation and undernutrition*. Proceedings – International Scientific Symposium – Rome, 26-28 June 2002. Roma. <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4250e/y4250e00.pdf>>.
2004 *Human Energy Requirements*. FAO, Roma. <ftp://ftp.fao.org/es/esn/nutrition/energy_report_final.pdf>.
2008 *FAO methodology for the measurement of food deprivation: Updating the minimum dietary energy requirements*. Roma. <http://www.fao.org/faostat/foodsecurity/Files/undernourishment_methodology.pdf>.
2009 *How to feed the world in 2050*. Proceedings of an Expert Meeting (Rome, FAO Headquarters, 24-26 June 2009). <<http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/es/>>. Documentación detallada disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/012/ak542e/ak542e00.htm>>.
- FISCHER, Günther
2009 «World Food and Agriculture to 2030/50: How do climate change and bioenergy alter the long-term outlook for food, agriculture and resource availability?». En FAO 2009. <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak972e/ak972e00.pdf>>.
- FISCHER, Günther, Mahendra SHAH y Harrij VAN VELTHUIZEN
2002a *Climate change and agricultural vulnerability*. A special report, prepared by the IIASA as a contribution to the World Summit on Sustainable Development. Laxenburg, Austria: IIASA.
- FISCHER, Günther, Harrij VAN VELTHUIZEN; Mahendra SHAH y Freddy O. NACHTERGAELE
2002b «Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century: methodology and results». IIASA RR-02-02. Laxenburg, Austria: IIASA.
- FISCHER, Günther, Mahendra SHAH, Francesco N. TUBIELLO y Harrij VAN VELTHUIZEN
2005 «Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990–2080». *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Series B, 360: 2067-2083.
- FISCHER, Günther, Francesco N. TUBIELLO, Harrij VAN VELTHUIZEN y David A. WIBERG
2007 «Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990-2080». *Technological Forecasting & Social Change*, 74: 1083-1107. <http://pubs.giss.nasa.gov/abstracts/2007/Fischer_etal.html>.
- FISCHER, Günther, Eva HIZSNYIK, Sylvia PRIELER, Mahendra SHAH y Harrij VAN VELTHUIZEN
2009 *Biofuels and food security*. Laxenburg, Austria: IIASA. <http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC>.

- GOLDSTEIN, Joshua R., Tomáš SOBOTKA y Aiva JASILIONIENE
2009 «The end of lowest-low fertility?». *Population and Development Review*, 35(4): 663-699.
- GUILYARDI, Eric
2006 «El Niño-mean state-seasonal cycle interactions in a multi-model ensemble. *Climate Dynamics*, 26: 329-348.
- GUILYARDI, Eric, A. WITTENBERG, A. FEDOROV, M. COLLINS, C. WANG, A. CAPOTONDI, G. J. v. OLDENBORGH y T. STOCKDALE
2009 «Understanding El Niño in ocean-atmosphere general circulation models: Progress and challenges». *Bulletin of the American Meteorological Society* 90: 325-340. <<http://www.met.rdg.ac.uk/~ericg/publications.html>>.
- HOLLAND, David
2007 «Bias and concealment in the IPCC process: The “hockey-stick” affair and its implications». *Energy and Environment*, 18(7-8): 951-983. <[http://homepages.tesco.net/~kate-and-david/2007/Holland\(2007\).pdf](http://homepages.tesco.net/~kate-and-david/2007/Holland(2007).pdf)>.
- IAC – INTER ACADEMY COUNCIL
2010 «Climate Change Assessments: Review of the Processes and Procedures of the IPCC0148». Coordinador de la revisión: Harold Shapiro. Disponible en: <<http://reviewipcc.interacademycouncil.net/report.html>>.
- INEGI - INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (México)
2007 *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2006*. México, DF: INEGI.
- INSP - INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA (México)
2007 *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006*. Cuernavaca, México: INSP, Secretaría de Salud.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
2000a *Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Nebojsa Nakicenović y Rob Swart (eds.). Cambridge (UK): Cambridge University Press. <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/>>.
2000b *Escenarios de emisiones: Resumen para responsables de políticas. Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC*. Ginebra: IPCC. <<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>>.
2007a *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK): Cambridge University Press. <<http://www.ipcc.ch/>>.
2007b *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. <<http://www.ipcc.ch/>>.
2007c *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK): Cambridge University Press. <<http://www.ipcc.ch/>>.
2008a *Cambio climático 2007 – Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: IPCC. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf>.

- 2008b *Climate change and water – A Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Bryson Bates, Zbigniew W. Kundzewicz, Shaohong Wu y Jean Palutikof (editores). Ginebra: IPCC. <<http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>>.
- 2008c *Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts, and response strategies*. Informe de una reunión de expertos (Noordwijkerhout, Holanda, 19-21 Septiembre 2007). Ginebra: IPCC. <<http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/expert-meeting-report-scenarios.pdf>>.
- JIANG, Leiwen & Brian C. O'NEILL
- 2009 «Household projections for rural and urban areas of major regions of the world». Interim Report IR-09-026. IIASA, Laxenburg (Austria). <<http://www.iiasa.ac.at>>.
- JOMELLI, Vincent, Delphine GRANCHER, Philippe NAVEAU, Daniel COOLEY & Daniel BRUNSTEIN
- 2005 «Assessment study of lichenometric methods for dating surfaces». *Geomorphology*, 86: 131-143.
- JOMELLI, Vincent, Vincent FAVIER, Antoine RABATEL, Daniel BRUNSTEIN, Georg HOFFMANN & Bernard FRANCOU
- 2009 «Fluctuations of glaciers in the tropical Andes over the last millennium and palaeoclimatic implications: A review». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, doi:10.1016/j.palaeo.2008.10.033.
- JOMELLI, Vincent, J. ARGOLLO, D. BRUNSTEIN, V. FAVIER, G. HOFFMANN, Marie-Pierre LEDRU, J. E. SICART
- 2008 «Multiproxy analysis of climate variability for the last millennium in the tropical Andes». En L. Peretz (ed.). *Climate Change Research Progress*. Hauppauge, Nueva York: Nova Science Publishers, pp. 127-160.
- MALETTA, Héctor
- 1978 «Perú ¿país campesino? Aspectos cuantitativos de su mundo rural». *Análisis* N° 6. Lima, Perú.
- 1979 «El discreto encanto del campesinado: Réplica a Aramburú». *Análisis* N° 8-9. Lima, Perú.
- 2000a «Irrigation in Brazil: Overview and policies». Instituto de Investigación en Ciencias Sociales, Universidad del Salvador, Buenos Aires. Basado en la contribución del autor a la Evaluación del Sector Agropecuario de Brasil, 1998, preparada por encargo del BID.
- 2000b «Irrigation study: Contributions from the Latin American experience». Estudio regional para la Comisión Mundial sobre Grandes Represas. En WCD 2000.
- 2001 «Recent Latin American developments in irrigation». Instituto de Investigación en Ciencias Sociales, Universidad del Salvador, Buenos Aires. <<http://ssrn.com/abstract=347680>>.
- 2004 «Tendencias mundiales de la seguridad alimentaria». *Debate Agrario*, 37: 109-160. CEPES, Lima, Perú. <<http://www.cepes.org.pe/debate/debate37/debate.htm>, y también <http://ssrn.com/abstract=603081>>.
- 2010 «Facts and debates on the future of the Amazon forest». *Parcerias Estratégicas* N° 30. CGEE, Brasília, Brasil. <<http://cgee.org.br/parcerias/>>. Disponible también en <<http://ssrn.com/abstract=1509603>>.
- MALETTA, Héctor & Rosario GÓMEZ
- 1984 «Agricultura, alimentación y comercio exterior en el Perú: el problema de la autosuficiencia». *Apuntes – Revista de Ciencias Sociales*, 14: 39-78. Lima: Universidad del Pacífico.

- M&M (Héctor MALETTA & Emiliano MALETTA)
 2011 *Climate Change, Agriculture and Food Security in Latin America and the Caribbean*. En prensa. Brentwood, Essex: Multi-Science Publishing.
- MARAÑÓN, Boris & Magda FRITSCHER
 2004 «La agricultura mexicana y el TLC: El desencanto neoliberal». *Debate Agrario*, 37: 183-210. Lima: Cepes. <<http://www.cepes.org.pe/debate/debate37/debate.htm>>.
- MENDELSON, Robert
 2000 «Measuring the effect of climate change on developing-country agriculture». En *Two essays on climate change and agriculture - A developing country perspective*. FAO Economic and Social Development Papers No. 145. Roma: FAO. <<http://www.fao.org/docrep/003/x8044e/x8044e00.htm>>.
 2009 «The impact of climate change on agriculture in developing countries». *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1): 5-19.
- MENDELSON, Robert & Ariel DINAR
 2009 *Climate Change and Agriculture: An Economic Analysis of Global Impacts, Adaptation and Distributional Effects*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- MONTFORD, Andrew W.
 2009 *The Hockey Stick Illusion: Climategate and the Corruption of Science*. Londres: Stacey International.
- MYRSKYLÄ, Mikko, Hans-Peter KOHLER & Francesco C. BILLARI
 2009 «Advances in development reverse fertility declines». *Nature*, 460: 741. <[http://www.ccpr.ucla.edu/Seminars/Seminar Papers/Kohler-advances in development.pdf](http://www.ccpr.ucla.edu/Seminars/Seminar%20Papers/Kohler-advances%20in%20development.pdf)>.
- NELSON, G. C., M. W. ROSEGRANT, J. KOO, R. ROBERTSON, T. SULSER, T. ZHU, C. RINGLER, S. MSANGI, A. PALAZZO, M. BATKA, M. MAGALHÃES, R. VALMONTE-SANTOS, M. EWING & D. LEE
 2009 *Climate Change: Impact on agriculture and costs of adaptation*. Washington, DC: IFPRI.
- NERI, Marcelo C.
 2007 «Poverty, Inequality and Income Policies: Lula's Real». *Ensaio Econômicos Series N° 662*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas. <<http://virtualbib.fgv.br/dspace/handle/123456789/698>>.
- PNUMA – PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE
 2006 *El cambio climático en América Latina y el Caribe*. <<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc16604/doc16604-3a.pdf>>.
- RABATEL, Antoine, Vincent JOMELLI, Philippe NAVEAU, Bernard FRANCOU & Delphine GRANCHER
 2005 «Dating of Little Ice Age glacier fluctuations in the tropical Andes: Charquini glaciers, Bolivia, 16°S». *Comptes Rendus Geosciences*, 337(15): 1311-1322. doi:10.1016/j.crte.2005.07.009.
- RABATEL, Antoine, Abraham MACHACA, Bernard FRANCOU & Vincent JOMELLI
 2006 «Glacier recession on Cerro Charquimi (16°S), Bolivia, since the maximum of the Little Ice Age (17th Century)». *Journal of Glaciology*, 52(176): 110-118.
- RABATEL, Antoine, Bernard FRANCOU, Vincent JOMELLI, Philippe NAVEAU & Delphine GRANCHER
 2008 «A chronology of the Little Ice Age in the tropical Andes of Bolivia (16°S) and its implications for climate reconstruction». *Quaternary Research*, 70(2): 198-212.

SALA-I-MARTIN, Xavier

2006 «The World Distribution of Income». *The Quarterly Journal of Economics*, 121(2): 351-397.

SARH-CEPAL

1992 *Primer informe nacional sobre tipología de productores del sector social*. México, DF: Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos de México y CEPAL.

SCHMIDHUBER, Josef & Francesco N. TUBIELLO

2007 «Global food security under climate change». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: 19703-19708.

SHEN, Yanjun, Taikan OKI, Nobuyuki UTSUMI, Shinjiro KANAE & Naota HANASAKI

2008 «Projection of future world water resources under SRES scenarios: water withdrawal». *Hydrological Sciences Journal*, 53(1): 11-33.

SOLOMINA, Olga, Vincent JOMELLI, Georg KASER, Alcides AMES, Bernhard BERGER & Bernard POUYAUD

2007 «Lichenometry in the Cordillera Blanca, Peru: “Little Ice Age” moraine chronology». *Global and Planetary Change*, 59(1-4): 225-235.

SOLOMINA, Olga, W. HAEBERLI, C. KULL & G. WILES

2008 «Historical and Holocene glacier–climate variations: General concepts and overview». *Global and Planetary Change*, 60: 1-9.

SOLOMINA, Olga, Vincent JOMELLI, Georg KASER, Alcides AMES & Bernard POUYAUD

2009 «Little Ice Age moraines in the Cordillera Blanca: lichenometric data replication». *Global and Planetary Change*.

SVEDBERG, Peter

1991 *Poverty and undernourishment in Sub-Saharan Africa: Theory, evidence, policy*. Monograph No. 19. Stockholm University, Institute for International Economic Studies.

2001 *Undernutrition overestimated*. Seminar Paper No. 93. Stockholm University, Institute for International Economic Studies.

TOL, Richard S.J.

2007 «Biased Policy Advice from the Intergovernmental Panel on Climate Change». *Energy & Environment*, 18 (7+8): 929-936.

TUBIELLO, Francesco N. & Günther FISCHER

2007 «Reducing climate change impacts on agriculture: Global and regional effects of mitigation, 2000-2080». *Technological Forecasting & Social Change*, 74(7): 1030-1056.

TUBIELLO, Francesco N. & Cynthia ROSENZWEIG

2008 «Developing climate change impact metrics for agriculture». *The Integrated Assessment Journal*, 8(1).

UN – UNITED NATIONS

2009a *World Population Prospects - The 2008 Revision – Highlights*. Nueva York: United Nations. <http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2008/wpp2008_highlights.pdf>.

2009b *World Population Prospects: The 2008 Revision online database*. <<http://esa.un.org/unpp>>.

2009c *World Urbanization Prospects: The 2009 Revision population database*. <<http://esa.un.org/wup2009/unup>>.

WB – WORLD BANK

2009 *World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography*.
Washington, DC: The World Bank.

WCD – WORLD COMMISSION ON DAMS

2000 *Dams and Development: A New Framework for Decision-Making - The Report of the World Commission on Dams*. Londres: James & James.