

Cambio climático y su impacto en la agricultura

Climate change and its impact on agriculture

AUTORES



Jorge Rubiano

CPWF BFP Andes Coordinator,
Department of Geography, King's
College London, Strand,
London, WC2R 2LS
jerubiano@gmail.com

Mark Mulligan

Reader in Geography, Department
of Geography, King's College
London, Strand, London, WC2R
2LS and Senior Fellow,
UNEP-WCMC

Palabras CLAVE

Cambio climático, agricultura,
Andes, productividad,
fuentes de agua, MGC

Climate change, agriculture, Andes,
productivity, water sources, MGC

Resumen

En este documento se revisa el conocimiento actual sobre el posible cambio climático inducido por el efecto invernadero que deberá enfrentar Latinoamérica. Se enfoca en la diversidad de futuros posibles y en la incertidumbre de proyecciones de probables climas futuros en los niveles regional y local. Aunque las mayores concentraciones de gases de invernadero en la atmósfera conducirán a un clima global más cálido y más húmedo, con la mayor parte del calentamiento en altas latitudes del hemisferio norte, se sabe muy poco acerca de los posibles impactos en las regiones latinoamericanas. Dada esta incertidumbre, ¿cómo se procederá para sostener la agricultura y abordar el cambio para mantener la seguridad alimentaria de la creciente población? Se describen el futuro del clima, de los recursos de agua y de la producción de cultivos, que Latinoamérica -y los Andes en particular- podrían experimentar para el año 2050.

Abstract

This paper reviews current knowledge about the possible greenhouse-induced climate change to be faced by Latin America. It focuses on the diversity of possible futures and the uncertainty in projections of likely future climates at regional and local levels. Although the highest greenhouse gas concentrations in the atmosphere will lead to a warmer and wetter global climate, with most of the warming at high northern latitudes, little is known about possible impacts on Latin America. Given this uncertainty, how do we proceed to sustain agriculture and address the change to maintain food security for the growing population? It describes the future of climate, water resources and crop production that Latin America, and the Andes in particular, may experience by the year 2050.

Introducción

La región de los Andes abarca Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, países tradicionalmente productores de alimentos básicos, por lo general bajo un esquema de agricultura minifundista. Sin embargo, las fuerzas económicas del mercado están empujando a las comunidades campesinas hacia las ciudades, hacia las fronteras agrícolas cerca a los parques nacionales o hacia el mercado laboral de la agricultura industrial.

Los riesgos asociados con la falta de seguridad alimentaria y el aumento en los precios de los alimentos básicos son probablemente más altos que los riesgos generados por el cambio climático.

La población en estos países está enfrentando un crecimiento urbano sin precedentes. En el año 2003 era de 119 millones de habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 1,8% para 1994-2003. Colombia es el país más densamente poblado y representa el 37% de la población total de estos países. La población se duplicó entre 1970 y 2001 y el número de habitantes urbanos aumentó casi tres veces. En 2003 la población urbana representaba el 76% de la población regional total y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP) estima que los habitantes urbanos representarán el 79% de la población total para el año 2015.

La pobreza es un problema importante. En Venezuela, el 23% de la población es tan pobre que sus ingresos no alcanzan ni para comprar alimentos, seguido por Ecuador y Colombia (20% c/u). Una tercera parte de las fuentes renovables de agua del mundo se encuentra en Latinoamérica y el Caribe, y debería satisfacer las necesidades del 90% del total de la población en el área. Sin embargo, 38 millones de habitantes urbanos en los Andes no tienen acceso al suministro de agua potable, especialmente en los cinturones de miseria alrededor de las áreas urbanas. En estas áreas, la escasez de agua potable tiene un gran impacto en los niños, a los que expone a muchas enfermedades como diarrea, fiebre parasítica o hepatitis. La región de los Andes tiene altos índices de mortalidad infantil, con niveles extremos reportados para Bolivia y Ecuador, donde el 20% de los niños menores de 5 años muere de enfermedades gastrointestinales.

Entre el 70 y el 80% de las aguas residuales se canaliza de nuevo hacia el sistema de agua sin tratamiento alguno, y muy poco esfuerzo se ha hecho para proporcionar un tratamiento de aguas adecuado. El tratamiento de aguas residuales llega únicamente hasta el 30% en Bolivia, 11% en Colombia, 5% en Ecuador, 14% en Perú y 10% en Venezuela. Así, la provisión de agua de buena calidad a los centros urbanos es un factor crítico para el desarrollo sostenible y equitativo de los Andes.

Las poblaciones urbanas también requieren cantidades considerables de productos para su sustento. En los países productivos del norte esto generalmente es ilimitado por la disponibilidad de agua y más afectado por riesgos (erosión del suelo, derrumbes) y problemas (enfermedades, baja disponibilidad de nutrientes del suelo) de cultivar en tierras marginales y con pendientes pronunciadas. En los países del sur, especialmente Perú y Bolivia, hay grandes extensiones de tierra que no son adecuadas para la agricultura o la ganadería y únicamente mediante una costosa infraestructura de riego la agricultura es posible. Aún así, el mercado de exportación es visto como más rentable que la producción para los mercados locales.

El cambio climático afectará a todos los países en las próximas décadas, pero los países pobres, densamente poblados y con infraestructuras poco desarrolladas, como los que se encuentran en los Andes, serán particularmente vulnerables a los cambios en la disponibilidad de agua para la agricultura, en productividad y en la calidad del agua disponible para usos urbanos e industriales (incluyendo generación de energía).

Como parte del Programa CGIAR sobre agua y alimentos (www.waterforfood.org), un equipo con la participación de King's College London, CIAT, Condesan y la Universidad Nacional de Colombia, está haciendo un análisis de toda el área andina sobre el estado y tendencia de la disponibilidad y la productividad del agua, y la pobreza, con miras a recomendar los instrumentos, políticas e intervenciones más apropiadas que las instituciones deben llevar a cabo para reducir la pobreza por medio del mejoramiento de la productividad del agua.

La descripción del proyecto se encuentra en www.bfpandes.org y ha desarrollado herramientas de apoyo a la política en www.policysupport.org/links/aguaandes.



El objetivo de BFP Andes es “lograr que las instituciones locales usen la mejor ciencia social disponible en la formulación de políticas sobre tierras y aguas para mejorar la productividad del agua y los medios de subsistencia en los Andes”. Esto involucra abordar por lo menos los siguientes temas sobre el agua:

Instituciones. ¿Están las instituciones usando y compartiendo la mejor información disponible? si no es así ¿por qué?

Distribución óptima. ¿Cuáles son las barreras biofísicas, de conocimiento, de energía o de capital para la distribución óptima del agua?

Sostenibilidad. ¿Qué intervenciones administrativas (suaves/duras) maximizan los beneficios económicos (producción) minimizando la degradación del agua, el suelo y el medio ambiente?

Para el análisis regional, los Andes se definen como áreas contiguas en los países andinos con elevaciones superiores a 500 msnm, como se indica en la Figura 1.

Es claro que esta no es una sola cuenca sino una colección de sub-cuencas con salidas en las costas del Pacífico, Caribe y Atlántico. Es una importante cuenca transnacional, es heterogénea (de muy húmeda a muy árida) con pendientes pronunciadas y conflictos de competencia en el uso de la tierra. Es ambientalmente sensible, altamente urbanizada y con 46,9 millones de habitantes considerados pobres (con ingresos insuficientes para satisfacer las necesidades básicas).

El área agrícola y el uso de fertilizantes se han venido incrementando en toda el área de los Andes desde

los años sesenta, y 40-80% del agua se destina a actividades agrícolas. La generación de energía hídrica es importante y los países cuentan con una compleja legislación sobre el agua. Como en todos los países, el cambio climático tendrá impactos significativos en el futuro.

Métodos

Los análisis sobre el impacto del cambio climático tienden a aplicar escenarios climáticos generados por uno o dos modelos generales de circulación (MGC) de la atmósfera al clima actual como una perturbación, y usan el clima proyectado para analizar posibles impactos en varios sectores. El problema con ese enfoque es que los MGC tienden a concordar con la naturaleza general del cambio para una temperatura en particular, pero con frecuencia discrepan sobre los aspectos específicos del cambio para áreas específicas, especialmente la precipitación. Esto significa que, dependiendo del MGC usado, las proyecciones e impactos obtenidos pueden variar drásticamente.

En esta investigación se intenta superar ese problema en dos formas: primero, se usó una serie de 17 MGC de los escenarios SRES del tercer informe de evaluación (TAR) del IPCC, en particular el escenario A2a que representa el segundo peor escenario del cambio climático para el año 2050, que es más realista, dados los avances logrados hasta ahora en las negociaciones internacionales sobre el cambio climático. Las principales características de la familia de escenarios SRES A2 incluyen el crecimiento económico, en la forma usual, en los países industrializados; un lento crecimiento económico en los países menos industrializados; una desaceleración en la transición demográfica en países menos industrializados dando por resultado un crecimiento continuo de la población, llegando a 14.000 millones para el año 2100; grandes diferencias en prosperidad económica entre y dentro de las regiones; menor apreciación de la prosperidad material y más énfasis en los valores tradicionales. Proyecta emisiones de gases de invernadero ligeramente menores al escenario IS92a anterior, y también cargas de aerosol ligeramente menores, de tal manera que la respuesta de calentamiento difiere muy poco de la del escenario IS92a. Las concentraciones de CO₂ para el año 2050 se estiman en 779 ppmv, más del doble del nivel pre-industrial (1850) de 330 ppmv.

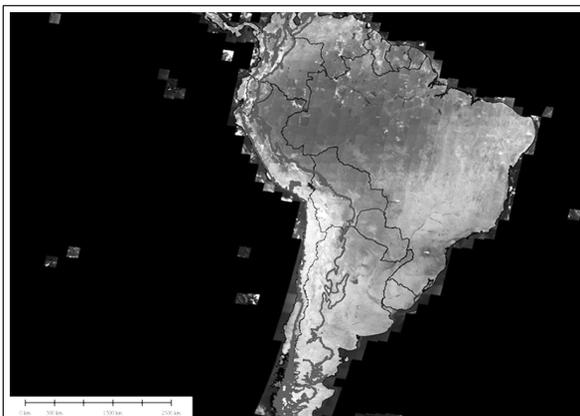


Figura 1. Cuenca y sub-cuencas de los Andes.

El uso de 17 modelos permite establecer la consistencia y las diferencias en las proyecciones de temperatura y precipitación para estos modelos y generar una proyección que es luego usada para modelar las implicaciones para el balance hídrico. La proyección generada se emplea después junto con las actuales mediciones satelitales de productividad agrícola en la región y su relación con el clima actual, para entender las posibles implicaciones del cambio climático en la productividad y en el agua en el futuro.

El segundo enfoque de este trabajo para abordar la incertidumbre del modelo climático es dejar a un lado las proyecciones del MGC y centrarse en la sensibilidad de los escenarios a cualquier forma de clima (y cambios en el uso de la tierra), para entender las áreas posiblemente sensibles a ciertos tipos de cambio, y enfocarse en ellas.

El análisis comenzó con un cuestionario para unos 70 profesionales del agua de siete países andinos. Se hicieron preguntas sobre problemas relacionados con el líquido y el papel que en su manejo cumple la información científica. El 46% de los entrevistados trabajaba en desarrollo, 26 eran científicos, 21 estudiantes y 9% empleados del sector público.

Para el análisis MGC se calcularon anomalías (1950-2000 a 2040-2069) de 17 MGC interpolados y aplicados a WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005 1 km de superficies de clima por Ramirez y Jarvis, 2009). Luego se compararon los promedios de anomalías anuales de temperatura y precipitación para todos los 17 MGC, y para cada pixel se analizaron los mejores y peores escenarios de temperatura y precipitación para ese pixel.

Para las anomalías de temperatura y precipitación se evaluó la incertidumbre o discrepancia del modelo, calculando la desviación estándar en todos los 17 modelos. Luego se realizó un escenario combinado que representa el cambio anual promedio de temperatura y precipitación para los 17 modelos. Para entender mejor los cambios estacionales, se examinó la anomalía promedio de temperatura y precipitación en los 17 modelos. Con base en el promedio de anomalías mensuales aplicado a las superficies de clima actual generadas por WorldClim (temperatura y precipitación), se ejecutó el modelo FIESTA (<http://www.ambiotek.com/fiesta>) para simular los impactos del cambio climático en las fuentes de agua en los Andes.

Esto se repitió para el clima de referencia (WorldClim actual) y la diferencia entre los resultados del modelo para los dos escenarios evaluados.

Por último, se usaron los resultados de la “Productividad global” de Mulligan (2009) para entender mejor la relación entre productividad de materia seca, temperatura y precipitación para los Andes. Durante el período 1998-2008 se recolectaron datos de SPOT-VGT productividad de materia seca (PMS) y la productividad promedio en áreas no forestales (definidas como áreas con menos del 40% de cobertura de árboles, de acuerdo con el producto MODIS-VCF), calculado globalmente por Mulligan (2009). Estos datos se extrajeron para los Andes y el muestreo al azar de 10.000 de los pixeles de 1 km para entender mejor la relación entre PMS, temperatura y precipitación bajo las condiciones actuales. Usando esta información se logró entender mejor los posibles impactos del cambio climático proyectado en la producción de cultivos en los Andes.

Resultados

El cambio climático, sorprendentemente, no fue resaltado como un problema clave identificado por los profesionales del agua. Para el 71% de los encuestados la más alta prioridad para la agricultura en las cuencas andinas fue la erosión del suelo. El 44% de ellos dijo que los efectos de la erosión del suelo en la agricultura deberían ser más considerados en el proceso de toma de decisiones. El 48%, que una reforma institucional sobre el manejo de recursos de agua es importante, y el 66% que la igualdad de acceso al agua es importante. Para el 58% la implementación de pagos por servicios ambientales es una prioridad.

Los diferentes centros climáticos y modelos usados aquí se describen en la Tabla 1 (resultados para Latinoamérica únicamente). Examinando los resultados de los cambios de temperatura, todos los 17 MGC coinciden en el calentamiento en Latinoamérica (Figura 2). Existe algo de coherencia en el patrón de calentamiento para los Andes, pero todos los MGC difieren para otras partes del continente. Tanto la magnitud como el patrón espacial varían considerablemente (para el mismo escenario) entre modelos diferentes.

El análisis de los resultados de precipitación (Figura 3) muestra una discrepancia en la dirección y magnitud

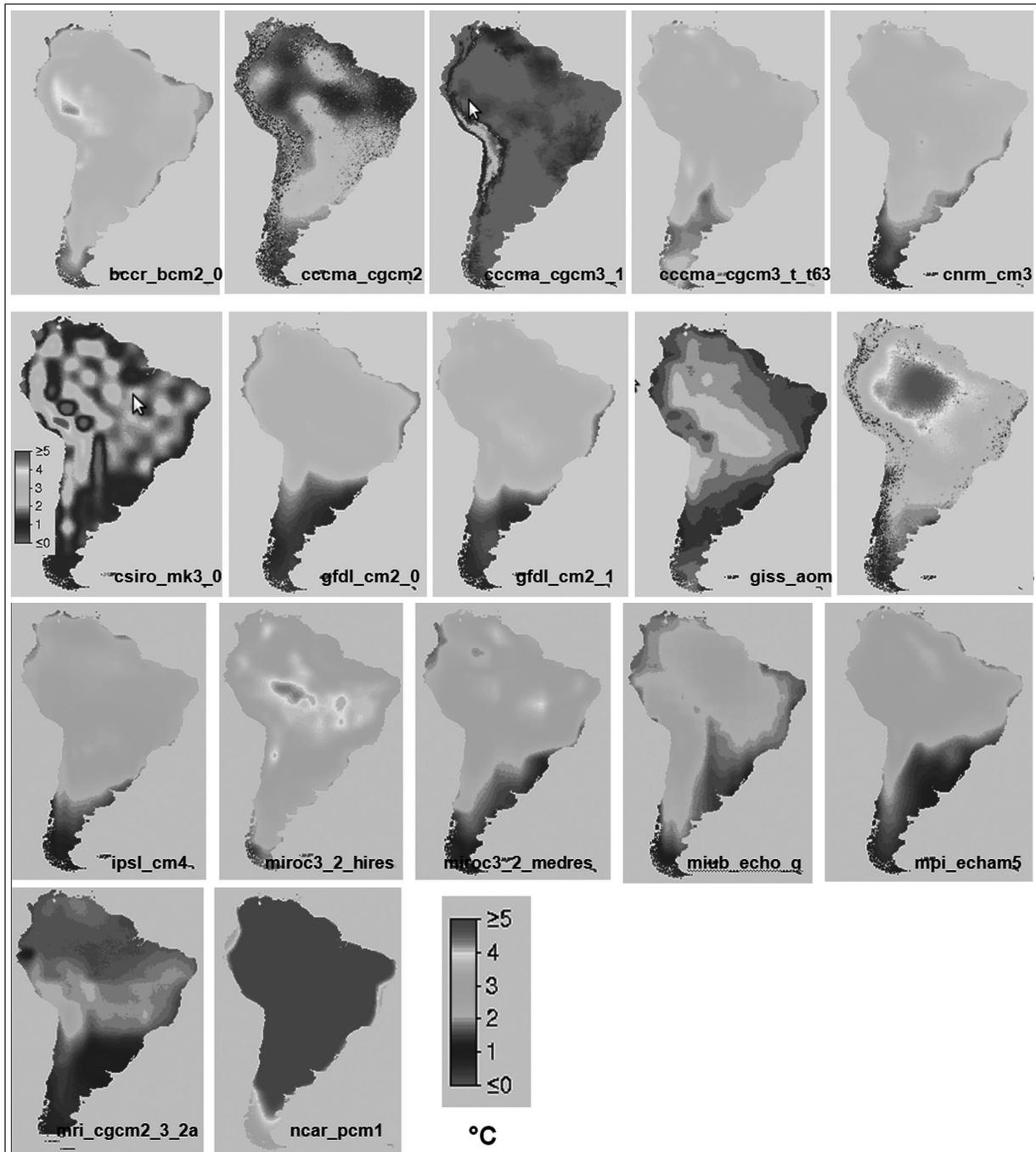


Figura 2. Cambio de temperatura AR4-A2a (1961-90) a 2050 – 17 MGC.

del cambio. Todos los modelos indican humedad en los Andes y muchos modelos indican considerable sequía en partes del norte de Colombia, Venezuela y el Amazonas. La variabilidad entre modelos es muy alta tanto para la temperatura como para la precipitación, pero para la precipitación local y la variación en dirección y magnitud es también evidente.

El promedio de todos los 17 escenarios indica que el menor aumento de temperatura ocurre en la costa ($< 2^{\circ}\text{C}$), en el interior el aumento de temperatura es de aproximadamente 2°C en los Andes, y cerca de 3°C en el Amazonas. Los mayores cambios en precipitación ocurren en los Andes y en la zona occidental en general con aumentos de unos cientos de mm/año en

Tabla 1. Detalles de los mgc utilizados

Centro	Siglas de los centros	Modelo
Bjerknes Centre for Climate Research (Noruega)	BCCR	BCM2.0
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (Canadá)	CCCMA	CGCM3 (T47 resolution)
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (Canadá)	CCCMA	CGCM3 (Resolución T63)
Centre National de Recherches Meteorologiques (Francia)	CNRM	CM3
Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Australia)	CSIRO	Mk3.0
Max-Planck-Institut for Meteorology (Alemania)	MPI-M	ECHAM5-OM
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (E.U.)	GFDL	CM2.0
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (E.U.)	GFDL	CM2.1
Goddard Institute for Space Studies (E.U.)	GISS	AOM
Institut Pierre Simon Laplace (Francia)	IPSL	CM4
National Institute for Environmental Studies (Japón)	NIES	MIROC3.2 hires
National Institute for Environmental Studies (Japón)	NIES	MIROC3.2 medres
Meteorological Research Institute (Japón)	MRI	CGCM2.3.2
National Centre for Atmospheric Research (E.U.)	NCAR	PCM
UK Met. Office Reino Unido	UKMO	HadCM3

el norte de los Andes, el occidente del Amazonas y en los Llanos colombianos, y disminuye unos cientos de mm/año en el sur de los Andes, Escudo de Guyana y Brasil oriental (Figura 4).

Aunque el promedio puede representar el mejor posible escenario (más o menos en un punto medio de todos los escenarios que se tienen), no es necesariamente el escenario que ocurrirá en un punto dado. Se podría considerar el mejor y el peor escenario en un punto en el que el resultado del modelo más extremo ocurre. Aunque estos son escenarios poco probables comparados con el promedio de todos los modelos, representan un futuro posible si el modelo es correcto. Más aún, cuando los investigadores realizan estudios de impacto con un solo modelo, es posible que se use un modelo del peor o el mejor escenario en un punto. Por tanto, la diferencia entre el mejor y el peor escenario en un punto da una indicación del

error potencial en estudios de impacto que utilizan un solo MGC.

La Figura 5 muestra el peor escenario de los 17 modelos. El peor escenario para temperatura se define como el mayor aumento de temperatura. El peor escenario de temperatura es 8 °C en todas partes, menos en las áreas costeras, y es el escudo de Guyana particularmente propenso al calentamiento.

El peor escenario en términos de precipitación (Figura 5) se interpreta como el modelo que muestra la mayor disminución en precipitación. El área de los Andes generalmente muestra un aumento en precipitación, raras veces una disminución, mientras que el peor escenario indica una sequía significativa en la parte nororiental del Amazonas.

La Figura 6 muestra el mejor escenario de todos los 17 modelos. El mejor escenario para temperatura se

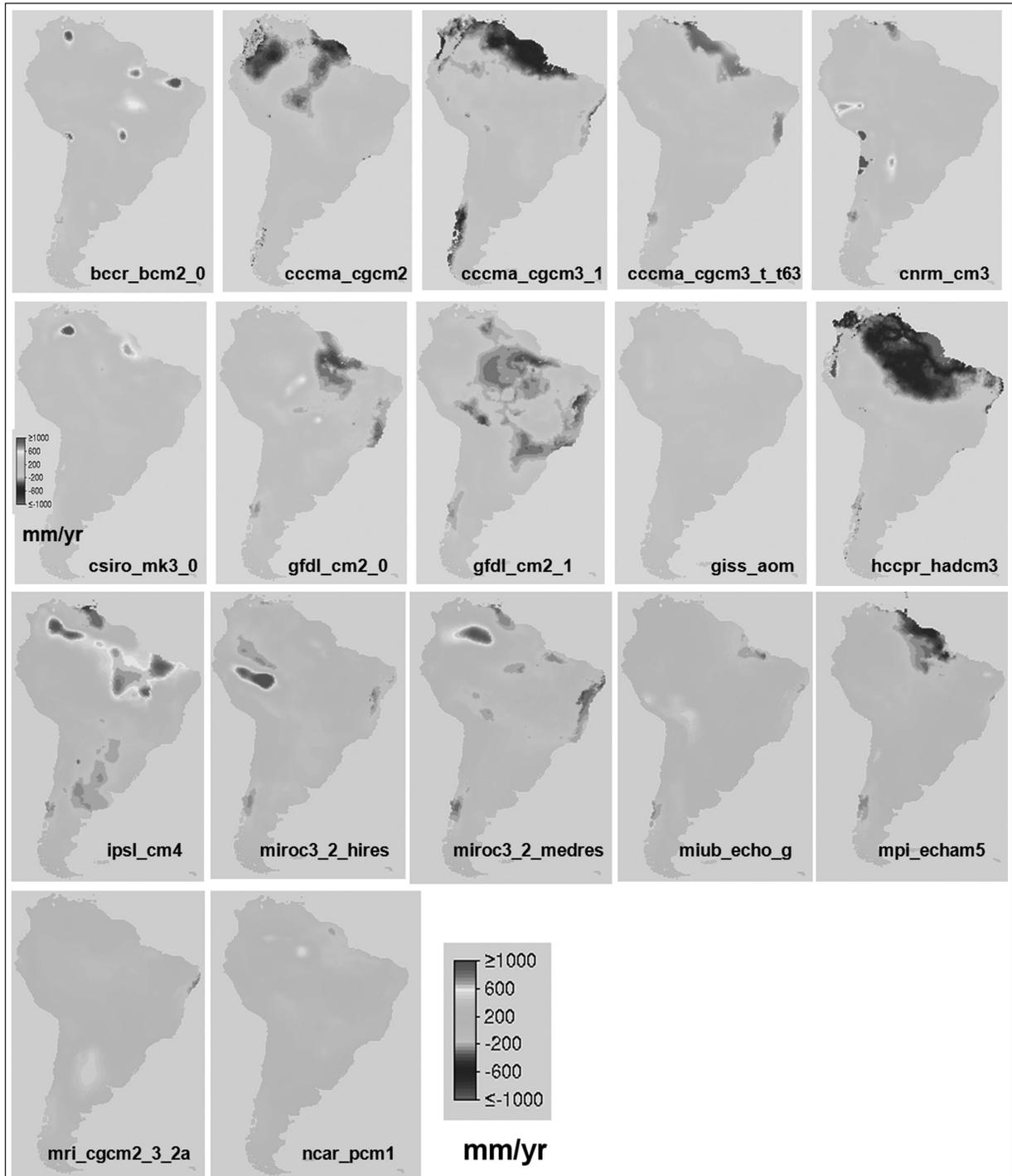


Figura 3. Cambio en precipitación - AR4-A2a (1961-90) a 2050 – 17 MGC.

considera aquel con el menor aumento en temperatura. Para la parte noroccidental del Amazonas, el mejor escenario es muy poco cambio e inclusive un ligero enfriamiento. Para la zona central (seca) de los Andes, aun en el mejor escenario, el calentamiento es de 2 °C.

El mejor escenario para precipitación es aquel donde se presenta el mayor incremento en precipitación. Para la mayoría de las áreas, el mayor incremento es de 200 mm/año, aunque existen algunas áreas en los Andes/Amazonas con aumentos significativos.

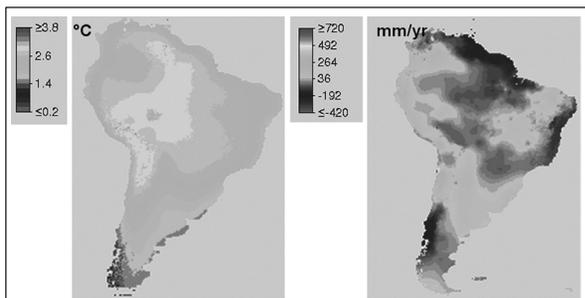


Figura 4. Cambio - AR4 A2a (1961-90) a 2050 – promedio de 17 MGC.

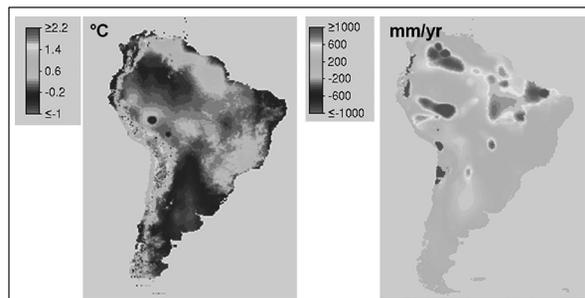


Figura 6. AR4 A2a (1961-90) a 2050s – mejor escenario de 17 MGC en cada píxel.

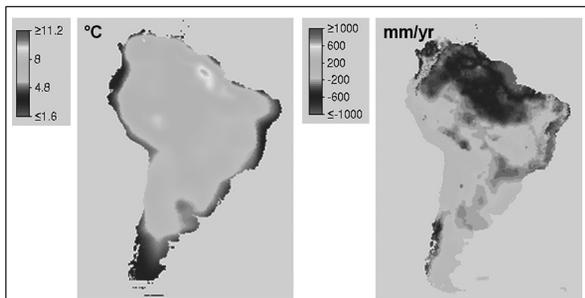


Figura 5. AR4 A2a (1961-90) a 2050s – peor escenario de 17 MGC en cada píxel.

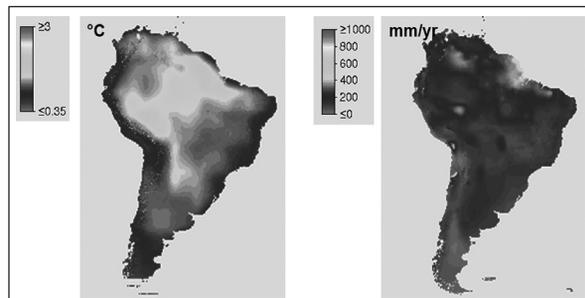


Figura 7. AR4 A2a (1961-90) a 2050s – mejor escenario de 17 MGC en cada píxel.

La diferencia entre los MGC, expresada como la desviación estándar por celda en las proyecciones de temperatura y precipitación es una medida de la incertidumbre en las proyecciones para ese píxel. Los resultados para temperatura (Figura 7) indican baja incertidumbre en temperatura en latitudes altas, cerca a las costas y montañas. Mayor certidumbre (baja variabilidad entre las proyecciones de los modelos) es más evidente en los Andes que en el Amazonas. Para precipitación baja incertidumbre en el sur en el sureste y partes de los Andes y hay mucha mayor incertidumbre en el noreste de Brasil y en los Llanos.

En resumen, existe gran incertidumbre acerca de cómo el clima cambiará en Latinoamérica. Con seguridad será más cálido y más húmedo, pero cada MGC produce un patrón espacial de cambio. El promedio de calentamiento de los 17 modelos es más alto en las tierras bajas y la humedad es más alta en los Andes. El peor escenario es un calentamiento de 6-8 °C a lo largo del continente y una humedad de 200-600 mm/año en el occidente y en el sur, y una reducción de humedad de 600-1000 mm/año en la zona nororiental. El mejor escenario es 2 °C en las zonas altas de los Andes, y un aumento en precipitación de 200 mm/año en todas las zonas. La incertidumbre en el cambio de temperatura es baja en los Andes (los modelos concuerdan) y es mayor en el Amazonas. La incertidumbre en el cambio

de precipitación sigue un patrón complejo, pero es mucho mayor en el norte que en el sur.

El impacto de estos cambios en la agricultura puede ser afectado por la estacionalidad y el promedio de la magnitud anual. Un análisis de la estacionalidad promedio del cambio para temperatura (Figura 8) indica que el cambio de temperatura en las latitudes sur es mucho mayor en los meses de noviembre, diciembre, junio (julio), febrero, mientras que en la región ecuatorial es mucho mayor en los meses de junio, julio agosto y septiembre.

Los resultados para precipitación indican que el cambio en precipitación es mayor y más variable espacialmente en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre, con algunas áreas presentando períodos bastante húmedos y otras períodos secos, especialmente en las tierras bajas. En los Andes ni la temperatura ni la precipitación muestran cambios estacionales fuertes (Figura 9).

El análisis comparativo de la productividad de materia seca (PMS) y la precipitación (WorldClim, Hijmans *et al.*, 2005) para 10.000 puntos en los Andes se muestra en la Figura 10. La relación entre la productividad y la precipitación indica una tendencia lineal entre 0 y 1.000 mm/año pero poco efecto en las áreas más húmedas. Por tanto, en áreas donde se presentan

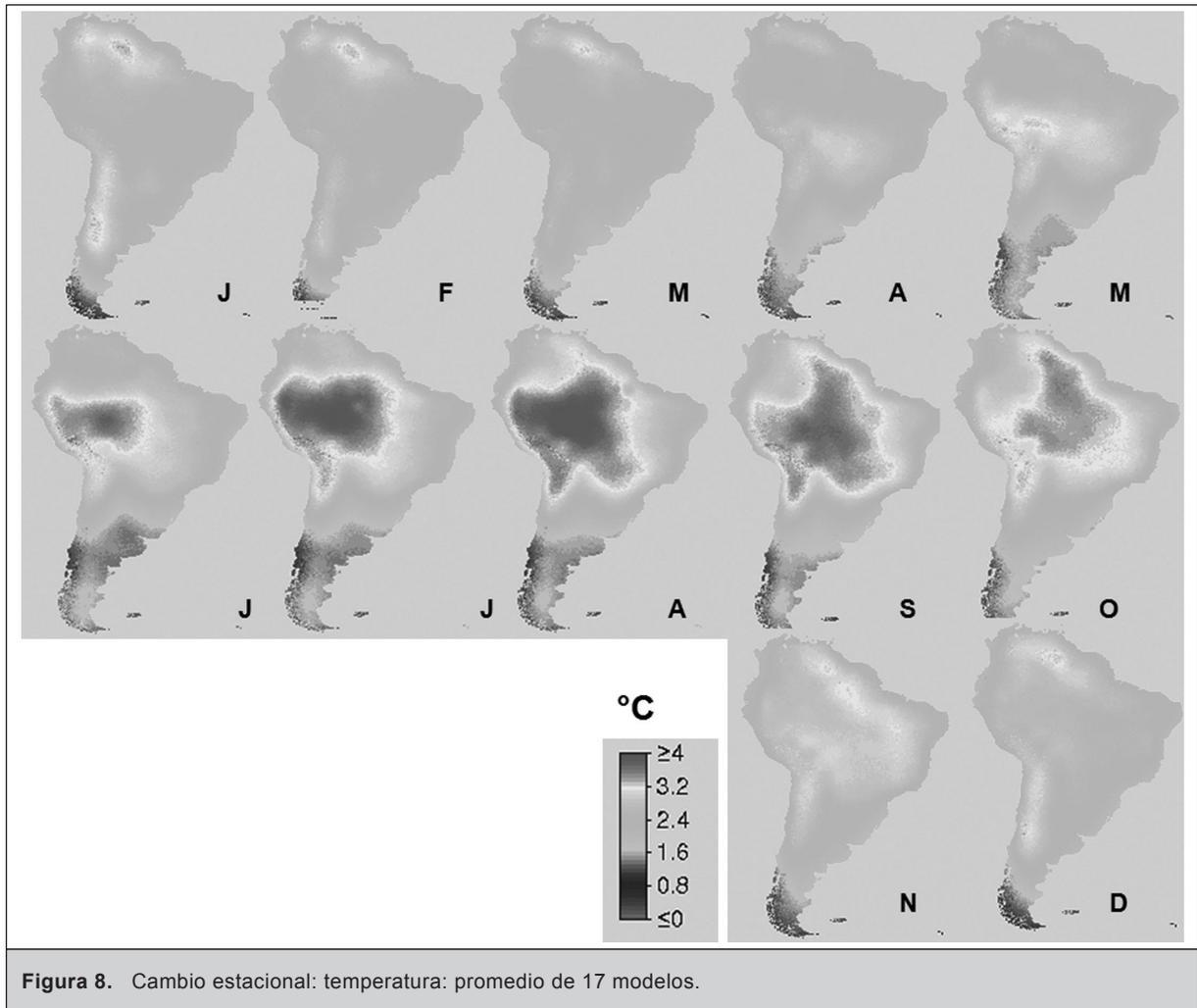


Figura 8. Cambio estacional: temperatura: promedio de 17 modelos.

épocas prolongadas de sequía (tierras bajas del Amazonas), se puede esperar una disminución en la productividad.

La relación entre PMS y temperatura indica fuertes incrementos en la productividad en el rango de 0-20 °C con una disminución en el rango entre 20-30 °C. Por tanto, en áreas muy cálidas (en general, no en los Andes sino en partes de las tierras bajas o áreas muy secas de los Andes que son marginales para producción debido a la disponibilidad de agua) pueden experimentar disminuciones en la producción (Figura 11).

Discusión

Aunque algunos encuestados mencionaron el cambio climático, claramente no fue una prioridad en su trabajo actual, aun cuando algunos de los impactos que se estaban tratando y para los cuales se estaba haciendo

alguna planeación eran indudablemente resultado de la variabilidad y el cambio climático.

El problema con el cambio climático es que aunque cambia todo, son sus impactos los que se sienten, no el cambio como tal. Más aún, el cambio climático ocurre más allá del período de cualquier político y está por fuera del enfoque estratégico de quienes toman decisiones de administración pública. Es crítico, sin embargo, que cualquier plan de manejo de aguas de largo plazo tome en cuenta el cambio climático en la etapa de planeación para que las políticas adoptadas no sean inmediatamente irrelevantes.

La dificultad con el cambio climático es que nadie conoce el futuro, y eso hace que la planeación para enfrentarlo sea difícil. Los modelos generales de circulación (MGC) cada vez son mejores, pero siguen siendo herramientas para la *proyección de posibles*

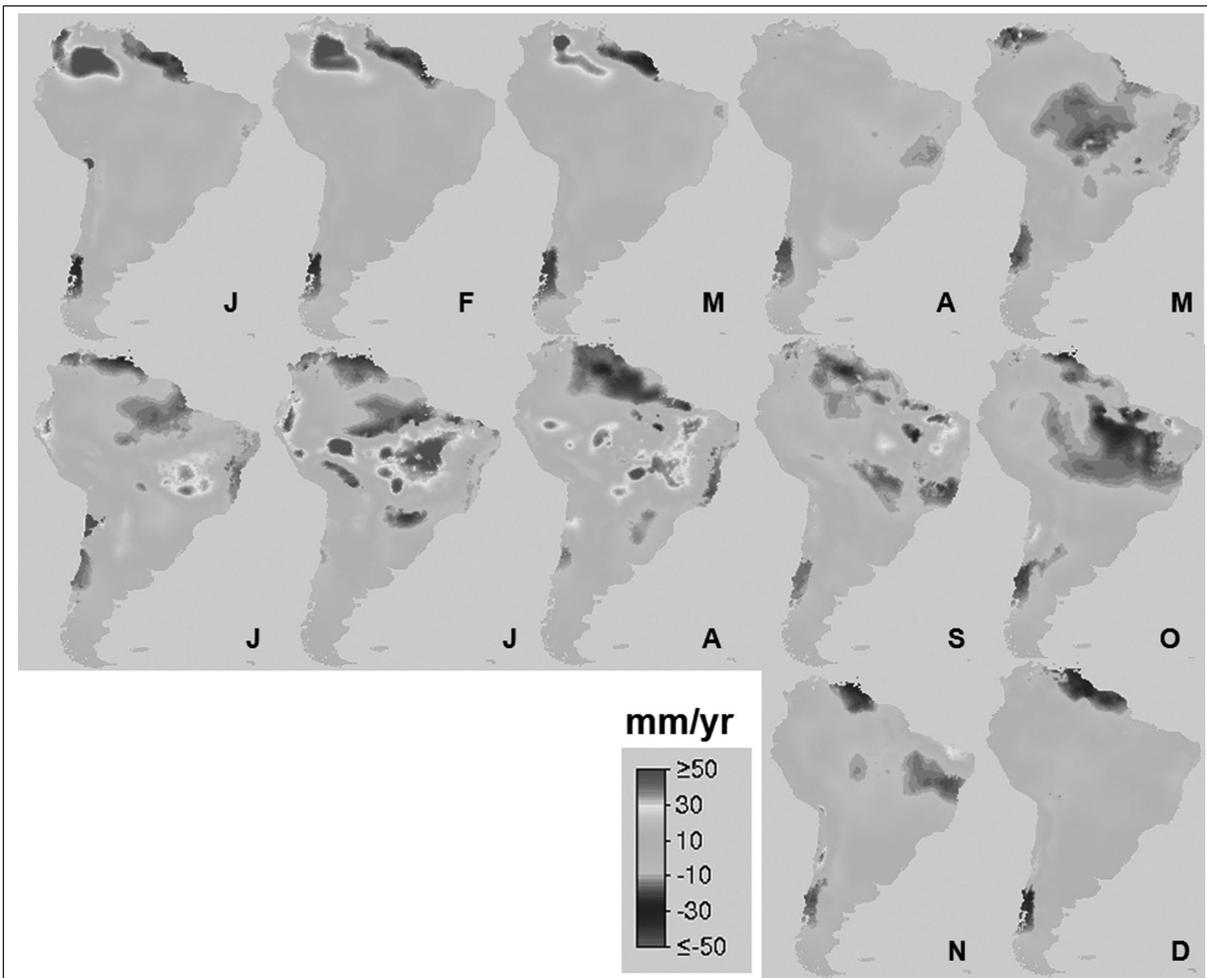


Figura 9. Cambio estacional: precipitación: promedio de 17 modelos.

futuros, no para la predicción de un futuro real. Estos modelos permiten formular las mejores conjeturas, pero siguen siendo altamente inciertos.

Una forma de reducir la incertidumbre es usar proyecciones a partir de bastantes modelos. Aunque muchos de los procesos en los diferentes MGC se abordan en

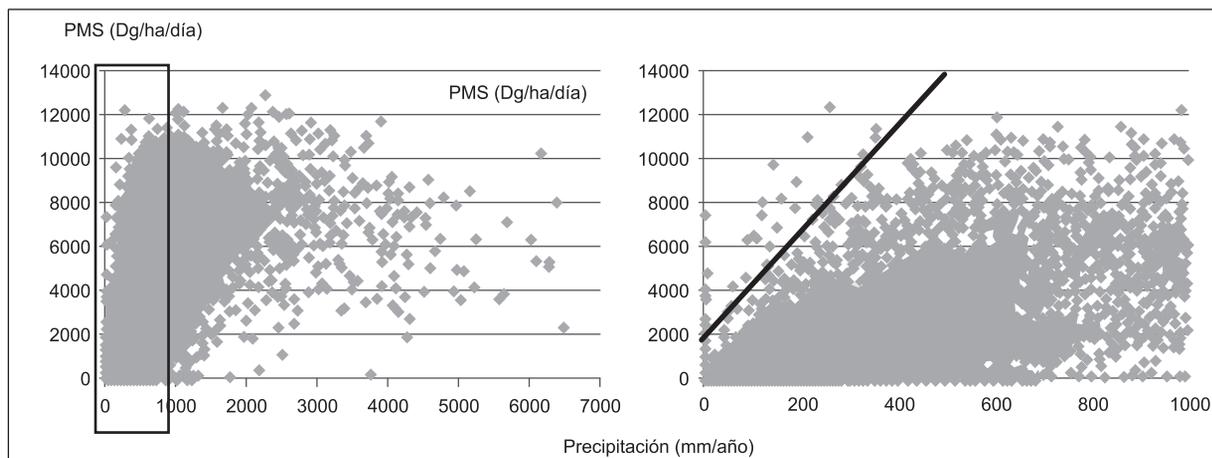


Figura 10. Relación entre precipitación y PMS para los Andes. El diagrama de la derecha muestra el detalle de los valores bajos de la precipitación.

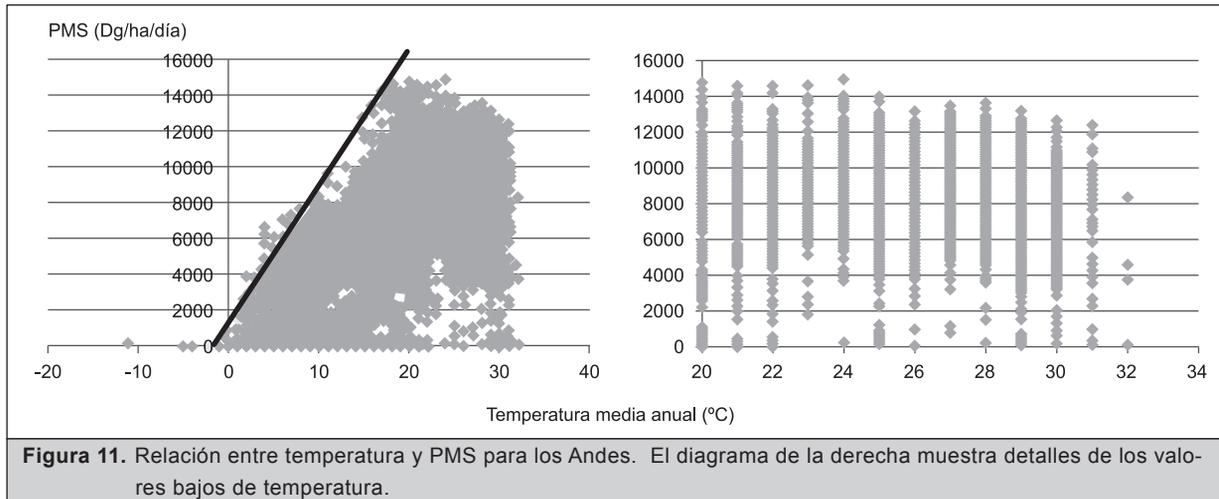


Figura 11. Relación entre temperatura y PMS para los Andes. El diagrama de la derecha muestra detalles de los valores bajos de temperatura.

formas similares, el uso de muchos modelos tiene la ventaja de reducir la incertidumbre en relación con procesos específicos del cambio climático y su parametrización en los MGC. Sin embargo, permanece la incertidumbre sobre escenarios futuros para emisiones donde existen procesos desconocidos que no son tomados en cuenta en ningún modelo.

En general, en términos del impacto en la agricultura, los cambios en temperatura y precipitación que se proyectaron para los Andes aparentemente tendrán poco efecto directo en la producción, con excepción de las áreas más marginales. De hecho, la producción podría aumentar cuando el calentamiento ocurre en áreas con temperaturas en el rango de 0-20 °C. Es probable que los efectos negativos del cambio climático sean mayores en los entornos con ambientes de sabana y desierto y en las áreas de tierras bajas donde se espera un cambio significativo.

Es muy probable que el aumento de la humedad tenga poco impacto en la productividad, excepto donde esté asociado con mayor erosión del suelo, inundaciones, incidencia de enfermedades, etc. Para la mayoría de los cultivos en el rango de 0-20 °C, el aumento de la temperatura aumentará la productividad, pero por encima de ese rango ésta puede disminuir. Sin em-

bargo, otras limitaciones (nutrientes del suelo, plagas, enfermedades, malezas, etc.) desempeñarán un papel importante sobre tales efectos.

Conclusiones

El agua no es solo importante para la agricultura; los cambios en la dinámica de su uso para agricultura afectan otras partes del sistema (por ejemplo, suministro a centros urbanos, sector hidroeléctrico, flujos ambientales, etc.). Esto hace en extremo complejo el análisis del impacto del cambio climático en el agua y la productividad (aun sin la incertidumbre de los modelos climáticos).

En vez de depender de proyecciones futuras, es mejor entender la sensibilidad del sistema a posibles cambios y desarrollar políticas con base en el conocimiento de esa sensibilidad. Esto, a su vez, requiere sistemas complejos de apoyo a las políticas. En BFP Andes se ha desarrollado un sistema sofisticado de apoyo a las políticas que permite a los profesionales del agua tener acceso y utilizar los mejores modelos, escenarios y bases de datos regionales disponibles para probar los impactos de las políticas y los escenarios de manejo específicos en la región. Este sistema se puede consultar en <http://www.policysupport.org/links/aguaandes>.

Bibliografía

Ramírez, J.; Jarvis, A. 2008. High Resolution Statistically Downscaled Future Climate Surfaces. International Centre for Tropical Agriculture, CIAT. Available at: <http://gisweb.ciat.cgiar.org/GCMPPage/home.html>

Mulligan, M. 2009. Global estimates of long term mean net above ground dry matter productivity. Version 1.0. <http://www.ambiotek.com/productivity>

Hijmans, R.J., S.E., Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978

