



Fondo de Oportunidades Globales - Cambio Climático y Programas de Energía

Boletín de los Proyectos

"Using Regional Climate Change Scenarios for Studies on Vulnerability and Adaptation in Brazil and South America" y "Dangerous Climate Change" GOF-CPTEC

Año 3 - #6 - Abril de 2008 - Distribución Semestral

Editorial

Durante los últimos meses, los resultados del proyecto "Uso de Escenarios de Cambio Climático Regional en Estudios de Vulnerabilidad y Adaptación en Brasil y en América del Sur" (GOF-UK) se están utilizando en varias iniciativas nacionales e internacionales, una de ellas es el proyecto "Economía del Cambio Climático en Brasil" (ECCB) financiado por el Gobierno Británico y el Banco Mundial, con la participación de varios institutos brasileños (FIOCRUZ, EMBRAPA, COPPE-UFRJ, FBDS, IPEA, INPE, entre otros). El Instituto de Investigaciones Espaciales INPE- proporciona los escenarios futuros de cambio climático para que los demás componentes y proyectos puedan utilizarlos. El resultado será la primera estimativa de lo que podría ser el costo del cambio climático en Brasil, bajo diversos escenarios futuros de cambio climático.

Otras iniciativas regionales también financiadas por el GOF, han sido los análisis de impactos del cambio climático en los sectores energéticos, agricultura, salud humana y migración, desarrolladas por el UFRJ-COPPE, EMBRAPA y FIOCRUZ, respectivamente. El INPE ha proporcionado los escenarios de cambio climático y su experiencia en la interpretación de los resultados para esos tres proyectos. Durante el año 2008 los resultados del proyecto GOF-UK se han presentado y discutido en varias conferencias nacionales e internacionales, y muchos países suramericanos están utilizando o han solicitado los escenarios futuros de cambio climático para la evaluación de vulnerabilidad e impactos y los componentes de sus Comunicaciones Nacionales para la UNFCCC.

El proyecto GOF-UK que comenzó en junio de 2005 terminará en junio de 2008, sin embargo este boletín de noticias continuará siendo publicado, puesto que se ha convertido en una manera eficaz de comunicar los resultados de investigaciones y otras iniciativas desarrolladas por el INPE. Tenemos el gusto de agradecer a Diana Raigoza por la maravillosa edición de este newsletter y a Marcia Sumire de la embajada Británica en Brasilia por apoyar y animar este proyecto y algunos otros proyectos del GOF que están siendo desarrollados.

Quizás los principales resultados de este proyecto GOF-UK junto con el proyecto PROBIO del Ministerio del Medio Ambiente MMA-, fueron la producción y el lanzamiento del "Informe del Clima del INPE" en 2007. Los resultados prácticos de este trabajo son traducidos en las iniciativas que el gobierno brasileño está tomando con relación a la inclusión del cambio climático en la agenda nacional, a la instauración de la Red Nacional en Investigación sobre el Cambio Climático por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, y a la preparación del Plan Nacional en Cambio Climático por el Ministerio del Medio Ambiente.

Visite nuestra página en internet (www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas) para obtener más información sobre el "Informe del Clima del INPE" y otras iniciativas en cambio climático en Brasil y alrededor del mundo.

José A. Marengo
CPTEC/INPE

Todos los Ojos en la Amazonía

En su edición del 13 de marzo, la revista NATURE publicó una entrevista con el Dr. Carlos Nobre, investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) y director del "International Geosphere-Biosphere Programme" (IGBP). En la entrevista, el Dr. Nobre habla sobre la deforestación de la mayor selva del planeta, deforestación que es afectada por diferentes factores sociales, económicos y gubernamentales.

El futuro de la Amazonía es analizado desde dos horizontes de tiempo: Durante los próximos 30 años se espera que la combinación de tala de árboles, degradación y fuego sean la gran amenaza; ya para la segunda mitad de este siglo el calentamiento global pronunciado puede tener grandes impactos sobre los ecosistemas, produciendo probablemente una tendencia a la savanización.

De acuerdo con el Dr. Nobre, la deforestación de un área muy grande de selva, puede causar cambios en el clima local disminuyendo la precipitación, principalmente durante la estación seca. Si el área deforestada es mayor que 40-50% existe el riesgo de una rápida savanización en el este y sudeste del Amazonas, así como cambios en el clima regional. Si el aumento de la temperatura fuera superior a 4°C debido al cambio climático global, también existe el riesgo de savanización en la región este y sudeste de la Amazonía.

Estas estimativas son conservadoras y no consideran el fuego ni la degradación de la selva. El Dr. Nobre apunta al fuego producido por el hombre como un importante proceso de transformación de la selva amazónica y un acelerador de la pérdida de biodiversidad.

La revista NATURE preguntó al investigador si es optimista en cuanto al futuro de la Amazonía. A esta cuestión el Dr. Nobre respondió que para el corto plazo es pesimista, sin embargo es optimista para el largo plazo, pues considera que la agricultura puede llegar a ser más eficiente, que habrá una tendencia para evitar la deforestación y promover la reforestación. Estas serán probablemente respuestas efectivas al calentamiento global. Además, complementó que existe un gran interés en cambiar el modelo económico en las zonas tropicales, con el fin de independizar el "desarrollo económico" de la tala de árboles que a lo largo de 50 años de destrucción no dejó riqueza. Otro aspecto es que el dinero proveniente de la venta de créditos de carbono no tornará ricos a los países tropicales, pero puede ser utilizado para influenciar un nuevo modelo de desarrollo que induciría en estos países un mayor sentido de responsabilidad.

Diana Raigoza
Editora Newsletter

"Es necesario buscar un nuevo modelo de desarrollo para la Amazonía que no dependa de la tala de árboles, además es necesario que la presencia del Estado sea más efectiva en las áreas en que sucede la deforestación"

Carlos Nobre - CPTEC/INPE

Simulaciones para el Período del Holoceno Medio Usando el Modelo de Circulación General de la Atmósfera (MCGA) del CPTEC

Maria Luciene Dias de Melo

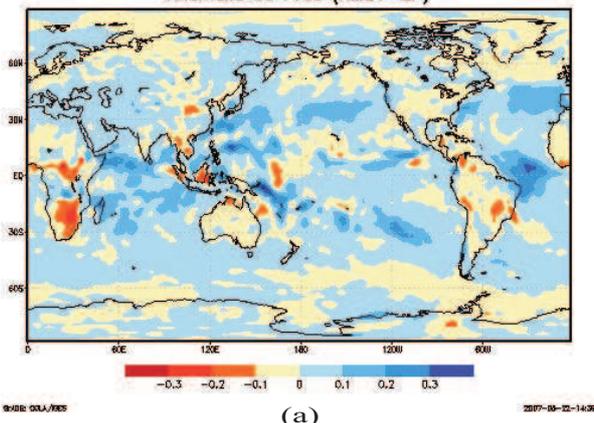
Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos - CPTEC, Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales - INPE, Cachoeira Paulista, SP, Brasil

El período de 6.000 años atrás, conocido como Holoceno Medio (HM) es caracterizado por el cambio en los parámetros orbitales de la Tierra (oblicuidad, excentricidad y precisión), donde la radiación solar disponible en el topo de la atmósfera fue significativamente diferente de la cantidad de los actuales días. Hace 6.000 años durante el invierno del Hemisferio Sur (aproximadamente el mes de agosto), la Tierra estuvo más próxima del sol (perihelio) de que en el presente. Como resultado el ciclo estacional de la insolación fue modificado, por lo tanto, el máximo de insolación en los trópicos ocurrió en agosto y el mínimo en febrero. En América del Sur (AS), ese cambio desintensificó el ciclo estacional de la temperatura y la circulación de tipo monzónica.

Fueron realizadas simulaciones climáticas con el modelo de circulación general atmosférico (MCGA) del Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos (CPTEC), con una resolución horizontal de 200 km y 28 niveles en la vertical, modificando los parámetros orbitales y la concentración de CO₂ para los valores típicos del HM, teniendo en cuenta la sinergia entre estas forzantes. Las condiciones iniciales y de contorno fueron los Reanálisis del "National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research" (NCEP/NCAR) para los días actuales y la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) climatológica del AMIP (1956-2003), respectivamente. El uso de este conjunto de datos (condiciones climáticas del presente) es permitido debido a que el período del HM no está caracterizado por una glaciación o supercalentamiento, y sí por ser un período marcado por características medias climáticas similares a las del clima actual. La concentración de CO₂ para el HM fue de 280 ppm, valor referente al del período pre-industrial.

Los resultados sugieren un clima más húmedo sobre el nordeste de América del Sur, debido al aumento del flujo de humedad proveniente del océano Atlántico traído por la Alta Subtropical del Atlántico Sur, que en el HM se encontraba más cerca del continente y ligeramente más intensa. Esta característica durante el verano en el HM es similar a la observada en el otoño e invierno en el clima presente. La desintensificación de los vientos alisios en el HM ocasionó un desplazamiento más al norte de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y redujo el flujo de humedad del Atlántico tropical para la región Amazónica, dejándola más seca. Esa reducción de la precipitación tiene un impacto significativo en el transporte de humedad de la cuenca Amazónica a la cuenca de La Plata, y consecuentemente sobre la formación de la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS), llevando a una reducción de la precipitación en la posición actual de la ZCAS, y esta fue simulada ligeramente más débil durante el HM, dejando las regiones central, sur y sudeste de Brasil más secas que en los días actuales (Figura 1a).

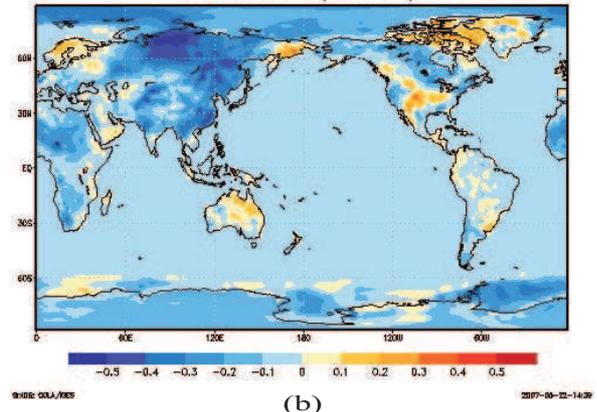
Anomalia de Prec (HMS1-CP)



(a)

En la temperatura, se verificó una señal de enfriamiento durante todo el año en el HM, sobre América del Sur, excepto en el oeste de la región Amazónica, sur y sudeste de Brasil, que sugiere una señal de ligero calentamiento (Figura 1b).

Anomalia de T (HMS1-CP)



(b)

Figura 1. Diferencia entre los experimentos del HM y clima actual para (a) el promedio anual de la precipitación y (b) la temperatura.

También se verificó la intensificación del flujo de viento al este de los Andes al sur de 20°S, que sugiere una posible influencia en la intensidad de la circulación del chorro de bajos niveles en los regímenes climáticos del centro oeste, sur y sudeste de Brasil.

Un resumen de la circulación de bajos y altos niveles para los experimentos del clima presente y del HM es mostrado en la Figura 2.

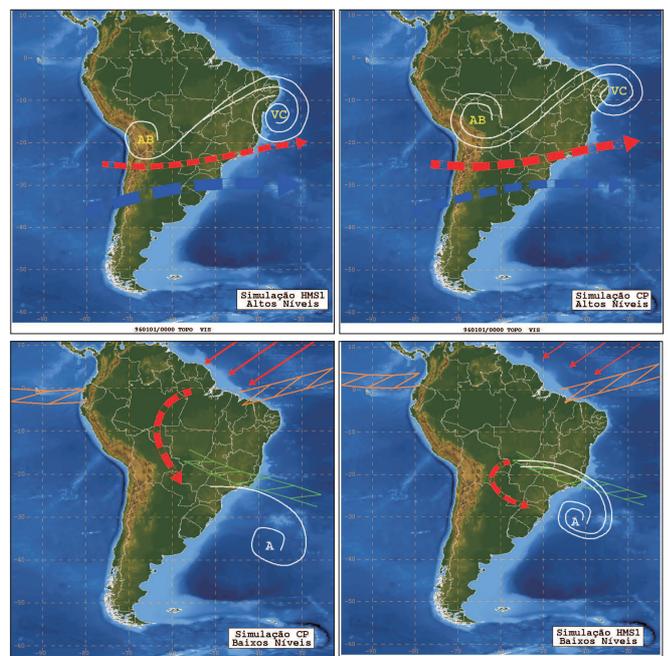


Figura 2. Cambio de la circulación promedio en altos y bajos niveles, en el verano del clima presente y del HM. (a, b): flecha roja punteada Chorro Subtropical; flecha azul punteada Chorro Polar; AB - Alta de Bolivia; VC - Vórtice Ciclónico. (c, d): flecha naranjada punteada LLJ; flecha naranjada continua Vientos alisios; (ZZZZ)-ZCAS; (ZZZZ)-ZCIT.

Este texto hace parte del artículo: Melo M.L.D and J. Marengo, Mid-Holocene simulations using the CPTEC AGCM, The Holocene, 18, 4 (2008) pp. 501-516.

Chorro de Bajos Niveles de América del Sur en un Escenario de Calentamiento Global

Wagner Rodrigues Soares y José Antonio Marengo

Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos - CPTEC, Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales - INPE, Cachoeira Paulista, SP, Brasil

En varias regiones del mundo se observan fuertes flujos meridionales en la baja atmósfera a lo largo de las cadenas montañosas. Esos vientos tienen una velocidad máxima entorno de 2.000 m y son conocidos como Chorros de Bajos Niveles (LLJ en inglés). Los eventos de LLJ ocurren en el lado este de una topografía elevada y son asociados a movimientos de gran escala que cubren extensas áreas, como las Montañas Rocosas en los Estados Unidos de América (EUA) y los Andes en América del Sur (AS). Existen semejanzas entre las Montañas Rocosas y la Cordillera de los Andes y sus efectos en la ocurrencia del chorro. Esas montañas se extienden desde las regiones tropicales hasta altas latitudes, bloqueando la circulación en los bajos niveles en el sentido zonal y provocando la canalización del viento. Por ejemplo, la humedad del Golfo de México en América del Norte y del Atlántico tropical Norte que pasa sobre la Amazonía, es transportada por los LLJs para la región central de estos continentes.

En América del Sur, el LLJ es conocido como Chorro de Bajos Niveles de América del Sur (SALLJ en inglés) y es detectado por medio de un criterio en función de la velocidad y la cortante (cizalladura) vertical del viento. El SALLJ es un componente del sistema de Monzón de AS y transporta humedad de la cuenca Amazónica para la cuenca del Paraná-La Plata, afectando el tiempo y el clima de la región este de los Andes. Los eventos del SALLJ pueden influenciar, por medio de variaciones en el transporte de humedad, las condiciones de tiempo severas asociadas a grandes nubes convectivas en la región de salida del chorro que pueden generar fuertes tempestades e inundaciones.

Desde 1988, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC en inglés) viene evaluando con bases científicas las proyecciones de escenarios de emisiones de gases efecto invernadero y la magnitud de la influencia del hombre en las variaciones climáticas naturales.

Los informes del IPCC vienen mostrando que las emisiones excesivas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), pueden provocar cambios permanentes e irreversibles en el clima del planeta.

Aquí se enfoca el análisis de dos simulaciones largas de 10 años en América del Sur: La primera comprende el período de 1980-1989 ("clima presente") y la segunda abarca el período de 2080-2089 ("clima futuro") y fue obtenida a partir del escenario del IPCC SRES (Special Report on Emissions Scenarios) A2 (alta emisión), utilizándose el modelo regional HadRM3P que fue integrado en el sistema PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies). Los resultados del modelo regional mostraron que en el escenario SRES A2, en Santa Cruz de La Sierra - Bolivia, existe una mayor ocurrencia del SALLJ de lo que en el clima actual. Además de la mayor ocurrencia del chorro, el modelo mostró que la magnitud del viento también es intensificada en el escenario de calentamiento global.

La presencia del SALLJ en el clima actual causa un aumento en el transporte meridional de humedad en la baja atmósfera, principalmente en una franja a lo largo del lado este de los Andes, con sentido de noroeste para sureste. En el escenario de calentamiento, la presencia del SALLJ intensifica todavía más ese transporte meridional de humedad en esta región.

El mayor transporte de humedad que ocurre en la presencia del SALLJ, en un clima de calentamiento global, se debe a la mayor velocidad del viento y a más humedad en los bajos niveles de la atmósfera.

La comparación de las dos situaciones de la presencia del SALLJ (clima presente y futuro) mostró aumento en el flujo de humedad en todos los bordes laterales del Paraná - La Plata (Figura 1). De esta manera, en un clima de calentamiento, principalmente en la cuenca del Paraná-La Plata, además de mayor convergencia de humedad, la presencia del SALLJ disponibiliza mayor cantidad de humedad para alimentar

sistemas convectivos de mesoescala que ocurren en la región, como puede ser observado en el aumento de valores de precipitación en los rectángulos mostrados en la figura 2.

El transporte de humedad más intenso es observado en el océano Atlántico tropical, próximo a la costa en el nordeste de Brasil, y la presencia del SALLJ hace que ese transporte sea más evidente sobre la región Amazónica en el lado este de los Andes.

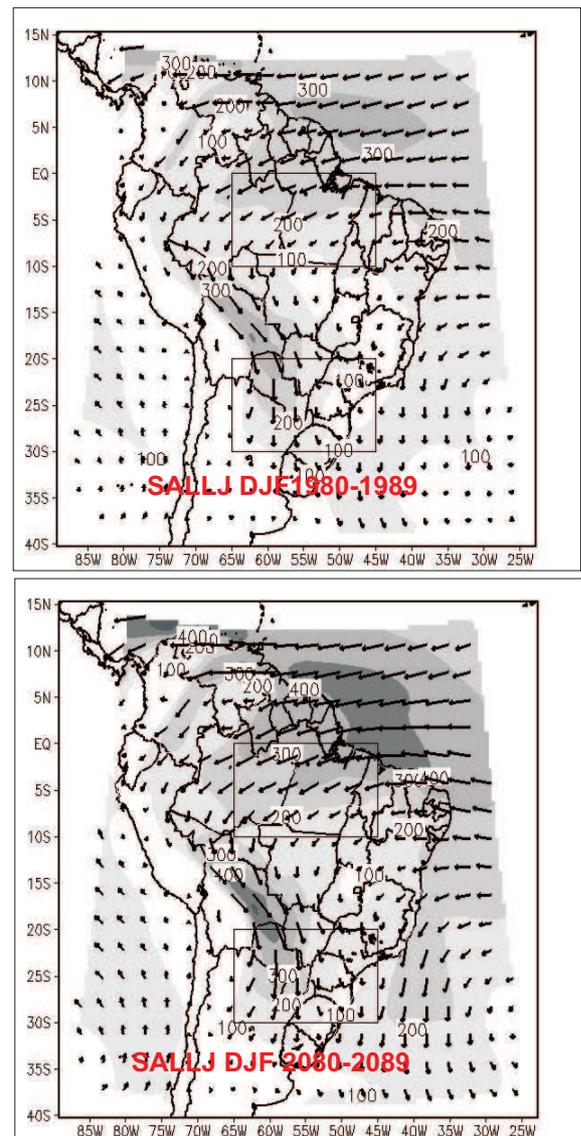


Figura 1. Campos de flujo de humedad kg (m.s)^{-1} integrado verticalmente entre la superficie y 700hPa. Conjunto de SALLJ durante 1980-1989 y 2080-2089 para DJF.

Mayor cantidad de humedad proveniente del Atlántico tropical transportada por los vientos alisios, sumada a la mayor evapotranspiración en la cuenca Amazónica debido a un clima más caliente, dispone en la baja atmósfera una mayor cantidad de humedad que es transportada en el lado este de los Andes por chorros con vientos más intensos en un clima de calentamiento global.

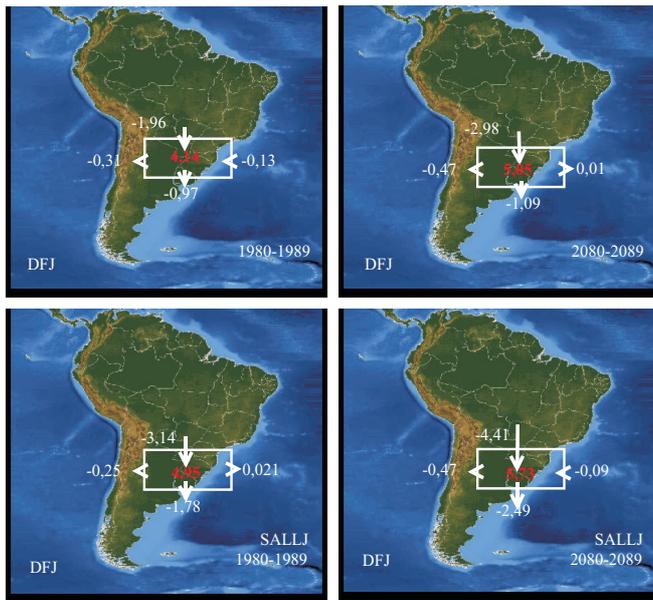


Figura 2. Componentes de flujo de humedad ($\times 10^6 \text{ kg.s}^{-1}$) integrado a lo largo de las fronteras laterales de las áreas representativas de las cuencas Amazónica y Paraná-La Plata durante DJF. Los valores en el centro de cada rectángulo representan la precipitación en mm/día.

La presencia del SALLJ tanto en el clima actual como en el escenario de grandes concentraciones de gases de efecto invernadero como el SRES A2, hace aumentar los flujos de humedad que atraviesan las fronteras oeste y/o sur de la Amazonía, causando disminución de la convergencia horizontal de humedad en esta región y aumento en la región de la cuenca Paraná - La Plata. Con el aumento de la humedad en los bajos niveles de la atmósfera sobre la Amazonía, mayor cantidad de humedad estaría disponible para ser transportada por el SALLJ para las regiones más al sur del continente causando mayor cantidad de precipitación principalmente sobre Río Grande del Sur, Brasil, y Uruguay.

Este texto hace parte del artículo: Soares, W. and J. Marengo. Assessments of moisture fluxes east of the Andes in South America in a global warming scenario. Sometido para el International Journal of climatology, 2007.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación de Amparo a la Investigación del Estado de Sao Paulo (FAPESP - Referencia N°. 02/12670-6) y a los proyectos GOF-DCC y LBA, por el soporte financiero para el desarrollo de este artículo. También agradecemos especialmente al Hadley Centre for Climate Research and Prediction UK por disponer el sistema PRECIS y los datos para las simulaciones.

Simulación de la Circulación Atmosférica para Escenarios Futuros del Clima de América del Sur, Derivados de los Modelos del IPCC/AR4

María Valverde y José Marengo
 Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos - CPTEC,
 Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales - INPE, Cachoeira
 Paulista, SP, Brasil

1. Introducción

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento de la circulación atmosférica, asociado al aumento o disminución de lluvia a lo largo del clima presente y futuro, simulado por cinco modelos del

Panel Intergubernamental de Cambio Climático en su Cuarto Informe (IPCC AR4 en inglés). Considerando que la mayoría de los estudios solo destacan los análisis de las anomalías de temperatura y precipitación, y a pesar de que estos proporcionan una idea de como el campo de circulación puede comportarse para producir un tipo de lluvia (déficit o superávit), se torna necesario hacer los análisis específicos de las variables dinámicas para tener mayor claridad de lo que sucede en la atmósfera. El conocimiento de cómo el tipo de circulación atmosférica puede cambiar por consecuencia del aumento acelerado de las concentraciones de CO_2 y otros gases de efecto invernadero, proporciona una información que puede servir de base para el monitoreo actual de las tendencias climáticas, en el caso de que tendencias semejantes como las del futuro sean observadas en el presente.

2. Datos y metodología

En este trabajo fueron analizadas las salidas de los modelos globales acoplados océano-atmósfera del IPCC AR4 (CCCMA, GFDL, HadCM3, MIROC y GISS), obtenidos en la página de internet del "Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison" (PCMDI) para el clima presente "Climate of the 20th Century experiment 20C3m" y futuro (SRES-A2); datos de precipitación y temperatura mensual del "Climatic Research Unit" (CRU) (New et al, 1999); con resolución de $0,5 \text{ lat} \times 0,5 \text{ long}$, del período de 1961-1990 y datos de circulación atmosférica de los Reanálisis del "National Center Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research" (NCEP/NCAR), para el período de 1961-1990 (Kalnay et al, 1996).

Los mapas de las anomalías (errores sistemáticos) de precipitación y temperatura para el clima presente fueron construidos considerando como media climatológica los datos del CRU del período base 1961-1990. Las anomalías para el clima futuro fueron obtenidas considerando como media climatológica la media de los datos del modelo correspondiente para el período base 1961-1990. Los datos del escenario futuro (A2) fueron divididos en tres climatologías: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 para facilitar el análisis y la observación de los cambios graduales en los padrones de circulación.

3. Resultados

En los modelos del IPCC AR4 (Figura 1) la diferencia más evidente se encuentra en el campo de presión al nivel del mar (PSLM en inglés), con relación a la posición y extensión de la baja térmica (BT) en el verano y en la primavera (HadCM3, GFDL y GISS). Solamente el MIROC simula ésta BT al este de los Andes, los otros modelos, sobre todo el HadCM3 y el GISS desplazan el núcleo de ésta para el noroeste (sur Peruano-Boliviano) de su posición climatológica (representado por el Reanálisis), además de extender el área de baja presión sobre gran parte del continente, fusionándose con las bajas presiones asociadas a la vaguada ecuatorial en la época de verano (Figura 1). La mayoría de los modelos analizados (CCCMA, HadCM3, MIROC y GFDL), muestran el campo en altos niveles con el núcleo de la Alta Bolivia (AB) desplazada para el este y con una extensión alargada en relación a la climatología del Reanálisis, coincidiendo con el desplazamiento de la BT para el oeste. En la primavera ningún modelo configura la AB (Figura 1).

Los mapas de anomalías de precipitación muestran las tendencias de los modelos en superestimar o subestimar la lluvia en relación a los datos del CRU (figuras no mostradas). Todos los modelos subestiman la lluvia sobre la Amazonía en el verano, y el GFDL extiende el área de déficit hasta el norte del sudeste, centro oeste y sur del nordeste. Ya el HadCM3 ubica el área de anomalía negativa apenas sobre la Amazonía Brasileña. Sobre el sudeste y centro sur, superestima la precipitación así como sobre Bolivia y el norte de Chile y Argentina (+4mm/día). El MIROC, CCCMA y el GFDL muestran anomalías positivas sobre el norte del nordeste, siendo el MIROC el que presenta un área mayor y más intensa que se extiende por todo el nordeste (+4 mm/día). Los cuatro modelos superestiman las lluvias sobre los Andes Peruano-Boliviano y sobre el sur de Chile y Argentina y subestiman al norte del continente en todas las estaciones.

Entre los modelos analizados, el HadCM3 simula la circulación de verano y primavera más próxima a la observada en el Reanálisis, a pesar de ubicar la AB y la BT en el verano, desplazadas para el sudoeste de su

posición climatológica (Figura 1), pues él mismo configura mejor la circulación de la zona de convergencia del Atlántico Sur (ZCAS). Para el futuro (a partir del período 2041-2070) el HadCM3 desplaza la ZCAS para el sur, las anomalías negativas de precipitación desaparecen sobre el sur y la lluvia se intensifica sobre el sudeste. Las anomalías negativas sobre el nordeste (en el verano) y en la Amazonía (en la primavera) se intensifican (Figura 3). Por otro lado, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) sobre el Pacífico se localiza sobre la costa peruana y colombiana, con la desintensificación y desplazamiento para el sur de la Alta Subtropical del Pacífico Sur, en el verano (Figura 2).

Por otro lado, el GFDL, simula mejor las lluvias de otoño sobre el norte del nordeste, donde las altas subtropicales del hemisferio norte y sur presentan una posición favorable en la localización de la ZCIT (sobre 5°S). Para el escenario futuro, este modelo mantiene su patrón de circulación, y en la última climatología (2071-2100) genera anomalías positivas sobre el norte de la Amazonía, Ecuador y Perú (Figura 3). El GISS simula, para el clima presente, una circulación de verano y primavera distante del Reanálisis, con una AB fraccionada en dos núcleos (Figura 1), lo que refleja la distribución de lluvias sobre el continente, además de mostrar una BT intensa en todas las estaciones del año (Figura 1). Sin embargo, para la climatología de 2071-2100 este simula mucha lluvia sobre la Amazonía principalmente en el verano (Figura 3).

En relación a la temperatura, todos los modelos sin excepción apuntan para un calentamiento. El HadCM3 y el CCCMA son los más extremos, con anomalías positivas de hasta 8°C en el invierno y en la primavera, sobre el centro del continente.

4. Consideraciones finales

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar los cambios en los padrones de la circulación atmosférica sobre América del Sur y su relación con las anomalías de precipitación y temperatura para el escenario A2, utilizando cinco modelos climáticos globales acoplados (océano-atmósfera) derivados del IPCC AR4. Todos los modelos presentaron dificultades en generar la ZCAS con su tendencia de lluvia extendiéndose desde la Amazonía hasta el sudeste de Brasil, así como, el inicio del período lluvioso en la primavera. En general, los modelos concentraron la mayor cantidad de lluvia al este del continente, lo que originó en menor o mayor grado, la disminución de la lluvia sobre la Amazonía. Esto puede estar asociado también a la dificultad de los modelos en simular las posiciones climatológicas de la BT y de la AB, que estuvieron desplazadas para el oeste cuando fueron comparadas con el Reanálisis. Para el futuro, los cambios más significativos en la tendencia de la circulación y en la distribución de las lluvias ocurrirían a partir de la climatología de 2041-2070, y se intensificarían hasta el final del siglo XXI. De todos los modelos analizados en este estudio, el HadCM3 presentó un patrón de circulación y una distribución de lluvias más próximas a las observadas tanto para el verano como para la primavera. Para el futuro, este modelo mostró disminución de las lluvias para el nordeste en el verano y para la Amazonía en la primavera.

Es importante recordar que los escenarios futuros del clima son apenas proyecciones de probables cambios que pueden suceder como resultado del aumento en las concentraciones de los gases efecto invernadero. El nivel de incertidumbre todavía es grande en relación a lo que de hecho puede acontecer. La dificultad se encuentra principalmente en la representación de la parametrización de los procesos de superficie, convección, capa límite y topografía principalmente, así como, en el conocimiento de las futuras emisiones de gases efecto invernadero que son el resultado de muchos sistemas dinámicos complejos, derivados desde el aumento de la población hasta el alto desarrollo industrial.

Este texto hace parte del artículo: Valverde Ramírez, M.C. y J. Marengo. Mudanças na Circulação Atmosférica Sobre a América do Sul para Cenários Futuros de Clima Projetados Pelos Modelos Globais do IPCC AR4. Sometido para la "Revista Brasileira de Meteorologia". Diciembre 2007.

5. Referencias

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE IPCC 2007a: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis-Working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report**. Brussels, February 2007.

KALNAY, E, ET AL., NCAR 40-year reanalysis project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.77, n.3, p.437-471, 1996.

LENTERS, J.D. and COOK, K.H. On the origin of the Bolivian high and related circulation features of the South American Climate. **J. Atmos. Sci.**, 54 656-677, 1997.

NEW, M.; HULME, M.; JONES, P. Representing Twentieth-Century Space-Time Climate Variability. Part I: Development of a 1961-1990 Mean Monthly Terrestrial Climatology. **Journal of Climate**, vol 12, 829-856, 1999.

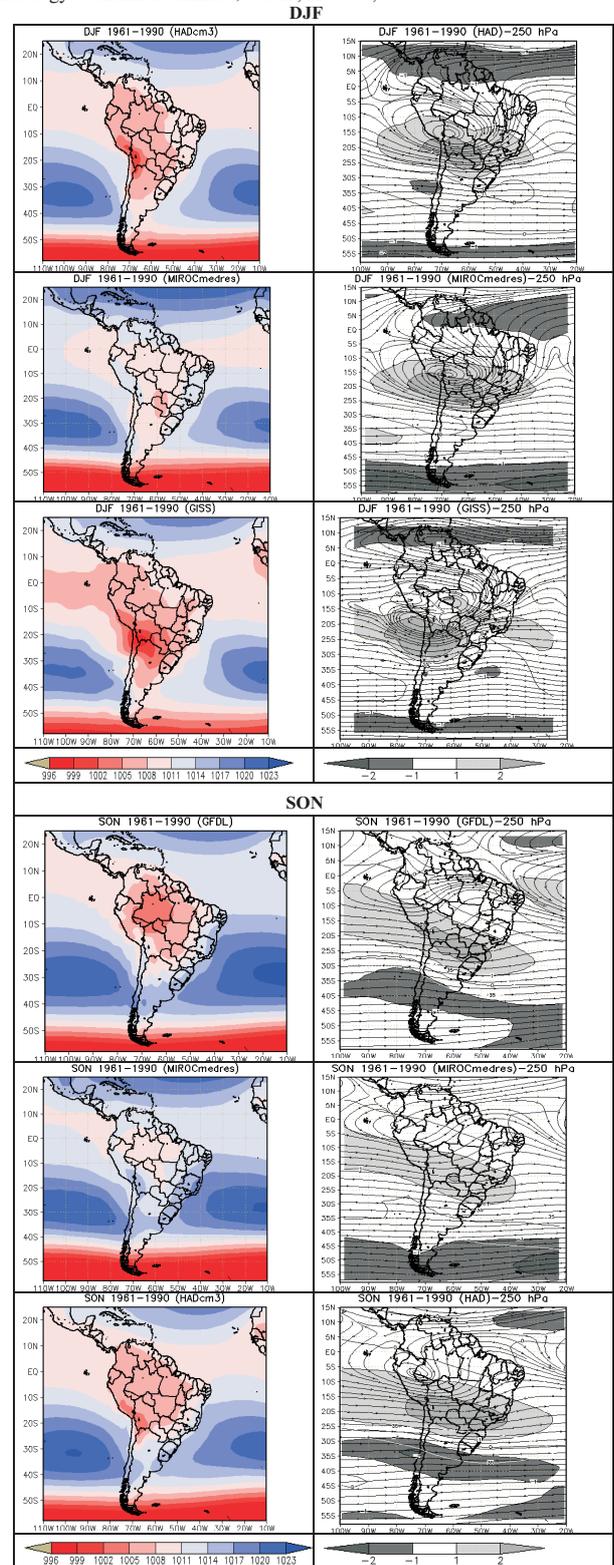


Figura 1. Mapas de PSLM y líneas de corriente y vorticidad ($\times 10^5 \text{ s}^{-1}$) (250 hPa) derivados de los siguientes modelos: HadCM3, MIROC, GISS y GFDL, para las estaciones de verano y primavera del período de 1961-1990

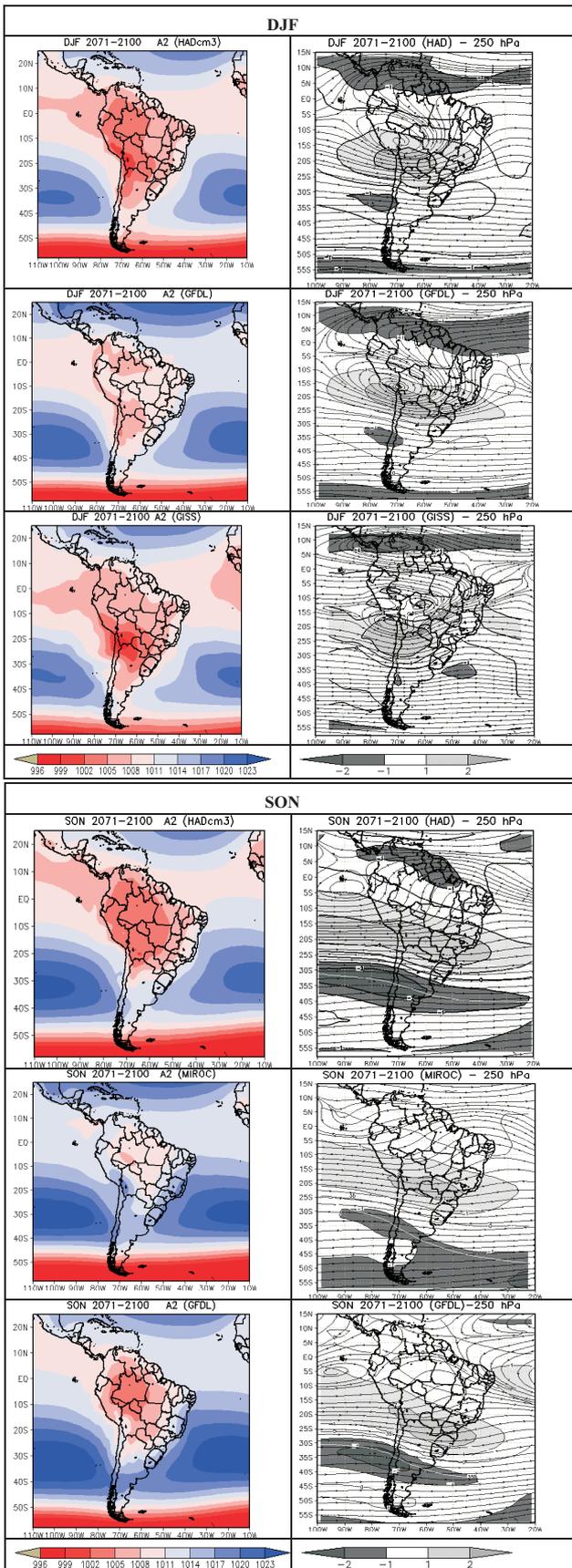


Figura 2. Mapas de PSLM y líneas de corriente y vorticidade ($\times 10^5 s^{-1}$) (250 hPa) derivados de los siguientes modelos HadCM3, MIROC, GISS y GFDL, para las estaciones de verano y primavera del periodo de 2071-2100.

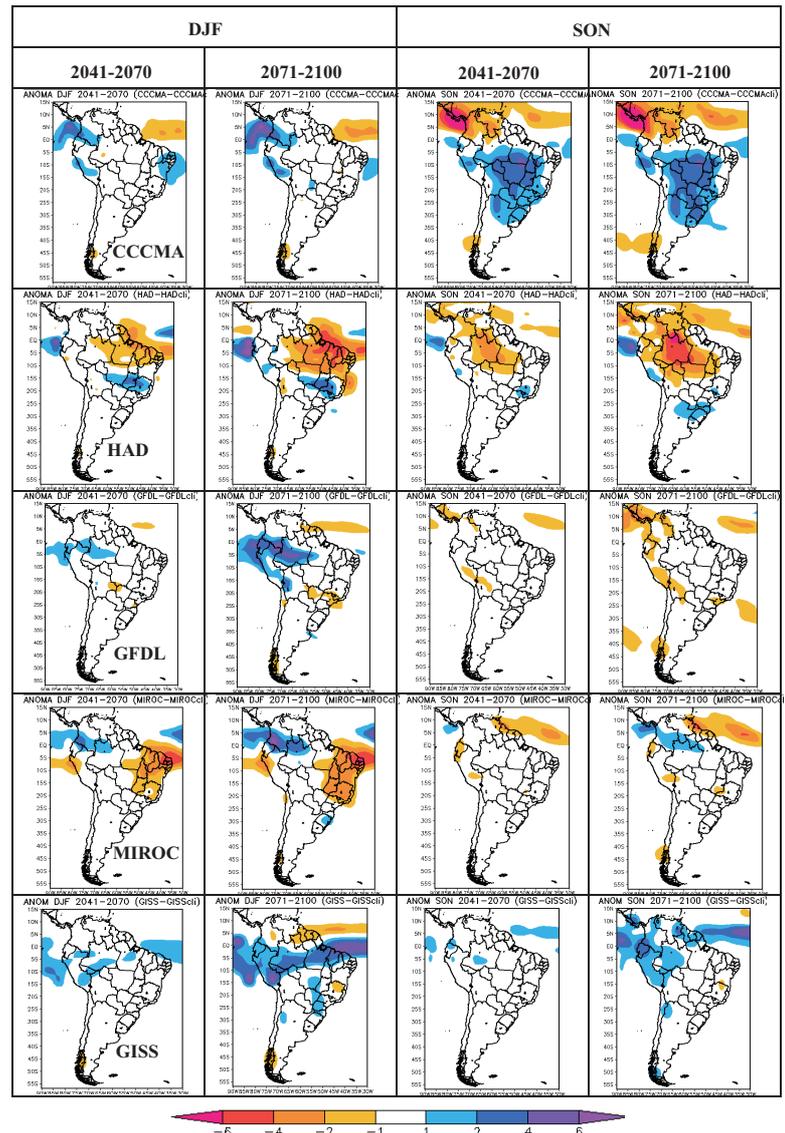


Figura 3. Anomalia de precipitación (mm/día) de los modelos del AR4: CCCMA, HadCM3, GFDL, MIROC, GISS para las estaciones de verano (DJF) y primavera (SON) para el escenario futuro 2071-2100.



Grupo de Investigación en Cambio Climático
Coordinador: Dr. José Antonio Marengo
Editora del Newsletter: Diana Raigoza

Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos -
CPTEC/INPE
Rodovia Presidente Dutra, Km 40, SP-RJ. 12630-000,
Cachoeira Paulista, SP, Brasil
Teléfono: +55 (12) 3186-8633. Fax: +55 (12) 3101-2835
Email contactos: marengo@cptec.inpe.br /
draigoza@cptec.inpe.br / eliana@cptec.inpe.br

web site:
www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/