



VAMOS !

No. 5, 2009

**Newsletter of the Variability of the
American Monsoon Systems Panel**

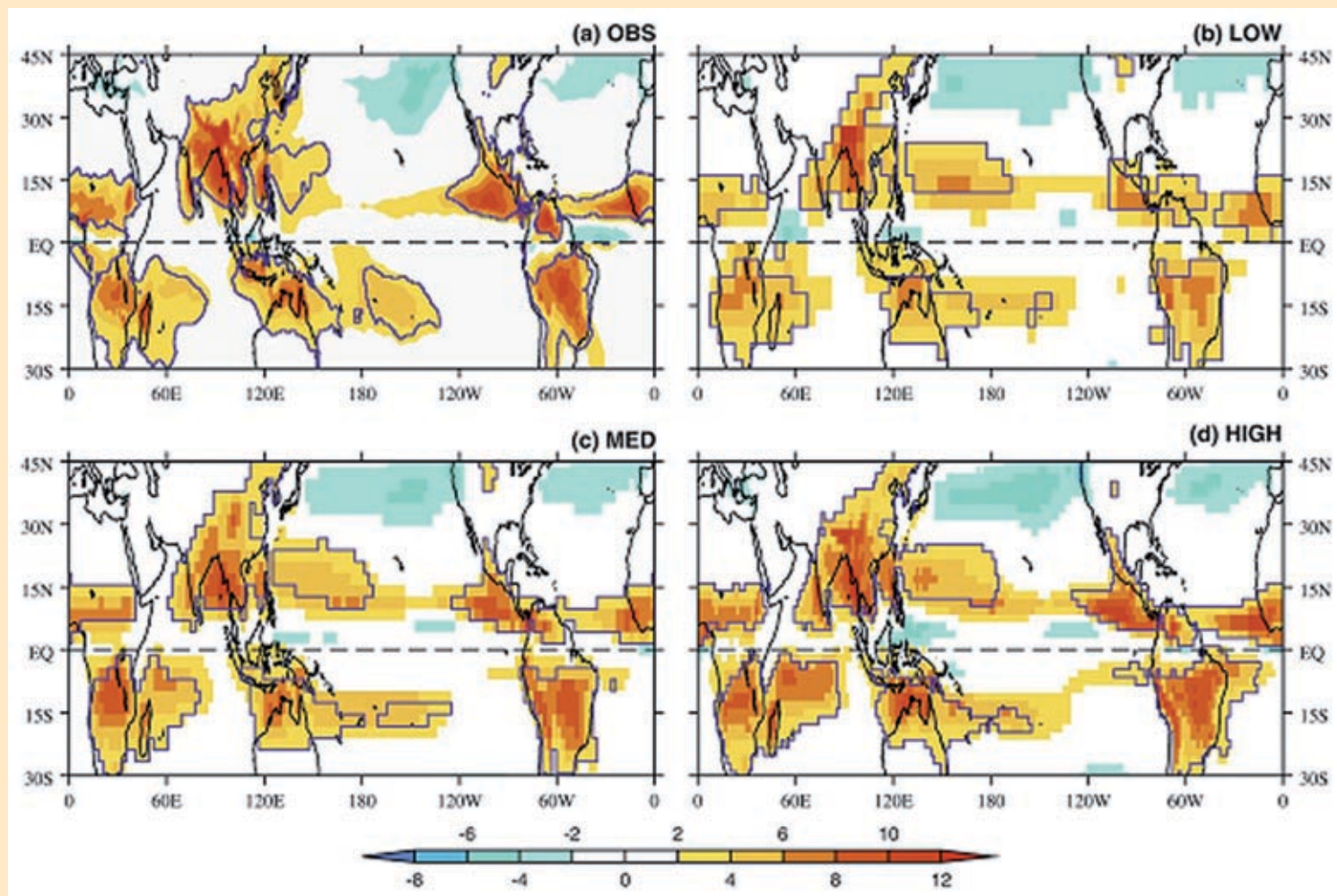


Figure 1: Climatological annual precipitation range (shading; mm/day) and monsoon domains (contours). (a) Observations, and the group ensemble means of (b) LOW, (c) MED, and (d) HIGH. (From Kim et al., 2008) // Figura 1: Rango climatológico anual de precipitación (sombreado; mm/día) y dominios monzónicos (contours). (a) Observaciones, y medias del ensamble de grupos de (b) BAJA, (c) MEDIA, y (d) ALTA. (de Kim et al., 2008). (See article on page 3 // Veá el artículo en página 3)

Editorial

This issue of the VAMOS! Newsletter has the main theme "Cross-cutting activities within VAMOS, linking the American Monsoons." Four articles summarize the approach the VAMOS panel has chosen to update its agenda in response to new guidelines from WCRP: (1) VAMOS and Climate Extremes, (2) VAMOS interest on Anthropogenic Climate Change (ACC), (3) Modeling efforts in VAMOS, and finally (4) Cross-Hemispheric Interactions Between VAMOS Regions, which introduces IASCLIP (Intra-Americas Studies of Climate Processes), a new VAMOS science component.

Extremes in the Americas are important as they can have dramatic socio-economic impacts, not only in developing countries where vulnerability to such events is major, but also in developed countries where extremes affect the water resources and agricultural production upon which millions depend. The study of extremes - documenting, understanding, modeling and predicting - therefore constitutes an important cross-cutting theme for all the VAMOS Science Components (NAME, MESA, VOCALS and IASCLIP). VAMOS is in a unique position to utilize its continental perspective in linking extremes in warm season climate behavior to the circulation structures defined as the monsoon systems.

The article on VAMOS and ACC discusses the future interplay of societal and scientific aspects of climate change. It addresses the need to identify and understand important processes that control monsoonal climates and their variability and change in the Americas, and how these processes interact with broader societal issues, such as impacts, vulnerability, and adaptation.

The article on the VAMOS Modeling Plan presents implementation ideas and priorities, as based on integrated modeling, data analysis and assimilation approaches. The strategy is to take advantage of VAMOS enhanced observations, and is designed to simultaneously provide model-based guidance to the evolving multi-tiered VAMOS observing program. The VAMOS modeling plan makes significant contributions to the WCRP strategic framework relevant activities conducted within CLIVAR, in particular with respect to assessing and improving seasonal forecasts and model simulations.

Finally, the note on IASCLIP presents examples of cross-hemispheric interactions, like those between the western hemisphere warm pool and the southeast Pacific, and the physical processes in Amazonia that are linked to the Tropical/Subtropical North Atlantic. Understanding these interactions cannot be addressed by one single VAMOS program but by collaborations between them.

In this issue we also include a short contribution highlighting the successful VAMOS Ocean - Cloud - Atmosphere - Land Study Regional Experiment (VOCALS-REx).

Due to budgetary reasons, this issue of the VAMOS Newsletter will appear as a supplement of CLIVAR Exchanges for the printed version, but will remain available in digital form on the VAMOS web site. As a result, many people who used to receive a hard copy of VAMOS! will no longer receive it. However, we will

El tema principal de la presente edición es "Actividades transversales en VAMOS, conectando los monzones americanos". El enfoque que escogió el panel de VAMOS para actualizar su agenda en respuesta a los nuevos lineamientos de WCRP se sintetiza en cuatro artículos: (1) VAMOS y los extremos climáticos, (2) interés de VAMOS en el cambio climático antrópico (ACC), (3) esfuerzos de modelado en VAMOS y por último (4) interacciones interhemisféricas entre las regiones de VAMOS, que presenta IASCLIP (Estudios Intraamericanos de los Procesos Climáticos), un nuevo componente científico del panel.

Los eventos extremos en las Américas son importantes ya que pueden tener efectos socioeconómicos catastróficos, no sólo en países en desarrollo donde la vulnerabilidad a estos eventos es mayor, sino también en los países desarrollados donde afectan los recursos hídricos y la producción agrícola de los que dependen millones de personas. El estudio de los eventos extremos -su documentación, comprensión, modelado y pronóstico- constituye entonces un importante tema transversal a todos los componentes científicos de VAMOS (NAME, MESA, VOCALS e IASCLIP). VAMOS está en una posición única para aprovechar su perspectiva continental para vincular los eventos extremos del comportamiento del clima de la estación cálida con las estructuras de circulación definidas como sistemas monzónicos.

El artículo sobre VAMOS y ACC analiza las interacciones futuras entre los aspectos sociales y científicos del cambio climático. Trata la necesidad de identificar y comprender procesos importantes que controlan los climas monzónicos y su variabilidad y cambio en las Américas, y cómo estos procesos interactúan con cuestiones sociales más amplias, como los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación.

El artículo sobre el Plan de Modelado de VAMOS presenta ideas y prioridades de implementación, basadas en los enfoques integrados del modelado, análisis y asimilación de datos. La estrategia consiste en aprovechar las observaciones intensivas de VAMOS, y está diseñada para brindar al mismo tiempo una orientación apoyada en los modelos a la evolución del programa de observación en múltiples niveles de VAMOS. El plan de modelado de VAMOS hace aportes significativos a las actividades relevantes al marco estratégico de WCRP que se realizan dentro de CLIVAR, en particular respecto de la evaluación y mejora de los pronósticos y las simulaciones estacionales.

Finalmente, la contribución sobre IASCLIP presenta ejemplos de interacciones interhemisféricas, como las que tienen lugar entre la piscina cálida del hemisferio occidental y el Pacífico sudoriental, y los procesos físicos de Amazonia que están conectados con el Atlántico Norte Tropical/Subtropical. Ninguno de los programas de VAMOS por sí solo puede intentar comprender estas interacciones sino sólo cooperando con los demás.

En este número incluimos también una breve nota sobre el exitoso Experimento Regional del Estudio del Océano-Nubes-Atmósfera-Tierra de VAMOS (VOCALS-REx).

continue to send a limited number of printed copies of VAMOS! to institutions that are registered on our mailing list. We take the opportunity to thank Carlos Ereño for his continuous support in all VAMOS activities, and Howard Cattle, International Project Office of CLIVAR, for the generous offer to publish VAMOS! in association with CLIVAR Exchanges. This will guarantee the continuity of our Newsletter as long as VAMOS continues to exist as a panel.

*Hugo Berbery
Department of Atmospheric and Oceanic Science
University of Maryland, USA
Co-chair of VAMOS Panel / Copresidente del Panel VAMOS*

*José Marengo
CPTEC/INPE, Brasil
Co-Chair of VAMOS Panel / Copresidente del Panel VAMOS*

Por razones presupuestarias este número de VAMOS! aparecerá como suplemento de la versión impresa de CLIVAR Exchanges, pero continuará estando disponible en formato digital en el sitio web de VAMOS. Es así que muchas personas que solían recibir copia impresa de VAMOS! dejarán de hacerlo. Sin embargo, continuaremos enviando una cantidad limitada de copias impresas a instituciones que están registradas en nuestra lista de distribución. Aprovechamos esta oportunidad para agradecer a Carlos Ereño por su permanente apoyo a todas las actividades de VAMOS, y a Howard Cattle, Oficina Internacional del Proyecto CLIVAR, por el generoso ofrecimiento de publicar VAMOS! junto con CLIVAR Exchanges, lo que asegurará la continuidad de nuestra revista mientras VAMOS exista como panel.

Activities on anthropogenic climate change

Actividades relacionadas con el cambio climático antrópico

Introduction

The increased recognition that our climate is changing due to human and natural influences has produced a growing demand for climate change information for use in integrated assessments. Rapid flow of this information to decision makers and planners is extremely important for impact studies, directed towards the proposal of adaptation measures. In the Variability of American Monsoons Systems (VAMOS) context, the future interplay of societal and scientific aspects of climate change includes the need to identify and understand important processes that control monsoonal climates, their variability and change in the Americas, and how these processes interact with broader societal issues, such as impacts, vulnerability, and adaptation.

Relevant Scientific Issues

Here we summarize the current scientific understanding of the observed and projected impacts of climate change on monsoon-related processes in the Americas and identify relevant scientific issues that need to be better addressed by the VAMOS community. This summary is based on the first report of the VAMOS Anthropogenic Climate Change (ACC) task force (Cavazos et al., 2008), which builds upon key results of the Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and other recent findings.

Assessments of model performance and uncertainty analyses

An important area of research is the design of metrics to test the ability of models to simulate well-observed features of the current climate. Such metrics provide guidance about overall strengths and weaknesses of individual models, as well as of the general state of modeling. Kim et al., (2008) for example evaluated the global monsoon variability simulated by 21 Coupled

Introducción

El reconocimiento de que nuestro clima está cambiando por influencias humanas y naturales ha generado una demanda cada vez mayor de información sobre el cambio climático para ser usada en evaluaciones integradas. Un flujo rápido de esta información hacia los tomadores de decisiones y planificadores es de suma importancia para los estudios de impacto, que tienen por objeto proponer medidas de adaptación. En el contexto de la Variabilidad de los Sistemas Monzónicos Americanos (VAMOS, por sus siglas en inglés), la interacción futura de los aspectos sociales y científicos del cambio climático incluye la necesidad de identificar y comprender procesos importantes que controlan los climas monzónicos, su variabilidad y cambio en las Américas y el modo en que estos procesos interactúan con cuestiones sociales más amplias como los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación.

Temas científicos relacionados

Sintetizamos aquí los conocimientos científicos actuales de los impactos, observados y proyectados, del cambio climático en los procesos relacionados con los monzones en las Américas e identificamos temas científicos pertinentes que requieren un mejor abordaje por parte de la comunidad de VAMOS. Este resumen se basa en el primer informe del grupo de trabajo de VAMOS sobre Cambio Climático Antrópico (ACC) (Cavazos et al., 2008), que se apoya en resultados clave del Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y otras conclusiones recientes.

Evaluación del desempeño de los modelos y los análisis de incertidumbre

Una importante área de investigación es el diseño de métricas para evaluar la habilidad de los modelos para simular

Global Circulation Models (CGCMs) of the World Climate Research Programme's Coupled Model Intercomparison Project phase 3 (CMIP3) multimodel dataset that participated in the IPCC-AR4. Medium and high resolution models adequately reproduced the summer monsoon rainfall patterns (Figure 1, cover), but the spread among the models was large, particularly on the windward side of narrow mountains, such as in Mexico. CGCMs simulations have also shown large biases in the structure and evolution of the Intertropical Convergence Zone and the El Niño-Southern Oscillation (ENSO). CMIP3 model assessments for South America (e.g., Vera et al., 2006) showed that the models were able to reproduce the main features of the seasonal cycle of precipitation during the 20th century, but there was considerable variation regarding the ENSO amplitude and the Southern Hemisphere circulation response to ENSO.

Improvement of simulation and understanding of major tropical and monsoon-related modes of variability

The global monsoon systems all involve general circulation connections between the tropics and the subtropics that depend on many factors, from regional air-sea interactions and land processes to teleconnection influences (e.g., ENSO, Pacific Decadal Oscillation and Atlantic Multidecadal Oscillation). The monsoon regions of the Americas have experienced significant increases in surface temperatures during the last quarter of the 20th century with further warming of approximately 1 oC to 4 oC likely to occur in North America at the end of the 21st century. Such an increase could potentially affect the land-sea thermal contrast, which is known to influence the position of the upper-level monsoon anticyclone and hence the onset and intensity of the monsoon rainfall. However, sea surface temperatures have also exhibited significant positive trends in the last quarter of the 20th century which would likely counterbalance the land-sea thermal contrast. To date little is known about the trends in differential heating between the North American continent and the surrounding oceans and their possible influence on monsoon dynamics. It could be hypothesized that the summer monsoons would increase in strength in the future, but model results are not as straightforward as this simple prediction as they show a weakening of the tropical circulation by the late 21st century, as well as a weakening of the South American monsoon system (SAMS).

At intraseasonal timescales, the simulation of the Madden-Julian Oscillation in contemporary CGCMs also remains unsatisfactory; models underestimate the strength and coherence of convection and wind variability. It has been suggested that inadequate representation of cloud radiative interactions and/or convection-moisture interactions in climate models may be responsible for this bias.

Aerosols, land cover and land use

Anthropogenic activities impacting the global concentration of greenhouse gases or changes in land use are apparent over portions of the SAM region. Studies indicate that increased aerosol loading in the atmosphere may have strong impacts on monsoon evolution through changes in local heating of the atmosphere and the land surface. The uncertain role of aerosols complicates the nature of future projections of monsoon precipitation. If only the direct effect of the aerosol increase is considered, surface temperatures may not warm as much because the aerosols reflect solar radiation. For this reason, the land-sea temperature contrast may become smaller than presently occurs thereby weakening the summer monsoon circulation. However, how

características conocidas del clima actual. Dichas métricas dan una idea acerca de las fortalezas y debilidades generales de los modelos, así como del estado general del modelado. Kim et al., (2008), por ejemplo, evaluaron las simulaciones de la variabilidad monzónica global realizadas por 21 Modelos de Circulación General Acoplados (CGCMs) de la base de datos de múltiples modelos de la tercera fase del proyecto de intercomparación de modelos acoplados (CMIP3) del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas que participaron en el IPCC-AR4. Los modelos de resolución media y alta reprodujeron adecuadamente los patrones de precipitación monzónica estival (Figura 1, tapa), pero la dispersión entre los modelos resultó ser grande, especialmente en la ladera de barlovento de montañas estrechas como las de México. Las simulaciones de los CGCMs mostraron también la presencia de grandes sesgos en la estructura y evolución de la Zona de Convergencia Intertropical y El Niño-Oscilación Sur (ENSO). En las evaluaciones de los modelos de CMIP3 para América del Sur (por ejemplo, Vera et al., 2006) se vio que los modelos podían reproducir las características principales de la marcha estacional de la precipitación en el siglo XX, pero que existían importantes variaciones respecto de la amplitud del ENSO y la respuesta de la circulación en el hemisferio sur a este fenómeno.

Mejoras en la simulación y comprensión de los principales modos de variabilidad tropical y monzónica

Los sistemas monzónicos globales tienen conexiones con la circulación general entre los trópicos y los subtrópicos que dependen de numerosos factores, desde las interacciones regionales aire-mar y procesos terrestres hasta las influencias de las teleconexiones (por ejemplo, ENSO, Oscilación Decadal del Pacífico y Oscilación Multidecadal del Atlántico). La temperatura en superficie en las regiones monzónicas de las Américas ha aumentado significativamente durante los últimos 25 años del siglo XX y es probable que aumente todavía entre aproximadamente 1 oC y 4 oC en América del Norte hacia fines del siglo XXI. Este aumento podría afectar el contraste térmico tierra-mar, que tiene un efecto conocido en la ubicación del anticiclón monzónico de altura y por lo tanto en el inicio e intensidad de la precipitación monzónica. Sin embargo, la temperatura de la superficie del mar también mostró tendencias positivas significativas en los últimos 25 años del siglo XX, que podrían contrarrestar el contraste térmico tierra-mar. Hasta ahora poco se sabe acerca de las tendencias en el calentamiento diferencial entre el continente norteamericano y los océanos que lo rodean y su posible influencia en la dinámica de los monzones. Podría suponerse que la intensidad de los monzones estivales aumentaría en el futuro, pero los resultados de los modelos no son tan sencillos como esta predicción supone ya que muestran un debilitamiento de la circulación tropical hacia fines del siglo XXI, así como un debilitamiento del sistema monzónico de América del Sur (SAMS, por sus siglas en inglés).

En escalas intraestacionales, la simulación de la Oscilación de Madden-Julian tampoco es satisfactoria en los CGCMs actuales; los modelos subestiman la fuerza y la coherencia de la variabilidad de la convección y del viento. Se ha sugerido que este sesgo puede tener su origen en una representación incorrecta de las interacciones radiativas de las nubes y/o las interacciones entre la convección y la humedad en los modelos

Los aerosoles y la cobertura y uso de la tierra

En algunas partes de la región del monzón sudamericano, son evidentes las actividades del hombre, como el cambio en el uso de la tierra, que afectan la concentración global de gases de

regional circulation and rainfall changes will occur over the SAM remain unclear. Presently aerosol impacts on the North American monsoon region are unknown.

The American monsoon regions are vulnerable to climate change and especially to extreme climate events such as intense droughts and floods. In the Amazon, the temperature rise is expected to cause greater evapotranspiration, leading to the acceleration of the hydrological cycle and to greater loss of soil moisture, with potential alterations of the Amazonian biome. Vegetation and land cover are thought to play a significant role in modulating monsoon variability through land surface fluxes and moisture recycling to the atmosphere. However, it is not yet clear how expected changes in land cover, which are relatively uncertain, will impact precipitation processes.

Development of detection and attribution studies

A common conclusion from the variety of studies carried out by means of data analysis or simulations using CGCMs over the past 15 years is that much of the observed warming cannot be explained exclusively by natural factors. A substantial quantity of anthropogenic influence, in the form of greenhouse gas emissions and land cover change is necessary to explain the warming. However, most existing studies fall short in confidently attributing trends in regional precipitation patterns, particularly in the monsoon regions. As such, there has been little if any work published to date on the attribution of specific changes in regional precipitation to climate change or other possible mechanisms.

Regional climate downscaling for integrated assessments of climate change

Within the impacts and adaptation community there is a growing shift toward integrated assessments, wherein regional climate change projections form a principal factor for decision support systems aimed to reducing vulnerability and to lay the methodological basis for future adaptation studies. At present the regional projections are perhaps the weakest link in this process and the bulk of information readily available for policy and resource managers is largely derived from CGCMs. The CREAS initiative (Regional Climate Change Scenarios for South America) was recently implemented in South America (Marengo et al., 2008). It aims to provide high resolution climate change scenarios for raising awareness among government and policy makers in assessing climate change impacts, vulnerability and in designing adaptation measures for different sectors. To date, much of the work remains at the level of methodological development. Regional climate change scenarios for impacts and adaptation studies remain to be thoroughly explored in the VAMOS regions.

The use of regional climate models and downscaled CMIP3 climate change scenarios in developing countries has expanded thanks to portable models such as the International Centre for Theoretical Physics-Regional Climate Research NETWORK (ITCP-RegCM), the PRECIS-CARIBE scenarios (<http://precis.insmet.cu/Precis-Caribe.htm>), the statistically downscaled CMIP3 climate projections for the United States and northern Mexico (http://gdo-dcp.ucllnl.org/downscaled_cmip3_projections), and the CREAS dynamical downscaling climate change projections for South America (http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas).

invernadero. Los estudios indican que un aumento en la carga de aerosoles en la atmósfera puede tener grandes impactos en la evolución de los monzones a través de variaciones en el calentamiento local de la atmósfera y la superficie terrestre. El papel incierto de los aerosoles complica la naturaleza de las proyecciones futuras de la precipitación monzónica. Si sólo se tiene en cuenta el efecto directo del incremento de los aerosoles, la temperatura en superficie puede no sufrir grandes aumentos ya que los aerosoles reflejan la radiación solar. Es por ello que el contraste de temperatura tierra-mar puede reducirse a valores menores que los actuales, debilitando así la circulación monzónica estival. Sin embargo, no está claro cómo tendrán lugar los cambios en la circulación y precipitación regional en SAM. Actualmente se desconocen los impactos de los aerosoles en la región del monzón de América del Norte.

Las regiones monzónicas de América son vulnerables al cambio climático y en particular a los eventos climáticos extremos como las sequías o las inundaciones severas. En Amazonia, se espera que las mayores temperaturas provoquen más evapotranspiración, llevando a la aceleración del ciclo hidrológico y a una mayor pérdida de humedad del suelo, con cambios potenciales en el bioma amazónico. Se cree que la vegetación y la cobertura de la tierra juegan un papel importante en la modulación de la variabilidad de los monzones mediante los flujos de la superficie de la tierra y el reciclado de humedad a la atmósfera. Sin embargo, aún no está claro el impacto que tendrán los relativamente inciertos cambios esperados en la cobertura de la tierra en los procesos de precipitación.

Desarrollo de estudios de detección y atribución

Una conclusión que es común a diferentes estudios realizados en los últimos 15 años mediante el análisis de datos o las simulaciones con CGCMs es que los factores naturales no explican por sí solos gran parte del calentamiento observado. Para explicar el calentamiento se necesita una influencia antrópica sustancial, en forma de emisiones de gases invernadero y cambios en el uso de la tierra. Sin embargo, la mayor parte de los estudios existentes no logran atribuir con confianza tendencias en los patrones regionales de precipitación, especialmente en las regiones monzónicas. En este sentido, poco o nada se ha publicado hasta el momento acerca de la atribución de cambios específicos en la precipitación regional al cambio climático u otros mecanismos posibles.

Downscaling climático regional para evaluaciones integradas del cambio climático

La comunidad de impactos y adaptación se está volcando cada vez más a las evaluaciones integradas, en las que las proyecciones de cambio climático constituyen un factor importante de los sistemas de apoyo a las decisiones dirigidos a reducir la vulnerabilidad y establecer las bases metodológicas para estudios de adaptación en el futuro. Actualmente, las proyecciones regionales constituyen quizá el eslabón más débil de este proceso y la mayor parte de la información al alcance del sector de políticas y de manejo de recursos proviene en gran medida de CGCMs. Recientemente se implementó la iniciativa CREAS (Escenarios de cambios climáticos regionales para América del Sur) (Marengo et al., 2008) que tiene por objeto brindar escenarios de cambio climático de alta resolución para crear conciencia entre los gobiernos y los responsables de políticas en la evaluación de los impactos del cambio climático, la vulnerabilidad y en el diseño de medidas de adaptación para diferentes sectores. A la fecha, gran parte del trabajo se encuentra en la fase de desarrollo metodológico. Los escenarios de cambios climáticos regionales para estudios de

Concluding remarks

It is critical that the VAMOS community develops common process-oriented metrics at different timescales to examine the ability and uncertainties of the CGCMs in the monsoon regions of the Americas. The cascade of uncertainties in CGCM fields needs to be understood since they will be transmitted to the regionalization tools and to the climate change assessments. Observations of sufficient detail and scope are required to improve validation, models, and model ensembles and to ensure that monsoon-related processes can be adequately elucidated, predicted and projected. Therefore, there is the need to create or improve regional databases that include observations, model simulations, and regional downscaling simulations at daily and monthly timescales, for impact assessment studies.

References/Referencias

Cavazos, T., D. Gochis, J.A. Marengo, and J.P. Boulanger, 2008: VAMOS and anthropogenic climate change in the Americas. Report of the VAMOS ACC task force, 24 pp. http://www.clivar.org/organization/vamos/Publications/VAMOS_ACC_12Nov2008.pdf
Kim, H.-J., B. Wang, and Q. Ding, 2008: The global monsoon variability simulated by CMIP3 coupled climate models. *J. Climate*, 21, 5271-5994.
Marengo, J.A., R. Jones, L. Alves, M. Valverde, 2008: Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *Int. J. Climatol.*, In press.
Vera, C., G. Silvestri, B. Liebmann, P. González, 2006: Climate change scenarios for seasonal precipitation in South America from IPCC-AR4 models. *Gephys. Res. Lett.*, 33, L13707, doi:10.1029/2006GL025759.

impacto y adaptación deben examinarse minuciosamente en las regiones de VAMOS.

El uso de modelos climáticos regionales y escenarios de cambio climático reducidos en escala de CMIP3 en países en desarrollo se ha expandido gracias a los modelos portátiles como el modelo del Centro Internacional de Física Teórica -Red de Investigaciones Climáticas Regionales (ITCP-RegCM), los escenarios de PRECIS-CARIBE (<http://precis.insmet.cu/Precis-Caribe.htm>), las proyecciones climáticas por downscaling estadístico CMIP3 para Estados Unidos y norte de México (http://gdo-dcp.ucllnl.org/downscaled_cmip3_projections), y las proyecciones de cambio climático por downscaling dinámico de CREAS para América del Sur (http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas).

Comentarios finales

Es fundamental que la comunidad de VAMOS desarrolle una métrica común orientada a procesos en distintas escalas temporales para examinar las habilidades y las incertidumbres de los CGCMs en las regiones monzónicas de las Américas. Es necesario comprender la cascada de incertidumbres en los campos de los CGCM ya que éstas serán transmitidas a las herramientas de regionalización y a las evaluaciones de cambio climático. Es necesario contar con observaciones con alcance y detalle suficiente para mejorar la validación, los modelos y los ensambles de modelos y garantizar que los procesos relacionados con los monzones puedan dilucidarse, predecirse y proyectarse adecuadamente. Es decir que se requiere crear o mejorar las bases de datos regionales que incluyan observaciones, simulaciones de modelos, y simulaciones de downscaling regional en escalas diarias y mensuales, para realizar estudios de evaluación de impactos.

Tereza Cavazos
CICESE, Ensenada, Baja California, México

Jose A. Marengo
CPTEC/INPE, Brasil

Modeling issues: an update after 11th panel meeting

Cuestiones de modelado: una actualización luego de la 11a reunión del panel

The Variability of the American Monsoon Systems (VAMOS) modeling implementation is based on an integrated modeling, data analysis and assimilation strategy, which will facilitate the project meet its overarching goal. The strategy selected takes advantage of VAMOS enhanced observations, and is designed to simultaneously provide model-based guidance to the evolving multi-tiered VAMOS observing programme. The modeling implementation plan also makes significant contributions to the World Climate Research Program strategic framework relevant activities conducted within Climate Variability and Predictability (CLIVAR), in particular with respect to assessing and improving seasonal forecasts and model simulations.

La actividad de modelado de la Variabilidad de los Sistemas Monzónicos Americanos (VAMOS) se apoya en una estrategia integrada de modelado, análisis y asimilación de datos, que contribuirá a que el proyecto alcance su objetivo principal. La estrategia elegida aprovecha las observaciones intensivas de VAMOS y está diseñada para brindar al mismo tiempo una orientación apoyada en los modelos para la evolución de este programa de múltiples niveles de observación de VAMOS. El plan de implementación de modelado también hace importantes aportes a las actividades relacionadas con el marco estratégico del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas que lleva adelante el Programa de Variabilidad y Predictabilidad del Clima (CLIVAR), especialmente respecto de la evaluación y la mejora de los pronósticos y las simulaciones estacionales.

The model challenges in VAMOS are several and of the first order. The region itself represents a unique challenge for climate modeling and data assimilation, since it is marked by complex terrain and characterized by a wide range of phenomena including: a strong diurnal cycle and associated land-sea breezes, low level moisture surges, low level jets, tropical easterly waves, intense monsoonal circulations, intraseasonal variability, and continental-scale variations that link the different components of the monsoon. These challenges become evident in seasonal prediction assessments, as documented by Saunier (2007) using DEMETER multi-model seasonal hindcasts (Palmer et al., 2004). For example, Fig. 1 shows large model biases in precipitation, affecting critical areas in the Pan-VAMOS domain.

Land surface processes play important roles in Pan-American climate variability. Vegetation in semi-arid regions, which shows pronounced seasonal and interannual variability, acts as an atmospheric boundary condition that affects momentum transfer, radiation, heat and moisture fluxes. The Amazon region acts as a source of humidity for the South American Monsoon system (SAMS), through the large amount of evapotranspiration. Deforestation in the region can affect the energy balance and the atmospheric circulation over South America (e.g., Nobre et al., 1991; Robertson et al., 2003), and, perhaps have a remote influence on the evolution of ENSO (e.g., Hu et al., 2004).

Recent studies, focusing on increased predictability through land-atmosphere interactions (e.g., Dirmeyer et al., 2008) locate several regions in the Americas that exhibit a considerable degree of coupling, as measured through soil moisture memory. Particularly for the North American Great Plains and for portions of the southern La Plata Basin, these areas show up all year round.

In addition to the surface conditions on sea-surface temperature (SST) and soil moisture, atmospheric aerosols can have a significant influence on the climate of the Americas. Aerosols are an important atmospheric constituent in southwestern North America and Central South America. When the synoptic circulation is weak, anthropogenic sources from urban areas can significantly attenuate and reflect shortwave radiation. Dust is an important factor in the spring and early summer, when green vegetation is sparse, soils are dry and surface winds are strong. In South America, biomass burning, mainly in the central regions, is the main source of aerosols for the atmosphere.

Aerosols are also important in the oceanic regions whose variability is linked to the American Monsoon systems region. In the southeastern Pacific where the VAMOS Ocean-Cloud- Atmosphere-Land Study (VOCALS) component of VAMOS is focused, the geographical diversity in the distribution of atmospheric aerosol and its potential impacts on stratocumulus cloud and radiation results in feedbacks between aerosols and boundary layer cloud evolution. Near the equator, humid lower-tropospheric easterly flow overlies the cloud-topped boundary layer, likely affecting its radiation balance, turbulence and microphysics. South of 15°S, the air above the boundary layer tends to be very dry and clean, having mainly come from the southwest out of storm systems in mid-latitudes and the South Pacific Convergence Zone. The exception is near the South American coast, where along-shore winds allow both industrial and biogenic aerosols to accumulate both within and above the boundary layer.

In regard to prediction, the variability of the American Monsoon Systems exhibits large-scale coherence with several known phenomena that have important impacts on diurnal to

Los desafíos de modelado de VAMOS son varios y de primer orden. La región en sí misma representa un desafío único para el modelado del clima y la asimilación de datos, ya que está marcada por un terreno complejo y caracterizada por una amplia gama de fenómenos entre los que se cuentan una fuerte ciclo diurno y las brisas tierra-mar asociadas, irrupciones de humedad en niveles bajos, las corrientes en chorro de capas bajas, ondas tropicales del este, circulación monzónica intensa, variabilidad intraestacional y variaciones de escala continental que conectan los diferentes componentes del monzón. Estos desafíos se vuelven evidentes en las evaluaciones de los pronósticos estacionales, según documentó Saunier (2007) utilizando los hindcasts estacionales del sistema multi-modelo DEMETER (Palmer et al., 2004). Por ejemplo, la Fig. 1 muestra grandes sesgos en la precipitación modelada, que afectan áreas críticas del dominio Pan-VAMOS.

Los procesos en la superficie continental tienen un papel importante en la variabilidad del clima panamericano. La vegetación de las zonas semiáridas, que exhibe una pronunciada variabilidad estacional e interanual, actúa como condición de contorno de la atmósfera afectando la transferencia de impulso, la radiación y los flujos de calor y humedad. Por su gran evapotranspiración la región amazónica actúa como una fuente de humedad para el sistema monzónico sudamericano (SAMS). La deforestación en la región puede afectar el balance de energía y la circulación atmosférica en América del Sur (ej., Nobre et al., 1991; Robertson et al., 2003) y quizás tener una influencia remota en la evolución del ENSO (ej., Hu et al., 2004).

Estudios recientes centrados en mejorar la predictabilidad a través de las interacciones tierra-atmósfera (ej., Dirmeyer et al., 2008) identifican varias regiones en las Américas que muestran un nivel considerable de acoplamiento, según mediciones del "efecto memoria" de la humedad en el suelo. En particular, estas áreas aparecen durante todo el año en las Grandes Planicies norteamericanas y partes de la cuenca del Río de la Plata en el sur.

Además de afectar las condiciones de superficie de la temperatura de la superficie del mar (SST) y la humedad del suelo, los aerosoles atmosféricos pueden tener una influencia significativa en el clima de las Américas. Los aerosoles son un componente importante de la atmósfera en el sudoeste de América del Norte y en el centro de América del Sur. Cuando la circulación sinóptica es débil, las fuentes antrópicas de áreas urbanas pueden atenuar significativamente la radiación de onda corta y reflejarla. El polvo es un factor importante en primavera y comienzos del verano, cuando la vegetación verde es escasa, los suelos están secos y los vientos son fuertes. En América del Sur, la quema de biomasa, principalmente en las regiones centrales es la fuente principal de aerosoles en la atmósfera.

Los aerosoles también son importantes en las regiones oceánicas cuya variabilidad está conectada con la región de los sistemas monzónicos americanos. En el Pacífico sudoriental sobre la que se concentra el componente de VAMOS llamado Estudio del Océano-Nubes-Atmósfera-Tierra de VAMOS (VOCALS, por sus siglas en inglés), la diversidad geográfica en la distribución de los aerosoles atmosféricos y sus potenciales impactos en los estratocúmulos y la radiación resulta en retroacciones entre los aerosoles y la evolución de las nubes en la capa límite. Cerca del ecuador, el flujo húmedo del este de la tropósfera baja está encima de la capa límite coronada por nubes, lo que probablemente afecta su balance de radiación, turbulencia y microfísica. Al sur de 15°S, el aire por encima de la capa límite tiende a ser muy seco y limpio, proveniente desde el sudoeste, principalmente de sistemas de tormentas de

intraseasonal, interannual and even decadal time scales. Hence there are building blocks that serve as the foundation for climate forecasting. The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) phenomenon is the best understood of these phenomena, but previous research on the Pan-American monsoon has also identified several others, including the Madden-Julian Oscillation (MJO), the Pacific Decadal Oscillation (PDO) and the Tropical Atlantic SSTs. The relative influences of these phenomena on the warm season precipitation regime over the region are not well understood. Conversely, the large scale convective maximum associated with the monsoon affects circulation elsewhere, and understanding and predicting these effects remains a daunting challenge. The Pacific North America (PNA) and the Pacific South America (PSA) patterns can link tropical Pacific convection to anomalies over North America and South America, respectively. Our ability to simulate these global scale interactions is integral to successful seasonal predictions over the Americas.

latitudes medias y de la Zona de Convergencia del Pacífico Sur. La excepción es la zona cercana a la costa sudamericana, donde los vientos paralelos a la costa permiten que los aerosoles industriales y biogénicos se acumulen tanto dentro como por encima de la capa límite.

En cuanto a los pronósticos, la variabilidad de los sistemas monzónicos americanos muestra una coherencia de gran escala con varios fenómenos conocidos que tienen importantes impactos en escalas que van desde la diaria a la intraestacional, interanual e incluso decenal. He ahí los bloques que sirven de fundamento para el pronóstico del clima. El fenómeno del El Niño-Oscilación Sur (ENSO) es el más comprendido de estos fenómenos, pero estudios anteriores del monzón panamericano identificaron también varios otros como la Oscilación de Madden-Julian (MJO), la Oscilación Decenal del Pacífico (PDO) y las SSTs del Atlántico Tropical. La influencia relativa de estos fenómenos sobre el ré-

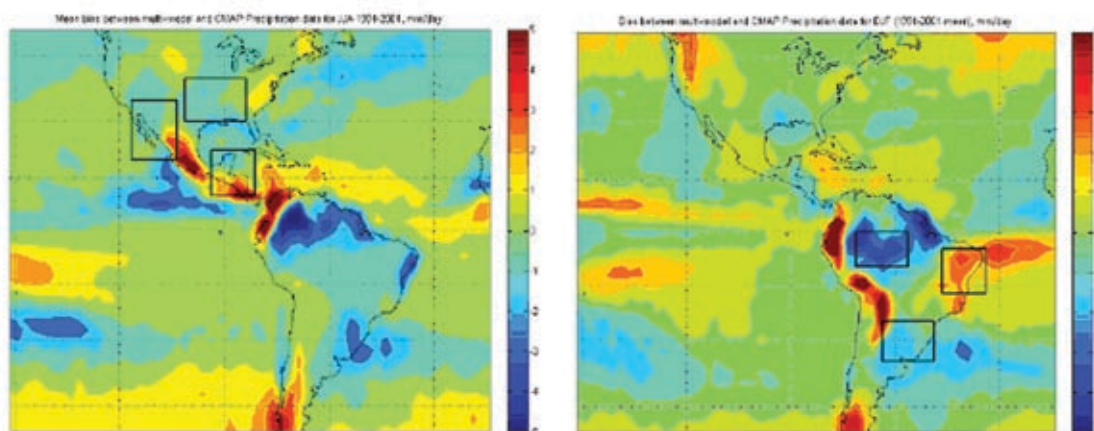


Figure 1: Mean daily precipitation bias in mm/day (DEMETER multi-model hindcasts with respect to CMAP precipitation data): a) For JJA 1991-2001 (hindcasts started on May of each year); b) for DJF 1991/1992 -2001/2002 (hindcasts started on November of each year). From Saunier 2007. // Figura 1: Sesgo en la precipitación media diaria en mm/día (hindcasts del multi-modelo DEMETER respecto de los datos de precipitación de CMAP): a) para los JJA de 1991-2001 (hindcasts iniciados en mayo de cada año); b) para DEF de 1991/1992 -2001/2002 (hindcasts iniciados en noviembre de cada año). De Saunier 2007.

Starting from the shorter scales of variability, accurately simulating the diurnal cycle of precipitation remains a daunting challenge. Models tend to produce excessive rainfall in the afternoon and to underestimate the nocturnal precipitation maxima, as documented in Falvey and Garreaud (2008).

Focusing on seasonal time scale Schemm (2008) emphasized three regions of interest for both the Northern Annular Mode (NAM) and the Southern Annular Mode (SAM). After analyzing several experiments at different horizontal resolutions (T62, T126 and T382) and different forecast lead-times (1 and 3-month lead) the author concludes that the NAM core region is a good example of increased accuracy with increasing model resolution and with shorter lead-times. During the SAM, however significant differences were not found between runs with 1 and 3 month lead forecasts, and in both cases the author found a double peak in precipitation over Northern Brazil that does not agree with observations.

With regard to longer time scales, Mo (2008) argued that both a regional climate model (the Regional Spectral Model -RSM)

gimen de precipitación de la época cálida en la región no es muy conocida. Por el contrario, el máximo de convección de gran escala asociado al monzón afecta la circulación en otras áreas, y la comprensión y pronóstico de estos efectos continúa siendo un desafío sobrecogedor. Los patrones Pacífico- América del Norte (PNA) y Pacífico- América del Sur (PSA) pueden vincular la convección del Pacífico tropical con las anomalías en América del Norte y América del Sur, respectivamente. Nuestra capacidad para simular estas interacciones de escala global es una parte integral del éxito en los pronósticos estacionales en las Américas.

Partiendo de escalas menores de variabilidad, la simulación precisa del ciclo diurno de la precipitación continúa siendo un desafío extraordinario. Los modelos tienden a producir un exceso de precipitación en la tarde y a subestimar los máximos de precipitación nocturna, según documentaron Falvey y Garreaud (2008).

Concentrándose en la escala estacional, Schemm (2008) señaló tres regiones de interés para el Modo Anular del Norte (NAM) y el Modo Anular del Sur (SAM). Luego de analizar varios

and the global forcing model (Climate Forecast System; CFS), have marginal skill in reproducing the interannual JJAS precipitation variability, as seen in Figure 2.

Prospects for improving these predictions on seasonal-to-interannual time scales hinge on the inherent predictability of the system, our ability to tap into this potential predictability and our ability to quantify the initial states and forecast the evolution of the surface forcing variables (e.g. SST and land state including soil moisture). In addition to understanding the role of remote SST forcing throughout the Pacific and Atlantic Oceans, we must understand the nature and role of nearby SST anomalies such as those that form in the Gulf of California, the Gulf of Mexico, the Intra American Sea, the south eastern Pacific, tropical Atlantic and the South Atlantic, just to name a few. The land surface has many memory mechanisms in addition to soil moisture, especially over the western US and in the lee of the southern Andes. Snow extends surface moisture memory across winter and spring.

The VAMOS modeling plan recognizes three distinct, but related roles that observations play in model development and assessment. These are (1) to guide model development by providing constraints on model simulations at the process level (e.g. convection, land/atmosphere and ocean/atmosphere interactions); (2) to help assess the veracity of model simulations of the various key Pan-American phenomena (e.g. low level jets, land/sea breezes, tropical storms), and the linkages to regional and larger-scale climate variability; and (3) to provide initial and boundary conditions, and verification data for model predictions. (Note: Research plans related to improving the basic diagnostic understanding of VAMOS programs are contained within their respective program science plans).

One of the underlying premises of VAMOS modeling is that while many of these processes are, indeed, local to the specific region of interest, there are particular problems and questions relevant throughout the Pan-American region. For example, the interactions with the surface provide, among other things, organization and memory to atmospheric convection so that the problems of modeling land/atmosphere and ocean/atmosphere interactions are intertwined with the deep convection problem. The relatively poor simulation of the diurnal cycle, some aspects of the low level jets, planetary boundary layer processes, clouds and ocean mixing are all Pan-American monsoon problems that necessarily require a regional multi-scale focus but also are critical issues for improving global model simulations and predictions. Improvements on these "process-level" issues will require both

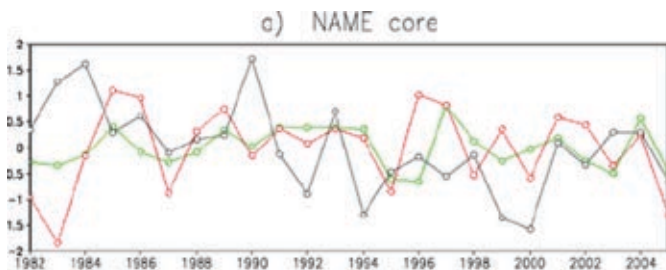


Figure 2: Interannual precipitation variability from Climate Prediction Center gridded data (black), CFS ensemble (red) and RSM ensemble (green) after Mo (2008). // Figura 2: Variabilidad interanual de la precipitación de datos de grilla del Centro de Predicción del Clima (negro), ensamble CFS (rojo) y ensamble RSM (verde), según Mo (2008)

experimentos con distinta resolución horizontal (T62, T126 y T382) y diferentes tiempos de pronóstico (1 y 3 meses) el autor concluye que la región central del NAM constituye un buen ejemplo del aumento de la precisión proporcionado por el aumento de la resolución del modelo y tiempos de pronóstico más breves. Sin embargo, durante el SAM, no se encontraron diferencias significativas entre las corridas de pronósticos a 1 y 3 meses, y en ambos casos el autor halló un doble máximo de precipitación en el norte de Brasil que no se corresponde con las observaciones.

Respecto de escalas mayores, Mo (2008) sostuvo que tanto el modelo climático regional (el Modelo Regional Espectral - RSM) como el modelo forzante global (Sistema de Pronóstico del Clima; CFS), tienen una habilidad marginal para reproducir la variabilidad interanual de precipitación de JJAS, como se ve en la Figura 2.

Las perspectivas de mejorar estos pronósticos en las escalas estacionales a interanuales depende de la predictabilidad inherente del sistema, de nuestra capacidad de captar esta predictabilidad potencial y nuestra habilidad de cuantificar los estados iniciales y pronosticar la evolución de las variables forzantes de superficie (ej., la SST y el estado de la tierra incluyendo la humedad del suelo). Además de entender el papel del forzante remoto de la SST a través del Pacífico y el Atlántico, debemos comprender la naturaleza y el papel de las anomalías de SST cercanas como las que se forman en el Golfo de California, el Golfo de México, el Mar Intraamericano, el Pacífico Sudoriental, el Atlántico tropical y el Atlántico Sur, por nombrar algunas. La superficie continental tiene muchos mecanismos de memoria además de la humedad del suelo, particularmente sobre el oeste de Estados Unidos y a sotavento de los Andes australes. La nieve amplía la memoria de cantidad de humedad en superficie a través del invierno y la primavera.

El plan de modelado de VAMOS reconoce tres funciones diferentes pero relacionadas de las observaciones en el desarrollo y evaluación de los modelos. Estas son (1) orientar el desarrollo de modelos mostrando las limitaciones de las simulaciones de los modelos en el nivel de procesos (ej. convección, interacciones tierra/atmósfera y océano/atmósfera); (2) ayudar a evaluar la veracidad de las simulaciones de distintos fenómenos panamericanos clave (ej. corrientes en chorro en capas bajas, brisas tierra/mar, tormentas tropicales), y las conexiones con la variabilidad climática regional y de mayor escala; y (3) brindar las condiciones de contorno iniciales y los datos de verificación para los modelos de predicción. (Nota: Los planes de investigación relacionados con la mejora de los conocimientos de diagnóstico básicos de los programas de VAMOS están incluidos en sus respectivos planes científicos).

Una de las premisas subyacentes de las actividades de modelado de VAMOS es que mientras muchos de estos procesos son efectivamente locales a la región específica de interés, existen problemas particulares e interrogantes pertinentes a toda la región panamericana. Por ejemplo, las interacciones con la superficie proveen, entre otras cosas, organización y memoria a la convección atmosférica de manera que los problemas del modelado de las interacciones tierra/atmósfera y océano/atmósfera están entrelazados con el problema de la convección profunda. La relativamente pobre simulación del ciclo diurno, algunos aspectos de las corrientes en chorro de capas bajas, los procesos de la capa límite planetaria, las nubes y la mezcla en el océano son problemas de los monzones panamericanos que necesariamente requieren un enfoque regional en múltiples escalas pero que a la vez constituyen cuestiones críticas para mejorar las simulaciones y pronósticos de los modelos globales. Las mejoras en estas cuestiones en el "nivel de proceso" requerirán mejoras fundamentales en las parametri-

fundamental improvements to the physical parameterizations, and improvements as to how we model the interactions between the local processes and regional and larger scale variability in regional and global models.

Development efforts are envisioned that simultaneously tackle these issues from both a "bottom-up" and a "top-down" approach. In the former, process-level modeling is advanced and scaled-up to address parameterization issues in regional and global modeling, while in the latter, regional and global models are scaled-down to address issues of resolution and the breakdown of assumptions that are the underpinnings of the physical parameterizations. The modeling issues/problems described below require a multi-scale or multi-tiered approach with an emphasis on how the various space and time scales interact and are represented in the global and regional models.

To achieve its objectives, VAMOS has adopted a multi-scale approach, which includes monitoring, diagnostic and modeling activities on local, regional, and continental scales. In this multi-scale approach, local processes are embedded in, and are fully coupled with, larger-scale dynamics.

The modeling strategy is organized into four science themes: (A) simulating, understanding and predicting the diurnal cycle, (B) predicting and describing the Pan-American monsoon onset, maturation and demise stages, (C) modeling and predicting SST variability in the Pan-American Seas, and (D) improving the prediction of droughts and floods. It is clear that all four of these science themes are interdependent; indeed, some of the scientific questions such as issues related to scale interactions transcend all four themes. Nevertheless, this organizational structure provides the focus required to tackle the most important modeling issues. Over time these themes will need to be revisited and modified according to improvements in modeling and understanding. The principal cross-cuts among these themes include improving prediction made with global models, multi-scale interactions, data assimilation, and analysis and model improvements. Each science theme includes a comprehensive assessment of how well the models simulate and predict the relevant phenomena on multiple space and time scales. This assessment necessarily requires the identification of indices and metrics for model evaluations and prediction verification. The assessment also involves collaboration within CLIVAR (e.g., Working Group on Seasonal to Interannual Prediction (WGSIP), Working Group on Coupled Modelling (WGCM) and with operational forecast providers (National Centers for Environmental Prediction, International Research Institute for Climate and Society, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) in terms of access to coupled prediction and simulation data. In particular, within WGSIP there is a Climate-system Historical Forecast Project (CHFP) which is a multi-model and multi-institutional experimental framework for sub-seasonal to decadal physical climate system prediction. Given the strong interest that VAMOS community has on these issues, there will be a mirror site of the CHFP at CIMA (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera - <http://chfp.cima.fcen.uba.ar/index.html>), that will aid in strengthening collaboration between model providers and model users at regional level.

zaciones físicas y en la forma en que simulamos las interacciones entre los procesos locales con la variabilidad regional y de mayor escala en los modelos regionales y globales.

Se planean esfuerzos de desarrollo que aborden simultáneamente estas cuestiones con enfoques "bottom-up" y "top-down". En el primero, se hacen avances en el modelado en el nivel de proceso y se aumenta su escala para abordar cuestiones de parametrización en el modelado regional y global, mientras que en el segundo, se disminuye la escala de los modelos regionales y globales para tratar cuestiones de resolución y la descomposición de los supuestos que son las bases de las parametrizaciones físicas. Las cuestiones/problemas del modelado que se describen a continuación requieren de un enfoque en múltiples escalas y etapas con énfasis en cómo interactúan las diferentes escalas espaciales y temporales y cómo están representadas en los modelos regionales y globales.

Para lograr sus objetivos, VAMOS adoptó un enfoque multi-escala, que incluye actividades de monitoreo, diagnóstico y modelado en escalas locales, regionales y continentales. En este enfoque de múltiples escalas, los procesos locales están inmersos en una dinámica de mayor escala y acoplados a ella.

La estrategia de modelado se organiza alrededor de cuatro temas científicos: (A) simulación, comprensión y predicción del ciclo diurno, (B) predicción y descripción de las etapas de inicio, maduración y fin del monzón panamericano, (C) modelado y pronóstico de la variabilidad de la SST en los mares panamericanos y (D) mejora en el pronóstico de las sequías y las inundaciones. Está claro que estos cuatro temas científicos son interdependientes; en efecto, algunos de los interrogantes científicos como las cuestiones relacionadas con las interacciones entre escalas trascienden los cuatro temas. No obstante, esta estructura organizativa provee el foco necesario para abordar los problemas más importantes de modelado. Estos temas deberán ser revisados con el paso del tiempo y modificados de acuerdo con los avances que se logren en el modelado y la comprensión. Los principales ejes transversales entre estos temas incluyen mejorar los pronósticos de los modelos globales, las interacciones multi-escala, la asimilación de datos y los análisis y modelos. Cada tema científico incluye una evaluación exhaustiva de cuán bien los modelos simulan y pronostican los fenómenos pertinentes en múltiples escalas espaciales y temporales. Esta evaluación requiere necesariamente la identificación de índices y métricas de las evaluaciones de los modelos y la verificación de los pronósticos. La evaluación también incluye la cooperación dentro de CLIVAR (ej., Grupo de Trabajo sobre Pronósticos Estacionales a Interanuales (WGSIP), Grupo de Trabajo sobre Modelado Acoplado (WGCM) y con proveedores de pronósticos operativos (Centros Nacionales de Pronósticos Ambientales -NCEP, Instituto de Investigación Internacional para el Clima y la Sociedad -IRI, Centro de Pronóstico del Tiempo y Estudios Climáticos -CPTEC, Centro Europeo de Pronóstico del Tiempo a Mediano Plazo -ECMWF) en términos de acceso a datos acoplados de pronóstico y simulación. En particular, dentro de WGSIP está el Proyecto de Pronóstico Histórico del Sistema Climático (CHFP) que es un marco experimental de múltiples modelos e instituciones para el pronóstico del sistema físico del clima en escalas desde sub-estacional hasta la decadal. Dado el gran interés que tiene en estos temas la comunidad de VAMOS, habrá un portal espejo del CHFP en el CIMA (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera - <http://chfp.cima.fcen.uba.ar/index.html>), que contribuirá a fortalecer la cooperación entre los proveedores y los usuarios de los modelos en el nivel regional.

References / Referencias

Dirmeyer, P., 2008: Predictability from land conditions, presentation at the 11th VAMOS Panel Meeting, March 2008, Miami, Florida. Available online at: http://www.clivar.org/organization/vamos/Meetings/VPM11_present/We4_Dirmeyer.pdf Last accessed 13-January-2009.

Falvey, M. and R. Garreaud, 2008: Continental scale simulation of the South American Monsoon, presentation at the 11th VAMOS Panel Meeting, March 2008, Miami, Florida. Available online at: http://www.clivar.org/organization/vamos/Meetings/VPM11_present/We6_DGF.pdf Last accessed 13-January-2009.

Hu, Z., E.K. Schneider, U.S. Bhatt, and B.P. Kirtman, 2004: Potential mechanism for response of El Niño-Southern Oscillation variability to change in land surface energy budget, *J. Geophys. Res.*, 109, D21113, doi:10.1029/2004JD004771

Mo, K., 2008: VAMOS modeling, presentation at the 11th VAMOS Panel Meeting, March 2008, Miami, Florida. Available online at: http://www.clivar.org/organization/vamos/Meetings/VPM11_present/We7_Kingtse.pdf Last accessed 13-January-2009.

Nobre, C.A., P.J. Sellers, and J. Shukla, 1991: Amazonian Deforestation and Regional Climate Change. *J. Climate*, 4, 957-988.

Palmer, T. N., and co-authors, 2004: Development of a European multi-model ensemble system for seasonal to inter-annual prediction (DEMETER), *BAMS*, 85 853-872.

Robertson, A. W., J. D. Farrara, and C. R. Mechoso, 2003: Simulations of the atmospheric response to South Atlantic sea surface temperature anomalies. *J. Climate*, 16, 2540-2551.

Saunier, L., 2007: Assessment of DEMETER seasonal forecast performance over the Pan-VAMOS region. Rapport de stage d'option scientifique, Ecole Polytechnique, Paris, France.

Schemm, J., 2008: Evaluation of the NCEP CFS GCM on the Predictability of the Pan-American Monsoons, presentation at the 11th VAMOS Panel Meeting, March 2008, Miami, Florida. Available online at: http://www.clivar.org/organization/vamos/Meetings/VPM11_present/We1_Schemm.pdf Last accessed 13-January-2009.

Ben Kirtman
University of Miami, RSMAS, USA

Celeste Saulo
Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera,
Argentina

Cross-hemispheric interactions between variability of the American monsoon systems regions

Two large tropical heating centers, Amazonia and the Western Hemisphere warm pool (WHWP) (Wang and Enfield, 2001), dominate the summer climates from the pampas of northern Argentina to the south-central United States, and from Meso-America to West Africa. Monsoons within these regions wax and wane, with the heating centers in a seasonal see-saw between the northern and southern hemispheres. In *Climate Variability and Predictability - Variability of the American Monsoon Systems (CLIVAR-VAMOS)* we have become accustomed to focus on one or other region or season through a series of targeted observational campaigns designed to enhance our understanding and improve our predictive capabilities. These observational programs include, but are not limited to: EPIC (Eastern Pacific Investigation of Climate processes); SALLJEX (South American Low-Level Jet Experiment); NAME (North American Monsoon Experiment); MESA (Monsoon Experiment - South America); VOCALS (VAMOS Ocean-Clouds-Atmosphere-Land Studies); and the most recently started IASCLIP (Intra-Americas Study of Climate Processes). Each of these programs has focused on a single monsoon system and season or, as in the case of NAME and IASCLIP, a part of a monsoon system. Because of the need to focus research effort, and due to their orthogonality in

Interacciones interhemisféricas entre regiones de variabilidad de los sistemas monzónicos americanos

Dos grandes centros cálidos tropicales, Amazonia y la piscina cálida del hemisferio occidental (WHWP, por sus siglas en inglés) (Wang y Enfield, 2001), dominan los climas estivales desde la región pampeana en el norte de Argentina hasta el centro sur de Estados Unidos, y desde Centroamérica hasta África Occidental. Los monzones en estas regiones se fortalecen y debilitan, con los centros cálidos en una oscilación estacional entre los hemisferios norte y sur. En el Programa sobre Variabilidad y Predictabilidad del Clima - Variabilidad de los Sistemas Monzónicos Americanos (CLIVAR-VAMOS) nos hemos acostumbrado a concentrarnos en una región o estación dada mediante campañas de observación estructuradas para mejorar nuestros conocimientos y capacidad de pronóstico. Entre estos programas de observación se cuentan (aunque no son los únicos): EPIC (Investigación de los Procesos Climáticos en el Pacífico Oriental); SALLJEX (Experimento de la Corriente en Chorro en Capas Bajas de Sudamérica); NAME (Experimento del Monzón de Norteamérica); MESA (Experimento del Monzón de Sudamérica); VOCALS (Estudios de VAMOS sobre Océano-Nubes-Atmósfera-Tierra); y el más reciente IASCLIP (Estudio Intra-americano de los Procesos Climáticos). Cada uno de estos programas se concentró en un sistema monzónico y en una estación en particular

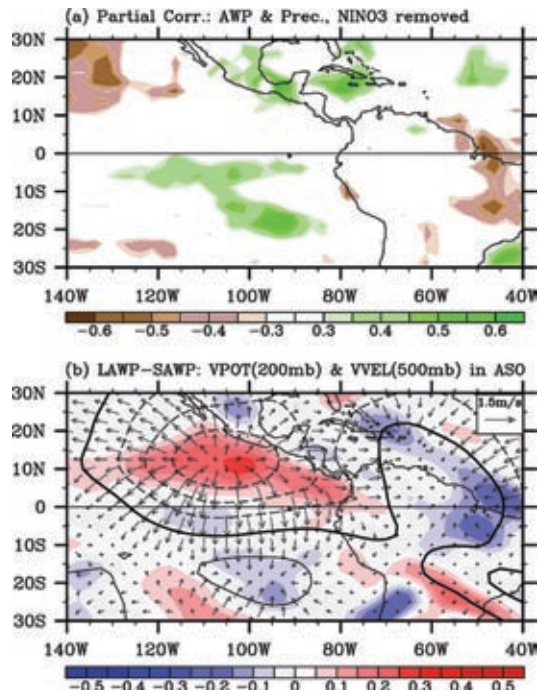


Figure 1. (a) Partial correlation of August-October rainfall anomalies with contemporaneous anomalies in the size of the Atlantic warm pool (AWP), with the influence of SSTA in the NINO-3 region removed (from Wang et al., 2006). (b) Composite average anomalies (upper minus lower quartiles of AWP size) of velocity potential (contours, $106 \text{ m}^2/\text{sec}$, interval $5 \cdot 106 \text{ m}^2/\text{sec}$), irrotational wind (vectors, inset reference arrow) and 500 hPa vertical velocity (red is upward, $10^{-1} \text{ Pa}/\text{sec}$) during August-October // Figura 1. (a) Correlación parcial de anomalías de precipitación de agosto-octubre con anomalías contemporáneas del tamaño de la poza cálida del Atlántico (AWP), luego de removida la influencia de la SSTA en la región NIÑO-3 (de Wang et al., 2006). (b) Composición de anomalías promedio (cuartiles superiores menos inferiores del tamaño de la AWP) del potencial de velocidad (isolíneas, $106 \text{ m}^2/\text{sec}$, intervalo $5 \cdot 106 \text{ m}^2/\text{sec}$), componente irrotacional del viento (vectores, vector de referencia en el recuadro) y velocidad vertical en 500 hPa (rojo indica hacia arriba, $10^{-1} \text{ Pa}/\text{sec}$) durante agosto-octubre.

time, each of these experiments has had to ignore the other, even though our conventional wisdom tells us that neighboring regions interact. Thus, for example, the EPIC region receives moisture from the Atlantic (IASCLIP), and the MESA region is connected to the southeast Pacific (VOCALS) through trans-Andean circulation modes. Least studied of all interactions, however, are the connections between the hemispheres. In this article, we wish to highlight a few examples of these cross-hemispheric interactions.

Example 1: Warm pool to Southeast Pacific

In an observational study of the Atlantic warm pool (AWP) and its connections with climate anomalies, Wang et al., (2006) pointed to a significant region in the Southeast (SE) Pacific where rain signals associated with warm pool anomalies are detected after the direct influence of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is removed (Fig. 1a). This is part of a larger region where subsidence over the SE Pacific subtropical high pressure system is influenced by the strength of the regional Hadley circulation which is, in turn, energized by diabatic heating over the WHWP in boreal summer (Fig. 1b). The rain signal is detected in satellite data and is most likely due to drizzle under the stratocumulus cloud deck (e.g., Wang

o, como en el caso de NAME e IASCLIP, en una parte de un sistema monzónico. Debido a la necesidad de concentrar los esfuerzos de investigación, y por causa de su ortogonalidad en el tiempo, cada uno de estos experimentos tuvo que ignorar a los otros, aun cuando nuestra opinión clásica sugiere que las regiones vecinas interactúan entre sí. Así, por ejemplo, la región de EPIC recibe humedad del Atlántico (IASCLIP), y la región de MESA está conectada con el Pacífico sudoriental (VOCALS) a través de modos de circulación transandina. Las menos estudiadas de todas las interacciones, sin embargo, son las conexiones entre los hemisferios. En este artículo, queremos destacar algunos ejemplos de interacciones interhemisféricas.

Ejemplo 1: Piscina cálida hacia el Pacífico Sudoriental

En un estudio de observación de la piscina cálida del Atlántico (AWP, por sus siglas en inglés) y sus conexiones con las anomalías climáticas, Wang et al., (2006) indicaron una importante región del Pacífico Sudoriental (SE) donde se detectan señales de precipitación asociadas con las anomalías de las piscinas cálidas luego de removida la influencia directa de El Niño-Oscilación Sur (ENSO) (Fig. 1a). Esta es parte de una región más amplia donde la subsidencia sobre el sistema de alta presión subtropical del Pacífico SE se ve afectada por la fuerza de una circulación regional de Hadley, que a su vez, es activada por calentamiento diabático sobre el WHWP en el verano boreal (Fig. 1b). La señal de precipitación se detecta en los datos satelitales y lo más probable es que se deba a una llovizna debajo de la zona de estratocúmulos (por ejemplo, Wang et al., 2004). Cuando la AWP es grande (Atlántico Norte tropical cálido), la célula de Hadley del verano boreal se ve fortalecida, la subsidencia aumenta alejándose de Sudamérica, y la llovizna al oeste de Perú tiende a incrementarse. El impacto climático de esta respuesta en forma de llovizna en una región deshabitada supuestamente no es de importancia; pero constituye un "canario de minero" para detectar anomalías de subsidencia en la más amplia región del Pacífico sudoriental que pueden afectar los procesos en la capa límite marina, y así afectar la cubierta de estratocúmulos y la tendencia en la temperatura de la superficie del mar (SST). La posible respuesta de la cubierta de nubes y su relación con los sesgos conocidos en los modelos climáticos globales acoplados (GCMs), radica en el núcleo de los fundamentos de VOCALS, y señala conexiones obvias con el programa IASCLIP.

Ejemplo 2: Amazonia hacia el Atlántico Norte Tropical/Subtropical

Muchos estudios mostraron la conexión entre el ENSO del Pacífico y las anomalías de la SST en el Atlántico Norte tropical, que se creía eran debidas principalmente a fluctuaciones anómalas en los alisios del noreste (NE) y sus efectos en la pérdida de calor por evaporación de la capa de mezcla del océano (por ejemplo, Enfield y Mayer 1997). Uno de los mecanismos propuestos para este vínculo es el efecto del ENSO en la intensidad del calentamiento diabático en el norte de Sudamérica (Mestas-Nuñez y Enfield 2001; Wang 2002; Enfield et al., 2006). Este se ve como una reducción en la anomalía del potencial de velocidad en 200 hPa sobre el norte de Sudamérica, y una reducción en el movimiento ascendente en 500 hPa sobre la región de calentamiento diabático normal (Fig. 2a). Este es un aspecto de la alteración que produce el ENSO en la circulación de Walker. Durante el máximo de El Niño en el Pacífico, el debilitamiento resultante de la circulación regional de Hadley hacia el Atlántico Norte en el invierno-primavera boreal causa una reducción en la subsidencia de la alta subtropical del Atlántico Norte, un debilitamiento de los alisios del NE y una disminución en la pérdida de calor por evaporación en el Atlántico Norte tropical

et al., 2004). When the AWP is large (tropical North Atlantic warm), the boreal summer Hadley cell is energized, subsidence increases off South America, and the drizzle west of Peru tends to increase. The drizzle response is presumably unimportant as a climate impact in a region where nobody lives; but it is a "mine canary" for detecting subsidence anomalies over the larger SE Pacific region that can affect processes within the marine boundary layer, and thus influence the stratocumulus cloud cover and sea-surface temperature (SST) tendency. The possible cloud cover response, and its relevance to known biases in global coupled Global Climate Models (GCMs), lies at the heart of the rationale for VOCALS, and points to obvious connections with the IASCLIP program.

Example 2: Amazonia to the Tropical/Subtropical North Atlantic

Many studies have pointed out the connection between the Pacific's ENSO and SST anomalies in the tropical North Atlantic, thought to be due primarily to anomalous fluctuations in the northeast (NE) trades and their effects on evaporative heat loss from the ocean mixed layer (e.g., Enfield and Mayer 1997). One of the mechanisms proposed for this connection is the effect of ENSO on the strength of the diabatic heating over northern South America (Mestas-Nuñez and Enfield 2001; Wang 2002; Enfield et al., 2006). This is seen as a reduction in the velocity potential anomaly at 200 hPa over northern South America, and reduced upward motion at 500 hPa over the normal diabatic heating region (Fig. 2a). This is one aspect of ENSO's disruption of the Walker Circulation. At the peak of El Niño in the Pacific, the resulting weakening of the regional Hadley circulation toward the North Atlantic in boreal winter-spring then brings reduced subsidence over the North Atlantic subtropical high, a weakening of the NE trades and reduced evaporative heat loss over the tropical North Atlantic (TNA). The anomalous warming that results during spring brings about a large summer warm pool during the year following peak El Niño conditions (Enfield et al., 2006). If, however, this atmospheric bridge does not persist past March, the ENSO-related warming in the Atlantic fails to develop (Lee et al., 2008). Clearly, the concerns of IASCLIP cannot be isolated to the Intra-Americas Sea (IAS) region because processes important to South American VAMOS programs have the potential to influence the climate regime of the IAS.

Example 3: Tropical/Subtropical North Atlantic to Amazonia

A well-understood consequence of TNA warmth (large AWP) with respect to the tropical South Atlantic is the northward migration of the intertropical convergence zone (ITCZ) associated with the wind-evaporation-SST feedback process (Xie and Philander 1994). In Fig. 2b we can appreciate the consequences for northern South America during the boreal spring of years with a large AWP. Low-level winds cross the equatorial Atlantic from south to north, and westerly anomalies just north of the equator are co-located with anomalous moisture convergence and the northward displaced ITCZ. Less moisture flows into equatorial South America from the equatorial Atlantic, and anomalous moisture divergence (dryness) dominates the continent north of 15°S.

In all of the VAMOS programs, an overriding objective is to identify biases in the climate models and find ways to remedy them and improve predictions. The existence of these connections between regions tells us that model biases outside of a particular region can be just as important as the biases local to that region. In a recent paper, Chang et al., (2008) demonstrate that a CAM3 (Community Atmospheric Model, version 3) bias in the convection over the Amazon region can affect the zonal winds

(TNA). El calentamiento anómalo que resulta durante la primavera da origen a una gran piscina cálida estival durante el año siguiente al máximo de las condiciones El Niño (Enfield et al., 2006). Sin embargo, si este puente atmosférico no persiste hasta pasado marzo, no se desarrolla en el Atlántico el calentamiento asociado al ENSO (Lee et al., 2008). Claramente, la incumbencia interesada de IASCLIP no pueden limitarse a la región de los Mares Intra-americanos (IAS) porque hay procesos importantes para los programas sudamericanos de VAMOS que tienen el potencial de influir en el régimen climático de IAS.

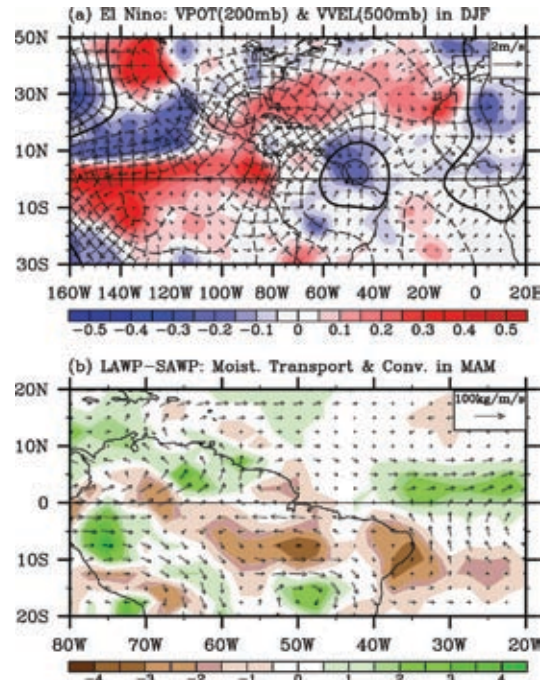


Figure 2. (a) As in Figure 1b, but composite-average anomaly of 5 strong El Niño events during December-February. (b) Vertically averaged March-May moisture transport (arrows, inset reference arrow) and moisture convergence (green positive, 10-5 kg/m²/s) averaged for large minus small quartiles of AWP size during August-October. // Figura 2. (a) Como en la Figura 1b, pero para la composición de anomalías promedio de 5 eventos El Niño fuertes durante diciembre-febrero. (b) Promedio vertical del transporte de humedad en marzo-mayo (flechas, flecha de referencia en el cuadro) y convergencia de humedad (verde es positivo, 10-5 kg/m²/s) promediado para la diferencia entre cuartiles superiores menos inferiores del tamaño de la AWP en agosto-octubre.

Ejemplo 3: Atlántico Norte Tropical/Subtropical hacia Amazonia

Una consecuencia bien entendida de un TNA cálido (una AWP grande) respecto del Atlántico Sur tropical es la migración hacia el norte de la zona de convergencia intertropical (ITCZ) asociada con el proceso de retroacción viento- evaporación-SST (Xie y Philander 1994). En los años con AWP's grandes se ven las consecuencias en el norte de Sudamérica durante la primavera boreal (Fig. 2b). Los vientos de niveles bajos atraviesan el Atlántico ecuatorial de sur a norte, y las anomalías en los oestes justo al norte del ecuador se dan en combinación con una convergencia anómala de humedad y el desplazamiento hacia el norte de la ITCZ. Hay un flujo menor de humedad hacia la Sudamérica ecuatorial desde

over the equatorial Atlantic, which in turn can compromise the performance of coupled climate models in the sensitive equatorial region. Because of the connection of diabatic heating in the Amazon region with the subsidence regime north of the equator, an Amazonian convection bias can affect the development of warm pool anomalies, and through them, the summer climates of Central and North Americas. Similarly, model convection biases in the AWP region may inter-hemispherically affect model deficiencies over the SE Pacific where the VOCALS program is focused.

References // Referencias

- Chang, C.-Y., S. Nigam, and J.A. Carton, 2008: Origin of the springtime westerly bias in equatorial Atlantic surface winds in the Community Atmospheric Model version 3 (CAM3) simulation. *J. Climate*, 21, 4766-4778.
- Enfield, D.B., and D.A. Mayer, 1997: Tropical Atlantic SST variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation, *J. Geophys. Res.* 102, 929-945.
- Enfield D.B., S.-K. Lee, and C. Wang, 2006: How are large Western Hemisphere Warm Pools formed? *Progress in Oceanography*, 70(2-4), 346-365.
- Mestas-Nuñez, A.M., and D.B. Enfield, 2001: Eastern equatorial Pacific SST Variability: ENSO and Non-ENSO components and their Climatic Associations. *Journal of Climate*, 14, 391-402.
- Lee, S.-K., D.B. Enfield and C. Wang, 2008. Why do some El Niños have no impact on tropical North Atlantic SST? *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2008GL034734.
- Wang, Y., S.-P. Xie, H. Xu, and B. Wang, 2004: Regional model simulations of marine boundary layer clouds over the southeast Pacific off South America. Part I: Control experiment. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 274-296.
- Wang, C., and D. B. Enfield, 2001: The tropical Western Hemisphere warm pool. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 1635-1638.
- Wang, C., 2002: Atlantic climate variability and its associated atmospheric circulation cells. *J. Climate*, 15, 1516-1536.
- Wang, C., D.B. Enfield, S.-K. Lee, and C. Landsea, 2006: Influences of the Atlantic warm pool on Western Hemisphere summer rainfall and Atlantic hurricanes. *J. Climate*, 19, 3011-3028.
- Xie, S. P., & Philander, S. G. H. (1994). A coupled ocean-atmosphere model of relevance to the ITCZ in the eastern Pacific. *Tellus A*, 46, 340-350.

el Atlántico ecuatorial, y una divergencia anómala de humedad (sequedad) domina el continente al norte de los 15°S.

Uno de los objetivos primordiales de todos los programas de VAMOS es identificar sesgos en los modelos climáticos y buscar formas de remediarlos y mejorar las predicciones. La existencia de conexiones entre regiones nos dice que los sesgos de los modelos fuera de una región en particular pueden tener la misma importancia que los sesgos locales de esa región. En un trabajo reciente, Chang et al., (2008) demuestran que un sesgo del CAM3 (Community Atmospheric Model, versión 3) en la convección sobre la región amazónica puede afectar los vientos zonales en el Atlántico ecuatorial, que a su vez pueden comprometer el desempeño de los modelos climáticos acoplados en la sensible región ecuatorial. Debido a la conexión del calentamiento diabático en la región amazónica con el régimen de subsidencia al norte del Ecuador, un sesgo en la convección amazónica puede afectar el desarrollo de anomalías en las piscinas cálidas, y a través de ellas, los climas estivales de América Central y del Norte. Similarmente, sesgos en la convección modelada de la región de AWP pueden afectar interhemisféricamente las deficiencias del modelo sobre el Pacífico Sudoriental, foco del programa VOCALS.

*David B. Enfield
Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory
Miami, USA*

*Chunzai Wang
Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory
Miami, USA*

*Sang-ki Lee
Cooperative Institute for Marine and Atmospheric
Science, University of Miami, USA*

Variability of the American monsoon systems and extremes¹

Extremes are an important issue in the Variability of the American Monsoon Systems (VAMOS) regions as they can induce dramatic socio-economic impacts, especially in the countries of Central and South America where vulnerability to such events is major. Over the United States, the National Climate Data Center (NCDC) have documented the billion dollar weather disasters for recent years (Lott and Ross, 2006). From 1980 to 2005, the 10 severe drought and flood events over the United States cost 144

La variabilidad de los sistemas monzónicos americanos y los extremos¹

Los extremos son un tema importante en las regiones de Variabilidad de los Sistemas Monzónicos Americanos (VAMOS) ya que pueden inducir impactos socioeconómicos espectaculares, particularmente en los países de América Central y del Sur donde la vulnerabilidad a tales eventos es mayor. En Estados Unidos, el Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC) documenta los desastres climáticos que causaron pérdidas de miles de millones de dólares (Lott y Ross, 2006). Entre 1980 y 2005, los 10 eventos seve-

¹Condensed from the Task Force White Paper on VAMOS & Extremes developed by // // Sintetizado del White Paper del grupo de trabajo sobre VAMOS & Extremos preparado por Hugo Berbery, Jean-Philippe Boulanger, Dave Gochis, Lisa Goddard, Jose Marengo, Kingtse Mo, Siegfried Schubert, Anji Seth, Claudia Tebaldi

billion dollars in damages. The study of extremes - documenting, understanding, modeling and predicting - therefore constitutes an important cross-cutting theme for all the VAMOS Programs (North American Monsoon Experiment (NAME), Monsoon Experiment - South America (MESA), VAMOS Ocean-Clouds-Atmosphere-Land Studies (VOCALS) and Intra Americas Study of Climate Processes (IASCLIP)). This work can also help assess changes in extremes in the VAMOS region, and to link research to society through the development of prediction and early-warning systems on one hand and of adaptation strategies aimed at reducing vulnerability on the other hand.

VAMOS is in a unique position to utilize its continental perspective in linking extremes in warm season climate behavior to the circulation structures defined as the monsoon systems. Previous studies have analyzed seasonal climate anomalies from a perspective of a large-scale flow pattern modification (e.g., the 1993 U.S. flooding, the 2001 drought of Southeastern-Central Brazil or the 2005 Amazon drought); however, few have linked such climate anomalies to perturbations in the monsoon circulation and/or the impact of warm season transients in monsoon regions that may modify the onset of the rainy season. Such a perspective would constitute a multi-scale approach to understanding the subtle interplay of processes occurring at different space and time scales within monsoon systems, such as terrain heating, vegetation-atmosphere coupling, land-sea breezes, regional moisture flux patterns, synoptic disturbances and oceanic teleconnections.

Defining extremes for the VAMOS regions

Many definitions have been proposed for extremes. For example, the IPCC computes specific Climate Model Extreme Indices (e.g., Frich et al., 2002), and a modified list of definitions for extreme precipitation have been proposed for the Coordinated Energy and Water Cycle Observations Project/Global Energy and Water Cycle Experiment (CEOP/GEWEX) (Burford, 2006). Broadly, two classes of extremes can be defined. One class of definition refers to some statistical property of a meteorological variable typically indexing its severity or rareness. The other class of definition refers to the impact of the event, usually quantified in terms of economic loss or ecological disturbance. Within the latter class of definition, extreme events are relative to the sector of study (e.g., reservoir management or agriculture) and its vulnerability (e.g., infrastructures, early-warning systems, emergency plans). While the definition of extremes based on societal impact is of great interest for stakeholders and should be investigated further in the coming years, its sectoral and societal specificity makes it difficult to provide a general guideline for the VAMOS regions. For the cross-cutting activity on extremes within VAMOS we do not define extreme events based on impacts, but we do acknowledge the need to address those impacts in the context of our definitions. Individual regional VAMOS programs are encouraged to work on sectorally- and locally-specific definitions, where appropriate, as they will be of major importance to link scientific research and society.

The strengths of VAMOS are in process-oriented, dynamical understanding of the warm season climate over the Americas. It therefore appears that an appropriate framework for the VAMOS community would be to work on statistical definitions of extreme events relevant to the warm season climate of the Americas for the analysis of interannual variability, decadal variability and climate change. In working towards explicit definitions of extremes, we will consider definitions of extremes that capture specific historical

ros de sequía e inundación ocurridos en Estados Unidos provocaron daños por 144 mil millones de dólares. El estudio de extremos -su documentación, comprensión, modelado y pronóstico- constituye por lo tanto un tema transversal de importancia para todos los programas de VAMOS (Experimento del Monzón de Norteamérica (NAME), Experimento del Monzón de Sudamérica (MESA), Estudio de Océanos-Nubes-Atmósfera-Tierra de VAMOS (VOCALS) y Estudio Intraamericano de los procesos climáticos (IASCLIP)). Este trabajo también puede ayudar a evaluar cambios en los eventos extremos en la región de VAMOS, y vincular la investigación con la sociedad mediante el desarrollo de sistemas de pronóstico y alerta temprana por un lado y de estrategias de adaptación dirigidas a reducir la vulnerabilidad por el otro.

VAMOS está en una posición única de utilizar su perspectiva continental para vincular extremos en el comportamiento del clima en la época cálida con las estructuras de circulación definidas como sistemas monzónicos. Estudios anteriores analizaron las anomalías climáticas estacionales desde el punto de vista de alteraciones en el patrón del flujo de gran escala (por ejemplo, la inundación de 1993 en EE.UU., la sequía de 2001 en el sudeste y centro de Brasil o la sequía de 2005 en Amazonia); sin embargo, pocos han vinculado esas anomalías climáticas con las perturbaciones en la circulación monzónica y/o el impacto de los sistemas transitorios de la estación cálida de las regiones monzónicas que pueden modificar el inicio de la época de lluvias. Esta perspectiva constituiría un acercamiento en múltiples escalas para comprender la sutil interacción de procesos que tienen lugar en diferentes escalas espaciales y temporales dentro de los sistemas monzónicos, como el calentamiento del terreno, el acoplamiento vegetación-atmósfera, las brisas tierra-mar, los patrones regionales del flujo de humedad, las perturbaciones sinópticas y las teleconexiones oceánicas.

Definición de extremos para las regiones de VAMOS

Se han propuesto numerosas definiciones de extremos. Por ejemplo, el IPCC calcula Índices específicos de Extremos en Modelos Climáticos (ej., Frich et al., 2002), y hay propuesta una lista modificada de definiciones de precipitación extrema para el Proyecto de Observaciones Coordinadas del Ciclo de la Energía y el Agua /Experimento Global sobre el Ciclo de la Energía y el Agua (CEOP/GEWEX) (Burford, 2006). En líneas generales, pueden definirse dos clases de extremos. Una clase de definiciones se refiere a alguna propiedad estadística de la variable meteorológica que en general asigna un índice para su severidad o rareza. La otra clase se refiere a los impactos del evento, que generalmente se cuantifica en términos de pérdidas económicas o disturbios ecológicos. En esta última clase, los eventos extremos son relativos al sector de estudio (ej., manejo de reservorios o agricultura) y su vulnerabilidad (ej., infraestructura, sistemas de alerta temprana, planes de emergencia). Mientras que la definición de extremos basada en los impactos sociales es de gran interés para los actores políticos y debería profundizarse su estudio en los próximos años, su especificidad sectorial y social dificulta la extracción de un lineamiento general para las regiones de VAMOS. Para la actividad transversal sobre extremos en VAMOS no definimos eventos extremos sobre la base de sus impactos, sino que reconocemos la necesidad de abordar dichos impactos en el contexto de nuestras definiciones. Se promueve que cada programa regional de VAMOS trabaje en definiciones específicas sectorial y localmente según corresponda, ya que serán de gran importancia para establecer vínculos entre la investigación científica y la sociedad.

events as well as definitions appropriate to extreme value theory. We will, for example, consider particular years or periods in which the seasonal expression of extreme events was outstanding, whether in the seasonal mean or the weather characteristics. We believe that this will help to further our understanding of mechanisms, predictability and the potential for early warning.

Our definitions of extremes will be cast in terms of seasonal to intra-seasonal departures from multi-decadal climate averages, even if the dynamical understanding of specific types of extreme events requires examination at shorter timescales, such as analyzing the underlying synoptic meteorology. A list of major extreme events being considered for VAMOS is as follows:

* **Droughts:** Drought is broadly defined as persistent precipitation deficits. For meteorological drought, we propose use of standardized precipitation indices. In other contexts, drought may be defined using other variables, such as soil moisture deficit for agricultural drought or streamflow deficits for hydrological droughts. Where data are available to conduct complimentary analyses for these sectoral contexts, such work could increase greatly the local relevance of the work.

* **Fluvial or inundation periods:** Wet extremes encompass a wider range of timescales. One example, taken from the GEWEX/CEOP definition, could be "substantial precipitation for 24h to several days that affects basins or regions on scales of at least 105 km²". In the context of climate variability and change, VAMOS is interested in periods of anomalous frequency of heavy precipitation events, based on daily to weekly characteristics.

* **Heat waves:** Temperature-based extremes also span a range of time scales. The specific definition(s) will be regionally dependent. Since heat waves are of considerable interest in the context of drought, and since extreme heat waves are often coincident with drought, temperature extremes should be considered also in terms of their covariance with precipitation extremes.

VAMOS plans for the 2009-2013 period

We have drafted a work plan on extremes within VAMOS that considers issues that are coherent across VAMOS program areas, that includes aspects of extremes that are somewhat unique to VAMOS, and that capitalizes on existing and on-going efforts within the climate community. In addition, we seek creativity in advancing new metrics for anomalous 'high impact' or 'extreme' behavior such as changes in the seasonal frequency of threshold events (heavy rainfall, hail, high winds), integration of daily departures over a season (e.g., integrated evaporative demand over a season, similar to degree days), and so forth. The unique perspective that VAMOS brings to the study of extremes, is the emphasis on extremes in warm season 'monsoon' hydroclimates.

The initial activity will be refinement of the proposed list of extreme events, including more detailed specification of how extremes, events and indices should be defined, and a listing of season(s) of focus for the various VAMOS program areas. This list may be modified as research progresses. The next activity will be to document extremes over the historical record. This is necessary to lay the foundation for guiding observation, modeling and prediction studies on extremes. Particular questions could be: What are the regional characteristics of the defined extremes? What climate variability or change can be deduced in those extremes? Are there particular years that would be important to study more closely?

Las fortalezas de VAMOS yacen en la comprensión dinámica y orientada de los procesos del clima de la estación cálida en las Américas. Parece entonces que un marco adecuado para la comunidad de VAMOS sería el uso de definiciones estadísticas de eventos extremos pertinentes al clima de la estación cálida de las Américas para analizar la variabilidad interanual, decenal y el cambio climático. Al trabajar para lograr definiciones explícitas de extremos, consideraremos aquellas que capturan eventos históricos específicos así como las que son adecuadas para la teoría de los valores extremos. Por ejemplo, consideraremos años o periodos particulares en los que la manifestación estacional de eventos extremos fue extraordinaria, ya sea en la media estacional como en las características del tiempo. Creemos que esto ayudará a mejorar nuestra comprensión de los mecanismos, la predictabilidad y el potencial de la alerta temprana.

Nuestras definiciones de extremos se asignarán en términos de apartamientos estacionales o intraestacionales de los promedios climáticos multidecenales, aún cuando la comprensión dinámica de tipos específicos de eventos extremos requiera de un análisis en escalas menores, como la meteorología sinóptica asociada a ellos. A continuación presentamos una lista de los eventos extremos que se consideran en VAMOS:

* **Sequías:** *La sequía se define en forma amplia como un déficit persistente de precipitación. Para las sequías meteorológicas proponemos el uso de índices estandarizados de precipitación. En otros contextos, la sequía puede definirse mediante otras variables, como déficit en la humedad del suelo para sequías agrícolas o déficit en los caudales para sequías hidrológicas. Los análisis complementarios para estos contextos sectoriales en los lugares donde se disponga de datos podrían aumentar la relevancia local del trabajo.*

* **Extremos fluviales o períodos de inundación:** *Los extremos húmedos abarcan un rango más amplio de escalas. Un ejemplo tomado de la definición de GEWEX/CEOP podría ser "lluvias considerables de 24 horas a varios días que afectan cuencas o regiones en escalas de al menos 105 km²". En el contexto de la variabilidad y el cambio del clima, VAMOS se interesa en períodos de frecuencias anómalas de precipitaciones intensas, sobre la base de sus características diarias a semanales.*

* **Olas de calor:** *Los extremos de temperatura también abarcan un amplio rango de escalas. Su(s) definición(es) depende(n) de la región. Como las olas de calor tienen un interés considerable en el contexto de las sequías, y como las olas extremas de calor coinciden a menudo con ellas, los extremos de temperatura deberían considerarse también en términos de su covarianza con los extremos de precipitación.*

Planes de VAMOS para el período 2009-2013

Preparamos un plan de trabajo sobre extremos que toma en cuenta cuestiones que son coherentes entre las áreas del programa de VAMOS, incluye aspectos de los extremos que son de alguna manera únicos para VAMOS y capitaliza los esfuerzos existentes y en curso dentro de la comunidad del clima. Además, buscamos creatividad en el avance de una nueva métrica de comportamientos anómalos 'de alto impacto' o 'extremos' como los cambios en la frecuencia estacional de eventos umbral (precipitación intensa, granizo, vientos fuertes), la integración de apartamientos diarios en una estación (ej., demanda de evaporación integrada en la estación, similar a los días-grado), y así sucesivamente. La perspectiva única que aporta VAMOS al estudio de extremos consiste en

Outcomes from these first two activities will help to focus further efforts on extremes within VAMOS.

The VAMOS activity on extremes will benefit from numerous on-going efforts, providing the ability to analyze, characterize and/or diagnose extremes. Of these, the provision of observational and model-based data is paramount. Some of the identified sources or coordinated efforts are given here. Information on efforts we may have missed would be welcome.

a) Observational data

One of the most important efforts within the climate community that is absolutely essential to any study of extremes is the provision of a sufficient length of quality controlled observational data.

- Precipitation and surface temperature data:

For most of the regions studied under VAMOS monthly gridded and station data is available back to 1950. For several regions, multi-decade timeseries of daily data is either currently, or soon to be, available.

- Streamflow data:

Within the US this data is available from the United States Geological Survey. In Brazil this data is available from the Brazilian National Water Authority. For other regions, data may be available, from National Meteorological and Hydrological Services.

- Land surface data:

Satellite data is available for global vegetation. Data is also available from land data assimilation systems, although these are model based. Soil moisture observations, which would be required for agricultural definition of extremes, are not widely available.

- Paleo-data:

This type of data extending back hundreds of years, but through proxies such as tree rings or lake sediments, would provide a valuable insight to the historical variability and change in extreme events, particularly in the context of climate change. An extensive tree ring reconstruction project has been conducted for the United States, but there are issues with diagnosing warm season precipitation from tree rings. Some paleo-data studies have been conducted for parts of South America, but the data is not readily available.

b) Model data

In order to determine predictability or sensitivity to changing ocean temperatures, or changing atmospheric composition, data from dynamical models is crucial. Using various model integrations from idealized experiments, simulations of past conditions, and predictions of future conditions, the VAMOS extremes activity will evaluate the quality of current models in predicting specific extreme events. Contributing to those efforts, several activities are underway, some as part of other CLIVAR activities.

i. The NAME Forecast Forum (and previous NAME Model Assessment Project effort) has been focusing on seasonal scale prediction. More information is available at: http://www.cpc.noaa.gov/products/Global_Monsoons/American_Monsoons/NAME/index.shtml.

su foco en los extremos de la estación cálida de los hidroclimas 'monzónicos'.

La primera actividad será el refinamiento de la lista propuesta de eventos extremos, incluyendo especificaciones más detalladas de cómo deberían definirse los extremos, eventos e índices, y una lista de estación(es) de interés para los distintos programas de VAMOS. A medida que la investigación avance la lista podrá sufrir modificaciones. La próxima actividad será la documentación de los extremos a partir del registro histórico. Esto es necesario para sentar las bases que orienten los estudios de observación, modelado y pronóstico de extremos. Algunos interrogantes específicos podrían ser: ¿Cuáles son las características regionales de los extremos definidos? ¿Qué variabilidad o cambio climático puede deducirse de esos extremos? ¿Hay algún año en particular que deba estudiarse con mayor detalle? Los resultados de estas dos primeras actividades contribuirán a concentrar esfuerzos futuros en extremos dentro de VAMOS.

La iniciativa de VAMOS sobre extremos se verá beneficiada con las numerosas actividades en curso, brindando habilidad para analizar, caracterizar y/o diagnosticar extremos. De ellos, la provisión de datos de observaciones y modelos es primordial. Se presentan algunas fuentes o esfuerzos coordinados y agradeceremos información sobre los que no hayamos mencionado.

a) Observaciones

Uno de los más importantes esfuerzos de la comunidad climática que es absolutamente esencial para cualquier estudio de extremos es la provisión de series de datos observados suficientemente largas y sometidas a control de calidad.

- Datos de precipitación y temperatura en superficie
Para la mayoría de las regiones que se estudian en VAMOS se dispone de datos mensuales en grilla y de estaciones desde 1950. Para otras, series de datos diarios de varias décadas están disponibles o lo estarán pronto.

- Datos de caudales
En EE.UU. estos datos pueden obtenerse en el United States Geological Survey; en Brasil, en la Autoridad Nacional del Agua. En otras regiones, los datos podrían obtenerse en los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales.

- Datos de superficie
Se dispone de datos satelitales para vegetación global. También hay datos de sistemas de asimilación de datos de superficie, aunque son obtenidos de modelos. No hay una disponibilidad amplia de observaciones de la humedad del suelo, que serían necesarios para la definición agrícola de extremos.

- Paleo-datos
Este tipo de datos se remonta a cientos de años, pero se obtienen a través de proxies como los anillos de árboles o los sedimentos lacustres, brindarían elementos valiosos para comprender la variabilidad y cambio históricos de los eventos extremos, especialmente en el contexto del cambio climático. En EE.UU. se ha realizado un gran proyecto de reconstrucciones mediante anillos de árboles, pero hay problemas con el diagnóstico de la precipitación en la estación cálida con este método. En algunas partes de América del Sur se han realizado estudios de paleodatos, pero estos no son fácilmente accesibles.

ii. The CLIVAR Drought Working Group ran atmospheric Global Climate Model experiments forced with a set of idealized sea-surface temperature (SST) forcing patterns deemed to have an impact on drought in the Americas. These include control simulations with climatological SST, and for some models, runs with fixed soil moisture. More information is available at: <http://www.usclivar.org/drought.php> and http://gmao.gsfc.nasa.gov/research/clivar_drought_wg/index.html

iii. A program has been outlined and endorsed by the CLIVAR Asian-Australian Monsoon Panel for a coordinated project in which climate models are run at high resolution to address weather/climate issues to focus on tropical storm climate connections (e.g., impact of the Madden-Julian Oscillation, SST anomalies). The focus is on tropical storms but the runs/project will also be relevant to VAMOS.

Of course, the interests and efforts of the scientists and their institutions working within the VAMOS region are also central to the success of this activity. We hope to report more on these specific regional studies in future VAMOS! editions. Those interested in participating in the activity on extremes within VAMOS are encouraged to contact Carlos Ereño.

References // Referencias

- Burford, B., 2006: Definitions and characteristics of extreme precipitation, published online <http://www.drinetwork.ca/extremes/gdocs.php?pageid=definitions> last accessed 13-January 2009.
- Frich, P., L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M.G. Klein Tank, and T. Peterson, 2002: Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Clim. Res.*, 19, 193-212.
- Lott, N., and Ross, T., 2006: Tracking and evaluating U.S. billion dollar weather disasters, 1980-2005 published online <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/100686.pdf> last accessed 13-January 2009.

b) Datos de modelos

Los datos de modelos dinámicos son fundamentales para determinar la predictabilidad o sensibilidad a los cambios en la temperatura del océano o en la composición de la atmósfera. Usando varias integraciones de modelos de experimentos idealizados, simulaciones de condiciones pasadas, y pronósticos de condiciones futuras, la iniciativa de extremos de VAMOS evaluará la calidad de los modelos actuales para la predicción de eventos extremos específicos. Contribuyendo a dichos esfuerzos, hay en marcha varias actividades, algunas de ellas como parte de las actividades de CLIVAR.

i. El Foro de Pronóstico de NAME (y el anterior Proyecto de NAME para Evaluación de Modelos) se estuvo concentrando en el pronóstico estacional. Más información en http://www.cpc.noaa.gov/products/Global_Monsoons/American_Monsoons/NAME/index.shtml.

ii. El Grupo de Trabajo de CLIVAR sobre Sequías hizo experimentos atmosféricos con Modelos Climáticos Globales forzados con un conjunto de patrones idealizados de temperatura de la superficie del mar (SST) que se supone tiene impacto en las sequías en las Américas. Entre ellos se cuentan simulaciones de control con SST climatológicas, y para algunos modelos, corridas con humedad del suelo fija. Puede hallarse más información en <http://www.usclivar.org/drought.php> y http://gmao.gsfc.nasa.gov/research/clivar_drought_wg/index.html

iii. Se delineó un proyecto coordinado que recibió el apoyo del Panel del Monzón de Asia y Australia de CLIVAR. Consiste en hacer corridas de los modelos climáticos en alta resolución para abordar cuestiones del tiempo/clima centradas en las conexiones climáticas de las tormentas tropicales (ej., impacto de la Oscilación de Madden-Julian, anomalías de SST). Si bien el foco está en las tormentas tropicales, las corridas y el proyecto serán también pertinentes a VAMOS.

Por supuesto que los intereses y esfuerzos de los científicos y sus instituciones que trabajan en la región de VAMOS son también fundamentales para el éxito de esta actividad. Esperamos brindar más informes sobre estos estudios regionales específicos en futuros números de VAMOS!. Se invita a aquellos que estén interesados en participar en esta actividad a comunicarse con Carlos Ereño.

*Lisa Goddard
IRI, palisades, USA*

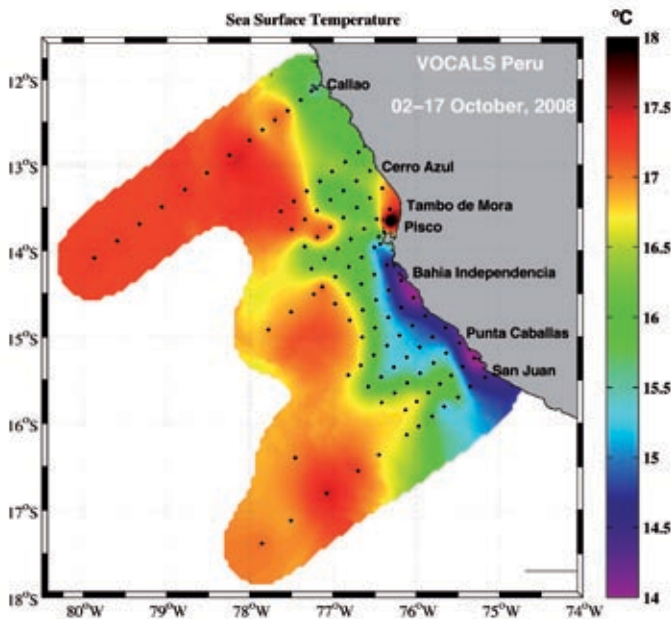
*Jean-Philippe Boulanger
Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de
Climatologie, Paris, France*

VOCALS is VAMOS on the GO!

iVOCALS es VAMOS en movimiento!

The VAMOS Ocean-Cloud-Atmosphere-Land Study (VOCALS) program is a component of the international CLIVAR/VAMOS focused on the southeastern Pacific (SEP) climate on diurnal to interannual timescales. The SEP is a region dominated by strong coastal upwelling (Fig. 1), extensive cold SSTs, and home to the largest and most poorly-observed subtropical stratocumulus deck on Earth. VOCALS develops and promotes scientific activities leading to achievement of two major objectives in the SEP 1) elimination of CGCM systematic errors in the region and improved model simulations of the coupled system in the region and global impacts of its variability, and 2) improved understanding and regional/global model representation of aerosol indirect effects over the region. To achieve these goals the program has been organized in three components: 1) a modeling component with a model hierarchy ranging from the local to global scales, 2) a suite of extended observations from regular research cruises, instrumented moorings, and satellites, and 3) an international VOCALS Regional Experiment (REx). VOCALS has been designed for maximum synergy among of intensive field measurements, long-term observations, and modeling. (cont. on page 20)

El programa Estudio del Océano-Nubes-Atmósfera-Tierra de VAMOS (VOCALS) es un componente del programa internacional CLIVAR/VAMOS concentrado en el clima del Pacífico sudoriental (SEP) en escalas que van desde la diurna a la interanual. El SEP es una región dominada por una fuerte surgencia costera (Fig. 1), con amplias zonas de bajas SSTs, y es la región más grande y menos estudiada de la cubierta subtropical de estratocúmulos de la Tierra. VOCALS desarrolla y promueve actividades científicas en el SEP que persiguen dos objetivos principales 1) eliminar los errores sistemáticos de los CGCM en la región y obtener simulaciones mejoradas del sistema acoplado en la región y de los impactos globales de su variabilidad, y 2) mejorar la comprensión y modelación regional/global de los efectos indirectos de los aerosoles en la región. Para alcanzar estos objetivos el programa fue organizado en tres componentes: 1) un componente de modelado con una jerarquía de modelos que va desde la escala local a la global, 2) un conjunto de observaciones extendidas realizadas mediante campañas oceanográficas regulares, boyas con instrumental ancladas, y satélites, y 3) un experimento regional internacional de VOCALS (REx). VOCALS fue diseñado para lograr una sinergia máxima entre las mediciones intensivas de campo, las observaciones a largo plazo y el modelado.



Sea Surface Temperature (shading colors in °C) observed during the VOCALS-Peru cruise experiment. Black dots correspond to CTD station locations // Temperatura de la superficie del mar (los colores indican temperaturas en °C) medida durante la campaña VOCALS-Perú. Los puntos negros corresponden a estaciones CTD.

La fase operativa de VOCALS-REx se llevó a cabo en octubre y noviembre de 2008. Durante ese período cerca de 150 científicos de 40 instituciones de 8 países trabajaron en Chile y Perú. Cinco aeronaves, el NSF C-130, el DoE G-1, el CIRPAS Twin Otter, dos aeronaves del Reino Unido (el FAAM BAe-146 y el NERC Do-228), y dos buques de investigación (el Ronald H Brown de la NOAA y el José Olaya de IMARPE- Perú) observaron la atmósfera baja y la capa superior del océano. Los objetivos específicos fueron los procesos que controlan las propiedades ópticas y estructurales de los estratocúmulos incluyendo los aerosoles continentales de las metalúrgicas y los volcanes, los procesos que controlan el transporte oceánico de agua fría y dulce mar adentro y las interacciones químicas y físicas entre la atmósfera baja y la capa superior del océano. VOCALS-REx recolectó conjuntos de datos únicos y multidisciplinarios para estudiar el acoplamiento físico y químico entre diferentes componentes del sistema climático regional. En la reciente reunión de la Sociedad Meteorológica Americana que tuvo lugar en Phoenix, Arizona se presentaron resultados preliminares. El financiamiento de VOCALS proviene de diversas fuentes: en EE.UU., NSF, NOAA, DOE y ONR; en Chile CONICYT (PBCT:ACT19), DMC, SAEMC, DGF y UV; en Perú, IRD, INSU; NSF e IMARPE y en el Reino Unido, NERC y el Servicio Meteorológico.

Hay más información sobre VOCALS en <http://www.eol.ucar.edu/projects/vocals/>

C. Roberto Mechoso, UCLA, VOCALS SWG Chair
Robert Wood, U. Washington, VOCALS-Lead PI
Rene Garreaud, U. Chile, VOCALS-Chile
Carmen Grados, IMARPE, VOCALS-Peru
Hugh Coe, U. Manchester, UK-VOCALS

cont. from page 19

The operational phase of VOCALS-REx was completed during October and November 2008. During that period approximately 150 scientists from 40 institutions in 8 nations worked in Chile and Peru. A total of five aircraft including the NSF C-130, the DoE G-1, the CIRPAS Twin Otter, and two aircraft from the UK (the FAAM BAe-146 and the NERC Do-228), and two research vessels (the NOAA Ronald H Brown and the Peruvian IMARPE José Olaya) sampled the lower atmosphere and upper-ocean. Specific targets were the processes controlling the optical and structural properties of stratocumulus clouds including continental aerosols from smelters and volcanoes, processes controlling the ocean transport of cold, fresh water offshore, and the chemical and physical interactions between the lower atmosphere and upper-ocean. VOCALS-REx gathered unique, multidisciplinary datasets for studies on the physical and chemical couplings between different components of a regional climate system. Preliminary results were presented at the recent Annual Meeting of the American Meteorological Society in Phoenix, Arizona. The funding for VOCALS has been provided by several sources: In the US, NSF, NOAA, DOE and ONR; in Chile CONICYT (PBCT:ACT19)., DMC, SAEMC, DGF and UV; in Peru, IRD, INSU; NSF and IMARPE, and in the UK NERC and the MetOffice. Further information on VOCALS can be found on the program website <http://www.eol.ucar.edu/projects/vocals/>.

Contents / Índice

Editorial

Activities on anthropogenic climate change

Actividades relacionadas con el cambio climático antrópico

Modeling issues: an update after 11th panel meeting

Cuestiones de modelado: una actualización luego de la 11a reunión del panel

Cross-hemispheric interactions between variability of the American monsoon systems regions

Interacciones interhemisféricas entre regiones de variabilidad de los sistemas monzónicos americanos

Variability of the American monsoon systems and extremes

La variabilidad de los sistemas monzónicos americanos y los extremos

VOCALS is VAMOS on the GO!

¡VOCALS es VAMOS en movimiento!

VAMOS ! - The Newsletter of the VAMOS Panel

Editors: Carlos Ereño, Hugo Berbery and José Marengo

Layout: Paula Richter - Andreas Villwock

Translations: Paula Richter

Address updates/subscription requests/cancellations should be sent to

VAMOS Newsletter
c/o Departamento de Ciencias de la Atmosfera - UBA
Pabellon II - 2° piso - Ciudad Universitaria - 1428 Buenos Aires
Argentina
Tel: (54-11) 4576-3356 or 4576-3364 ext. 20
Fax: (54-11) 4576-3356 or 4576-3364 ext. 12
E-mail: icposa@at.fcen.uba.ar