

IMPACTOS SOCIO-AMBIENTALES DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA. LAS SEQUÍAS EN VENEZUELA*

*Karenia Córdova Sáez***

Resumen:

El impacto de la variabilidad climática sobre los factores socio-ambientales; como el desarrollo económico, el abastecimiento de agua potable, la salud y el bienestar social de la población en general, han ido en aumento en las últimas décadas del siglo XX y en el temprano siglo XXI, producto de la incertidumbre climática y el estado de emergencia ambiental, que las alteraciones climáticas han desencadenado en diversas regiones del globo. Estas evidencias son consecuencia de un proceso de cambio climático global agravado por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como por la falta de compromiso en el control de estas emisiones por parte de los principales responsables. Las expectativas socio-ambientales frente a estos escenarios de incertidumbre y riesgo, no son muy alentadoras. La gestión de los recursos prioritarios como el agua, tanto para el abastecimiento a centros poblados y sus distintas actividades económicas; así como, para la generación hidroeléctrica, puede verse seriamente amenazada sino se administran estos recursos esenciales con prudencia y equidad. Tomar las previsiones para evitar desastres socio-ambientales es responsabilidad de los gobiernos, a quienes compete la administración cuidadosa de un recurso vital en situación de riesgo potencial. El monitoreo ambiental y los estudios climáticos de predicción se tornan en herramientas indispensables en estas circunstancias. En este artículo se analiza

* Trabajo presentado en las VIII Jornadas de Investigación de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad Central de Venezuela. Noviembre 27 al 29, 2003. UCV, Caracas, Venezuela.

** Geógrafo, M.Sc. Planificación Sistemas Energéticos. Instituto de Geografía y Desarrollo Regional. Área de Energía y Ambiente.

la variabilidad climática en Venezuela y la vulnerabilidad a estos cambios durante el año 2003, tomando como base los mapas producidos por los modelos matemáticos de predicción climática del Instituto Internacional de Investigación para la Predicción Climática, IRI, de la Universidad de Columbia y los mapas de los estudios climáticos regionales procesados por la National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA, U.S Department of Commerce, que puedan contribuir a servir de alerta temprana para prevenir situaciones de excesos hídricos o escasez, causantes potenciales de desastres y conflictividad social.

Palabras claves:

Variabilidad climática, alteración régimen hídrico, vulnerabilidad socio-ambiental.

Abstract:

The impact of the climate variability over the socio-environmental factors, such as the economic development, water supply and social welfare in general, has increased in the last two decades of the XX century and in the early XXI century, due to the climate uncertainty and the condition of environmental chaos, that the climate variability has caused all over the world. These evidences are the consequences of a global climate change process that has been deepened by the general increased in the emissions of the greenhouse effect gases (GEI) and the no compromise attitude to reduce the emission of these gases by the principles responsible. The social environmental expectations facing these scenarios are not very promising. The administration of these natural priority resources, like fresh water, to supply urban and rural necessities and hydropower generation could be seriously in danger, if they aren't management with prudence and equity; taking the prevision to avoid social and environmental disasters, is a government duty, in this contexts, the environmental monitoring and the climate prediction studies are indispensables tools that could help the administrations in these circumstances. This article analyze the impact of the climate variability in Venezuela, during the 2003 dry season, considering the climate maps generated by the mathematical models for climate prediction of the International Research Institute for Climate Prediction, IRI from Columbia University and the regional climate maps produced by the National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA, U.S Department of Commerce, that might contribute to determine an early alert, to avoid or diminish the impact of natural disasters and social conflictive situations.

Key words:

Climate variability, hydro- stress, socio-environmental vulnerability.

INTRODUCCIÓN

La preocupación por la variabilidad climática y sus influencias en términos de las alteraciones en el régimen de lluvias, las temperaturas y otros parámetros, se ha venido incrementando, particularmente a partir de la década del 90, a raíz de la Conferencia Mundial del Medio Ambiente, Eco-92 en Río de Janeiro-Brasil y de la Conferencia de Cambio Climático en Kyoto.

Las posibles relaciones entre el Cambio climático y la variabilidad, son y han sido objeto de numerosas discusiones científicas, debido a los problemas de confiabilidad estadística de los registros climáticos o a la ausencia de los mismos.

Ello implica necesariamente, recurrir a técnicas de estimación, que no siempre resultan útiles para visualizar los cambios en los parámetros climatológicos atribuibles a la variabilidad o al cambio climático.¹ Para mejorar estos niveles de incertidumbre y diagnosticar mejor los niveles de vulnerabilidad a la variabilidad o al cambio climático el Instituto Internacional de Investigaciones para la Predicción Climática (IRI) de la Universidad de Columbia, ha desarrollado modelos de predicción complejos basados no sólo en datos atmosféricos, como los que se utilizan comúnmente en los pronósticos a corto plazo del tiempo, sino también, en datos provenientes de sensores oceánicos y satelitales. Estos modelos simulan matemáticamente, las interacciones de la tierra, los océanos y el aire, que de forma conjunta determinan el clima del planeta.

La confiabilidad en estos modelos se debe a que *"ellos se basan en un conjunto de observaciones científicas y de leyes físicas*

bien establecidas, entre las que se incluyen las leyes de la gravedad y del movimiento de líquidos, de la conservación de la energía del momentum, masa y agua" (Gómez Echeverri, p. 19, 2002). Gracias a ellos podemos obtener pronósticos bastante confiables de parámetros climáticos relevantes para la actividad humana, como las lluvias, la humedad relativa, las temperaturas, etc., todo lo cual resulta de vital importancia en el escenario de incertidumbre del cambio climático, ya que teóricamente sería posible disminuir la vulnerabilidad a los fenómenos extremos, como los déficit hídricos prolongados o sequías severas, o los excesos de agua, representados por tormentas e inundaciones de gran intensidad.

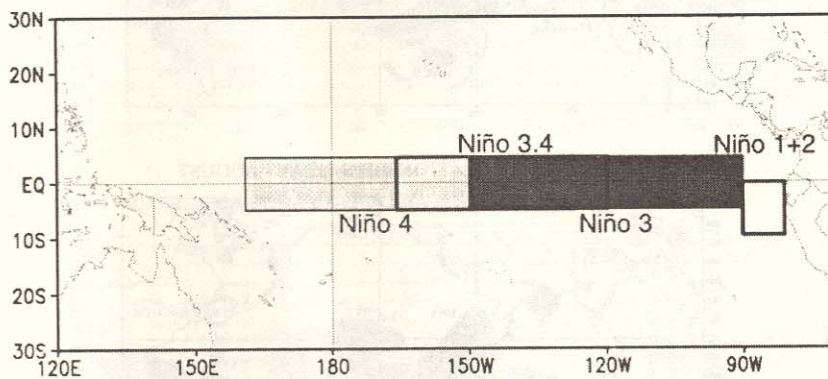
No es el objeto de este artículo disertar sobre la estructura matemática de estos modelos climáticos complejos, aspectos éstos que escapan a nuestra competencia, sino que, asumiendo como premisa la confiabilidad de los mismos,² se evaluará la utilidad de los mapas de predicción y análisis de la variabilidad climática a nivel regional o mezo, en el estudio de las tendencias climáticas y la prevención temprana de futuras situaciones de escasez y/o excedentes hídricos, que alteren la disponibilidad de un recurso vital como el agua.

VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO SOCIO-AMBIENTAL

Las oscilaciones de las variables climatológicas alrededor de sus promedios (condiciones predominantes durante un período determinado) se conocen como variabilidad climática;³ ésta última se presenta en diferentes escalas de tiempo (Intra-estacional, estacional, inter-anual e inter-decadal) y se ubican dentro las oscilaciones de alta frecuencia en las escalas de la variabilidad climática. Entre los fenómenos asociados a la variabilidad se encuentran la oscilación del pacífico, PDO-Pacific Decadal Oscillation, ENSO-El Niño Southern Oscillation, y NAO-North

Atlantic Oscillation, etc. La oscilación del pacifico ENSO, conocida también como "El Niño", se refiere a las alteraciones en la temperatura superficial del mar en +/- 0.5°C durante al menos 3 meses seguidos para la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W). (Fig. 1) por encima o por debajo en los valores normales en la temperatura superficial del mar (SST).

Figura 1
Anomalías en las Temperaturas Superficiales del Mar para la
Región Niño 3.4 °C

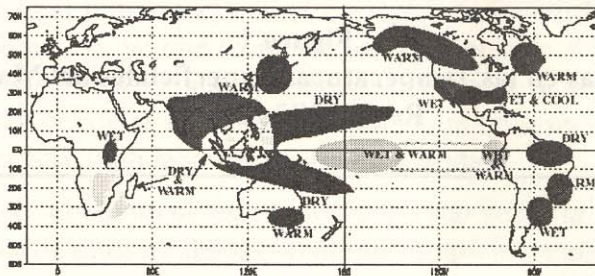


Fuente: *El Niño: Recent Evolution, Current Status and Predictions*. Climate Prediction Center/NCEP, December 9, 2002.

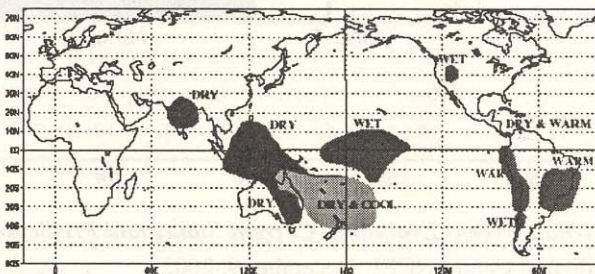
El evento presenta dos fases, una fase fría o "La Niña", cuando la oscilación es negativa, es decir, los valores de temperatura están por debajo de los niveles normales, y una fase cálida o "El Niño", cuando la oscilación es positiva, es decir valores en la temperatura superficial del mar superiores a los normales. El impacto de la variabilidad atribuible por ejemplo, a los eventos ENSO (El Niño Southern Oscillation), es variable en las diferentes regiones del planeta. En algunas regiones el evento puede asociarse según la época del año y la fase del evento (Fría o Cálida) a excedentes o déficit hídricos (Fig. 2 y 3).

Figura 2
Principales Alteraciones Climáticas ocurridas durante los Episodios Cálidos o Niño, entre los meses de Diciembre-Febrero, Junio-Agosto

WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST

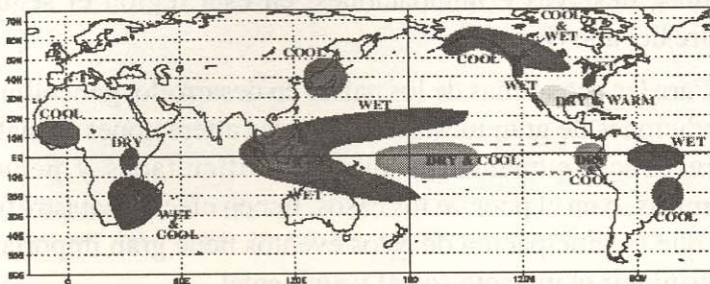


Fuente: National Weather Service, Climate Prediction Center, NOAA.
DRY: Clima más seco y cálido de lo normal = Déficit hídrico.
WET: Clima más húmedo de lo normal = Excedente hídrico.
WET & COOL: Clima más frío y húmedo de lo normal.
WARM: Clima más cálido de los normal.
DRY & WARM: Clima más cálido y seco de lo normal.
DRY & COOL: Clima más seco y frío de lo normal.

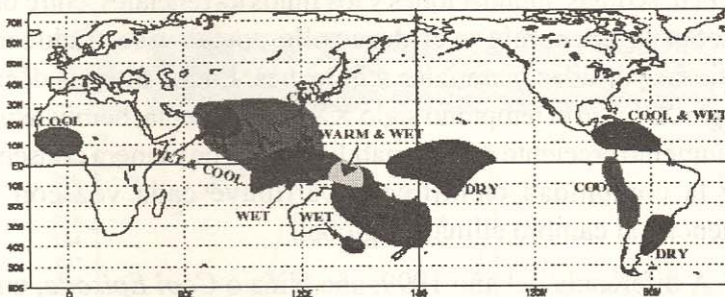
Figura 3

Principales Alteraciones Climáticas ocurridas durante los Episodios Fríos o Niña, entre los meses de Diciembre-Febrero, Junio-Agosto.

COLD EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



COLD EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



Climate Prediction Center
NCEP

Fuente: National Weather Service, Climate Prediction Center, NOAA.

DRY: Clima más seco y cálido de lo normal = Déficit hídrico.

WET: Clima más húmedo de lo normal = Excedente hídrico.

WET & COOL: Clima más frío y húmedo de lo normal.

WARM: Clima más cálido de lo normal.

DRY & COOL: Clima más seco y frío de lo normal.

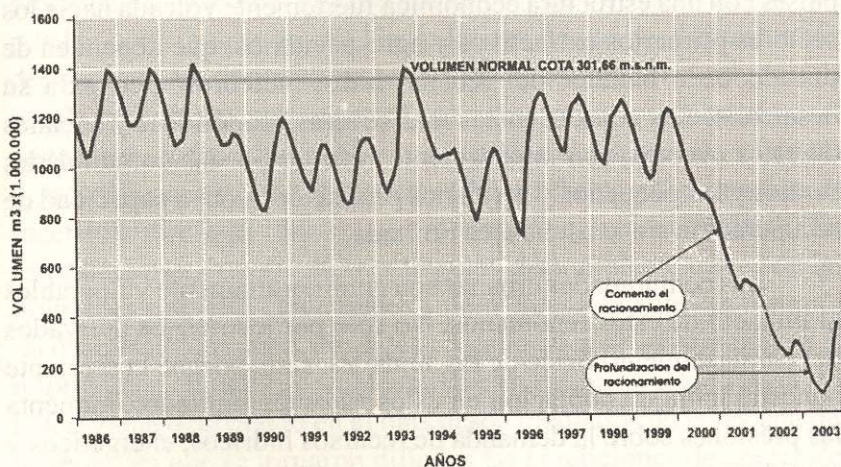
Durante "El Niño", la región suramericana y el país se afectan de modo diferente. El Niño, Episodio Cálido o "*Warm Episode*", (Fig. 2) suele asociarse a sequías y déficit hídrico en América Central, el Caribe y norte-este de Suramérica particularmente en el segundo semestre del año, en tanto que La Niña, Episodio Frío o "*Cool Episode*", tiende a asociarse con excedentes hídricos, tormentas, deslaves e inundaciones, en esta región el segundo semestre del año (Fig. 3).

Para las economías de los países en desarrollo, generalmente en condiciones de gran inestabilidad estas alteraciones climáticas con frecuencia aumentan el nivel de dificultades y penurias económicas, o en el peor de los casos, tienen efectos catastróficos, por lo que la anticipación de estos eventos tiene gran importancia para disminuir el impacto social y ambiental.

Los alteraciones climáticas atribuibles a la *variabilidad climática*, sequías, inundaciones y los flujos torrenciales, entre otros; impactan la economía y el desarrollo social y se traducen en cuantiosas pérdidas materiales y humanas. En los últimas décadas del siglo XX y en el temprano siglo XXI que se inicia, hemos asistido a un aumento creciente de la variabilidad, que de manera consensual entre la comunidad científica, se atribuye cada vez con más frecuencia, al cambio climático global.

A diferencia del año 1999, año Niña o *Cool Episode*, que se caracterizó por un excedente hídrico acumulado fundamentalmente hacia el final del año, causando deslaves e inundaciones graves en el Estado Vargas y otras zonas del país; el año de 2003 registraría un importante déficit hídrico, que terminó de profundizar la crisis de los embalses que abastecen de agua (a la región central-metropolitana) y de energía al país (Fig. 4), que se inició en el segundo trimestre del 2001 y se mantuvo durante el período 2002-2003, en el que se registró un evento Niño o cálido profundizándose la situación de escasez y sequía en el primer trimestre del 2003.

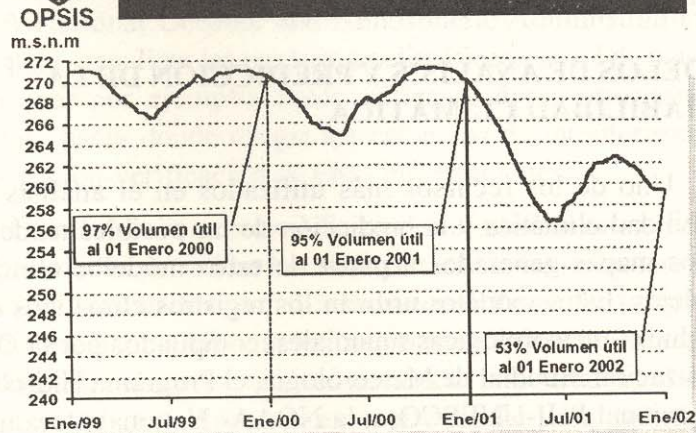
Figura 4



Fuente: <http://www.hidrocapital.com.ve/camatagua/camatagua.htm>



COTAS DEL EMBALSE DE GURI



Fuente: Oficina de Planificación del Sistema Interconectado Nacional. OPSIS, Enero, 2002.

La vulnerabilidad a estos fenómenos es mayor, en aquellos países con una estructura económica fuertemente volcada hacia los sectores primarios extractivos y agro-pecuarios, que dependen de un adecuado balance del recurso hidro-meteorológico para su desarrollo. Las consecuencias más severas económicas y sociales de estos eventos, son intensamente sufridas por las comunidades rurales y los pequeños y medianos productores, cuya capacidad de recuperación sin asistencia es limitada.

Las comunidades urbanas son también altamente vulnerables al impacto de estos fenómenos. No sólo por los riesgos derivados del emplazamiento físico de las ciudades, sino, porque la creciente concentración de población en estos espacios limitados, aumenta las presiones sobre la demanda de recursos hídricos, energéticos y agroalimentarios. Estos insumos vitales, deben generalmente ser suplidos desde regiones adyacentes o externas, a expensas de redes de transferencias cada vez más costosas y complejas, lo que aumenta la vulnerabilidad de estas comunidades a los cambios que puedan verificarse tanto en su propio ámbito como en su entorno, e incrementa también, los costos de las soluciones.

MODELOS DE ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Uno de los recursos más utilizados en el análisis de la variabilidad climática y la predicción de las posibles tendencias, son los mapas generados a partir de estos modelos climáticos complejos. Estos modelos utilizan los registros climáticos de las redes hidro-meteorológicas mundiales, compilados por la OMM-Organización Mundial de Meteorología, el Programa Hidrológico Internacional PHI-UNESCO, o la NOAA- National Oceanic and Atmospheric Administration, entre otros organismos, así como, la información en tiempo real de los satélites y de las sondas atmosféricas y oceánicas.

Con estos insumos se generan, mapas de probabilidades de precipitación y temperaturas trimestrales entre otras variables, que pueden contribuir a orientar las políticas de uso y administración del recurso. Es necesario recordar, sin embargo, que debido a la escala regional o sub-regional, de estos modelos, siempre será necesario complementar con el análisis a nivel de cuencas hidrográficas, en cada caso. Sin embargo frente a la situación de incertidumbre que plantea el proceso de cambio climático, las informaciones científicas, verificables disponibles a través de las diferentes agencias ambientales y climáticas, constituyen insumos no desestimables, más aún si las redes locales de generación de la información climática y ambiental se encuentran en estado precario, como viene ocurriendo en el país desde mediados de la década del noventa, en que se tornaron difíciles las condiciones de operación y mantenimiento de las redes hidro-meteorológicas, situación que se refleja hoy día en un déficit de estaciones de registro y en consecuencia, de data climatológica a nivel nacional. Las escalas mezo de los modelos GEO-ambientales y climáticos del International Research Institute for Climate Prediction, IRI y NOAA-National Oceanic and Atmospheric Administration, son útiles para visualizar las tendencias climáticas a nivel de país, para determinar por ejemplo, áreas críticas o áreas prioritarias de atención, hacia donde dirigir los esfuerzos de monitoreamiento, investigación-verificación de estas informaciones.

Uno de los beneficios adicionales al utilizar estos recursos, es la posibilidad de validar los análisis trimestrales de las tendencias climáticas publicados por el International Research Institute for Climate Prediction, IRI con los mapas trimestrales de los registros climáticos de sensores terrestres-oceánicos y satelitales publicados por la NOAA, lo cual permite evaluar y validar la confiabilidad de los pronósticos e informaciones climáticas en escalas mezo.⁴

EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS CLIMÁTICAS EN VENEZUELA CON LOS INSUMOS GENERADOS POR LOS MODELOS CLIMATOLÓGICOS PARA EL ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD

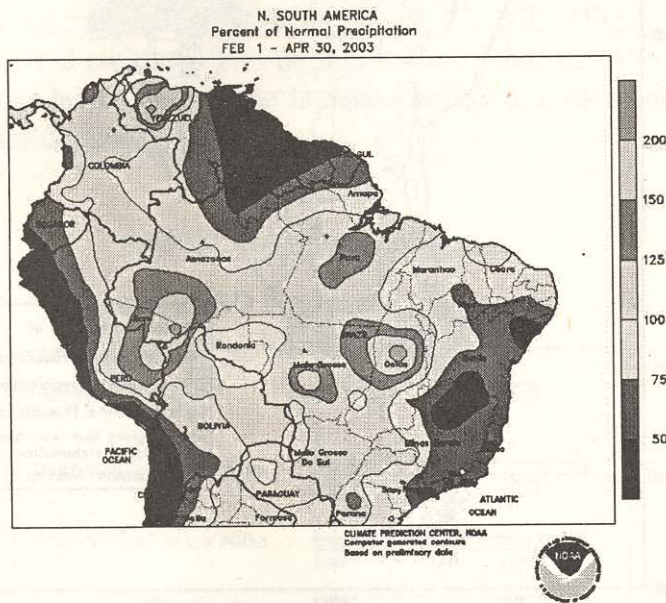
Este análisis de evaluación-validación de la utilidad de los modelos climáticos en escalas mezo, se realizó para el país, durante el período de sequía del año 2003. En los mapas que se presentan a continuación se muestra en primer lugar, el porcentaje de precipitaciones observadas por encima o por debajo de los rangos normales esperados para el trimestre Febrero-Marzo-Abril, 2003, producido por el Centro de Predicciones Climáticas, de la NOAA.⁵ En la imagen se observa, como efectivamente en la región nor y sur-oriental del país, el área donde se localiza la represa del Guri el más importante sistema de hidro-generación del país, se vio afectada por un déficit de 50% o más en las precipitaciones, originando una situación de incertidumbre y riesgo sin precedentes en el suministro eléctrico nacional.

También observamos vastas regiones de la zona nor-central del país, donde se localizan importantes reservorios de agua para el abastecimiento a los centros urbanos de la región central y capital, donde llovió apenas un 75% de lo esperado, comprometiendo la operación de los embalses y el abastecimiento y obligando a un fuerte racionamiento de agua durante el período de estiaje. En la región centro-occidental en cambio, se observan excedentes superiores al 120% de las precipitaciones (Fig. 5).

Las probabilidades de precipitación, estimadas por el IRI, para el trimestre de Mayo, Junio, Julio 2003, con base a los registros reportados durante el mes de Abril, 2003 y las simulaciones del modelo, tienden a ratificar estas tendencias. En la Figura 6, a

continuación, se observa con facilidad, como casi todo el país se verá afectado por un déficit de precipitaciones, más severo hacia la región nor-oriental, con cerca de un 50% de probabilidades por debajo del régimen normal de lluvias, en color marrón oscuro, en tanto que para la región centro- norte y nor-occidental se estima un déficit de precipitaciones de 45% en color naranja.

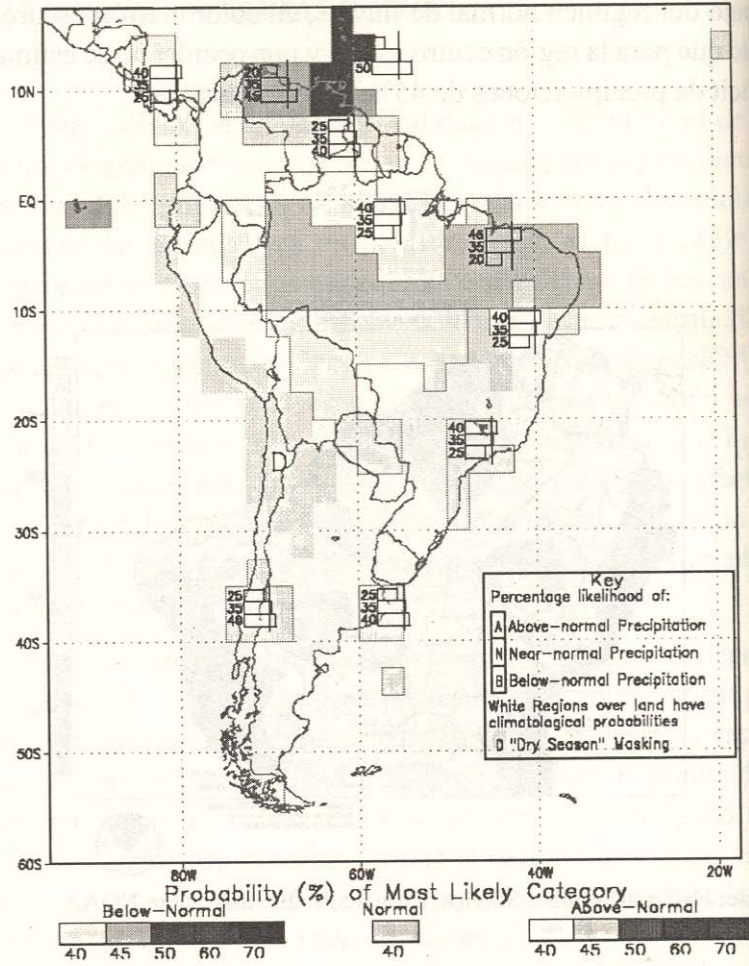
Figura 5



Fuente: National Weather Service, Climate Prediction Center, NOAA.

Figura 6

IRI Multi-Model Probability Forecast for Precipitation
May-June-July 2003 made April 2003



Fuente: IRI, Seasonal Forecast, Mayo, 2003.

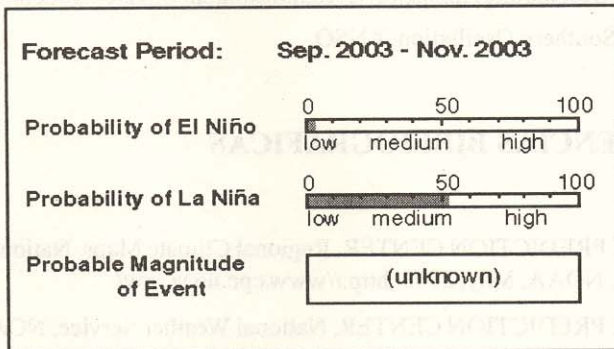
En el resto del país en general, se espera un 40% menos de lluvias, todo lo cual debería alertar a las autoridades que administran los recursos hídricos, bien sea para consumo humano o para hidrogenación sobre las posibilidades de restricciones críticas en la oferta del recurso (Fig. 6).

Debido sin embargo a la variabilidad climática, es necesario monitorear permanentemente esta situación, dado a que los pronósticos que a comienzos del año apuntaban hacia un predominio de condiciones favorables a El Niño, que en Venezuela se asocia a un déficit hídrico, están cambiando en el segundo semestre hacia condiciones favorables al fenómeno de La Niña (Fig.7). Los pronósticos al cierre del mes de Junio, serán fundamentales, para determinar las tendencias de la estación lluviosa, así como las estrategias de manejo del recurso.

Figura 7

ENSO.⁶ Resumen Predicción

Current ENSO Forecast Summary *



Probabilidad de ocurrencia de El Niño. %

Probabilidad de Ocurrencia La Niña. %

Probable Magnitud del Evento.

Fuente: IRI, Enso Update, Mayo, 2003.

Notas

- 1 Los métodos de estimación y tratamiento estadístico de los datos climáticos como los modelos lineales, tienden a "homogeneizar", los registros anómalos o extremos (outliers), que pudieran estar reflejando la variabilidad climática.
Los modelos son realizados en base a la data climatológica mundial, obtenida de las redes hidrometeoro- lógicas locales de los diferentes países, así como de los registros obtenidos a partir de redes de sensores oceánicos (boyas) o satelitales (satélites meteorológicos, ejemplo: GOES) que complementan la información de las interacciones que se registran en la interfase entre los continentes y océanos con la atmósfera.
- 2 D. Pabón. Departamento de Geografía Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- 3 Economías primario-exportadores, impactadas por la inestabilidad de los mercados de materias primas y el peso de la deuda externa, con una importante carga social de pobreza y deterioro de las condiciones sociales y políticas en general.
- 4 Modelos/registros Macro-climáticos: a nivel del globo terrestre, Mezo-climáticos: a nivel de regiones o país o cuenca hidrográfica, micro-climático: A nivel de localidad, sub.-cuenca, micro-cuenca.
- 5 National Oceanic and Atmospheric Administration. U.S Department Commerce.
- 6 El Niño Southern Oscillation. ENSO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLIMATE PREDICTION CENTER, Regional Climate Maps. National Weather Service, NOAA, May, 2003. <http://www.cpc.noaa.gov/>
- CLIMATE PREDICTION CENTER, National Weather Service, NOAA Vernon E, Kousky. Climate monitoring and assessment, May, 2003.
- Gómez Echeverri, Luis. *Cambio Climático y Desarrollo*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe del PNUD, Yale School of Forestry & Environmental Studies, San José, Costa Rica, 2002.

INTERNACIONAL RESEARCH INSTITUTE FOR CLIMATE PREDICTION.
IRI. Enso Up- Date, May 16, 2003. Columbia University, NY, U.S. <http://iri.columbia.edu/climate/forecast/>

J.D. Pabón, *Aplicación del Conocimiento sobre la Variabilidad Climática para fines de predicción*. Taller sobre Rescate y Gerencia, Monitoreo, Aplicación y Predicción de Datos Climáticos. Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia, 2002.

Rojas, Maria Isabel, J. Alfaro, Eric. Influencia del Océano Atlántico Tropical sobre el comportamiento de la primera parte de la estación lluviosa en Venezuela. *Tropical Meteorology & Oceanography*, Vol. 7 (2) pp. 88-92, 2000.