

XXIV CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
PUNTA DEL ESTE, URUGUAY, NOVIEMBRE 2010

**PRONÓSTICO SEMI OPERATIVO DE LLUVIAS REGIONALES y
ESTACIONALES BASADO EN UN MODELO DE CIRCULACIÓN DE
ATMÓSFERA**

Gabriel Cazes Boezio⁽¹⁾, Stefanie Talento⁽²⁾, Gabriel Pisciotano⁽³⁾

Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, IMFIA.

E-mails:(1): agcm@fing.edu.uy, (2): stalento@fing.edu.uy, (3): gabrielp@fing.edu.uy.

RESUMEN:

En este trabajo presentamos pronósticos de precipitaciones durante temporadas trimestrales, en regiones incluidas en el Sudeste de América del Sur. Los pronósticos utilizan pronósticos de temperatura de superficie de mar hechos disponibles por NCEP, NOAA (de Estados Unidos) y simulaciones realizadas en Uruguay con el modelo de circulación general de atmósfera de la Universidad de California en Los Angeles (UCLA). Se utiliza una técnica estadística para corregir errores sistemáticos de los pronósticos estacionales de circulación atmosférica que se obtienen, y que permite inferir pronósticos (en término de distribución de probabilidades) de la precipitación esperada en las temporadas y las regiones de interés.

ABSTRACT:

In this work we present precipitation forecasts for three months seasons in regions included in Southeastern South America. The forecasts use sea surface temperature forecasts made available by NCEP, NOAA (USA) and simulations performed in Uruguay with the UCLA General Circulation Model. A statistical technique is used in order to correct systematic errors of the seasonal forecasts of atmospheric circulation which are obtained, and to infer forecasts (in terms of probability distributions) of the expected precipitation in the seasons and regions of interest.

PALABRAS CLAVES:

Pronóstico estacional, modelo de circulación de atmósfera, cluster de computación.

INTRODUCCIÓN

Desde setiembre de 1997 el Grupo de Dinámica de Atmósfera y Océano publica anticipadamente pronósticos estacionales de la distribución de probabilidades de las precipitaciones esperadas en Uruguay y su región. Los primeros pronósticos eran puramente estadísticos, y se basaban en la relación documentada entre la variabilidad climática en nuestra región y el fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS). Como consecuencia de esto, los pronósticos sólo podían realizarse durante extremos de la oscilación Sur, y en aquellas temporadas para las cuales se tiene impacto estadísticamente significativo de la misma sobre nuestra región. Otra limitación del enfoque original es que el predictor, que es el estado de temperaturas de la superficie mar (TSM), se describe con un solo grado de libertad, el cual habitualmente es la anomalía de temperatura en alguna región del océano, como la región de Wright (Wright 1989) o la región Niño 3.4, por ejemplo. La consideración de más de un grado de libertad con técnicas puramente estadísticas presenta la dificultad de requerir series de datos de buena calidad, y con un funcionamiento estable de las relaciones estadísticas, más largas que las que se requieren para técnicas con predictores univariados. Esto podría limitar las posibilidades efectivas del uso de técnicas multivariadas, considerando que los datos de TSM de buena calidad se extienden a pocas décadas, y que existen procesos de variabilidad interdecadal que al menos en algunas temporadas afectan las relaciones estadísticas.

Las técnicas basadas en simulación del escurrimiento de la atmósfera con modelos numéricos, prescribiendo campos de TSM pronosticados a su vez con modelos de atmósfera y océano acoplados, permiten describir las anomalías pronosticadas de TSM con tantos grados de libertad como lo permite la resolución de lo modelo, mientras que el problema de realizar inferencias estadísticas con muestras reducidas se mitiga al efectuar varias simulaciones para cada año, considerando diferentes condiciones iniciales. Por otra parte, la consideración de los procesos físicos en los modelos numéricos de tipo general no realizan hipótesis particularmente relacionadas con un escenario climático dado, por lo que sus conclusiones en principio no son dependientes de variabilidades interdecadales de fondo. En contrapartida los modelos de atmósfera tienen errores sistemáticos que tienden a corregirse a medida que evolucionan, pero que podrían ser relevantes a la simulación de los procesos de variabilidad regional en una región dada.

En este trabajo se analizan y evalúan pronósticos estacionales de precipitación en nuestra región que tiene la simulación numérica con un modelo general de atmósfera como su principal componente. Se presentarán pronósticos publicados en setiembre de 2002, en diciembre de 2008, en junio y diciembre de 2009, y en marzo de 2010, indicando resultados de los pronósticos y precipitaciones efectivamente observadas en las temporadas objetivo de los mismos.

DATOS Y METODOLOGÍA

Se consideran los pronósticos globales de TSM CFS (Saha 2006), retrospectivos y producidos en tiempo real, hechos disponibles por NCEP, NOAA, EEUU. Para una temporada objetivo dada, se elige un mes de inicialización de los pronósticos previo a la misma. Se consideran todos los pronósticos retrospectivos de TSM inicializados durante ese mes, y se les corrige el desvío sistemático, sumándole, a cada pronóstico la diferencia entre la climatología observada en el período 1981-2003 y la climatología de los pronósticos considerados. Esta corrección se realiza mes a mes, dentro del período pronosticado, que corresponde hasta 9 meses después de la inicialización de los pronósticos. Para cada año comprendido entre 1981 y 2003, se realizan 7 simulaciones con la última versión del modelo UCLA AGCM (Konor et al. 2009), prescribiendo los pronósticos de TSM global procesados como se indicó. Las 7 simulaciones se inicializan en la misma fecha, pero consideran condiciones iniciales diferentes (provenientes de simulaciones anteriores). Se toma entonces la media de estas simulaciones para cualquier variable de interés. Se encuentra que en

nuestra región, la capacidad de pronosticar las precipitaciones observadas en nuestra región con las precipitaciones simuladas por lo general no es buena. Sin embargo, las anomalías de circulación en 200 hPa simuladas pronostican la circulación observada de manera significativamente mas satisfactoria. La precipitación observada en nuestra región se relaciona a su vez significativamente con estas anomalías de circulación, tanto observadas como simuladas, lo que permite inferir un pronóstico de precipitación a partir del pronóstico de circulación. (Para las precipitaciones observadas utilizamos el análisis global CMAP, Xie y Arkin 1997). A continuación describimos en líneas generales este procedimiento para un pronóstico en particular (Octubre-Noviembre-Diciembre de 2010, Cazes Boezio y Pisciotano 2010).

Un ejemplo de pronóstico en tiempo real

Se consideran todos los pronósticos de TSM inicializados en Junio, desde 1981 hasta 2003, corregidos como se indicó arriba. Para cada año, se realizan 7 simulaciones con el modelo de UCLA, prescribiendo estos campos de TSM. La resolución utilizada es de 2° de longitud por 2.5° de latitud, las simulaciones comienzan el 1 de noviembre, con condiciones iniciales representativas de la circulación a principios de noviembre provenientes de simulaciones previas. Se calcula para cada año la anomalía de viento zonal simulado en 200 hPa durante Octubre-Noviembre-Diciembre (OND), promediando para cada año los resultados de las 7 simulaciones durante esta temporada, y substrayendo la media correspondiente calculada para todos los pronósticos retrospectivos. Posteriormente calculamos las funciones empíricas ortogonales (FEOs) de estas anomalías en la región comprendida entre 60°S y 10°N., y entre 90°W y 30°W. El patrón de anomalías globales correspondiente a la primer FEO se muestra en la Fig. 1. Este patrón se calcula como la anomalía de u200 (en cada punto de grilla) correspondiente a un desvío standard de la componente principal de la FEO 1 (PC1) en una regresión lineal. La región considerada para el cálculo de las FEOs se indica con una caja.

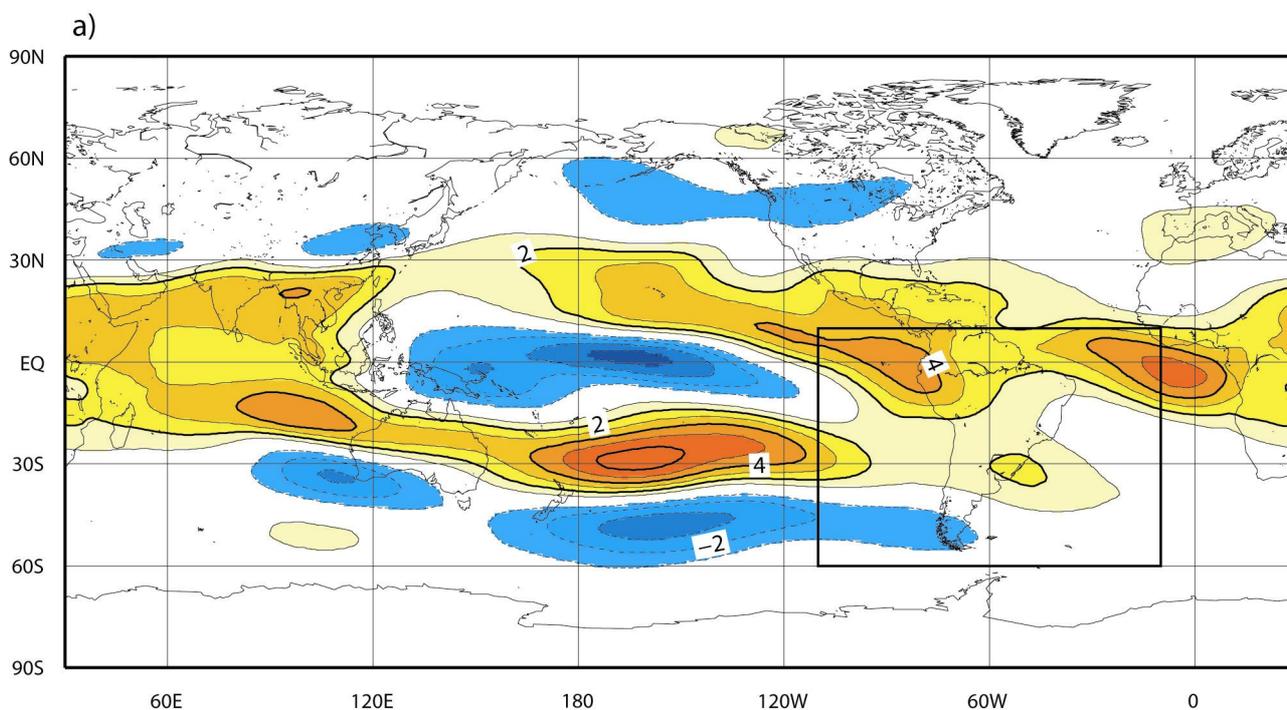


Figura 1.- Primera FEO de los pronósticos retrospectivos de u 200 hPa durante OND, desde 1981 a 2003. Las FEO de calculan considerando la variabilidad en la región alrededor de América del Sur indicada con la caja.

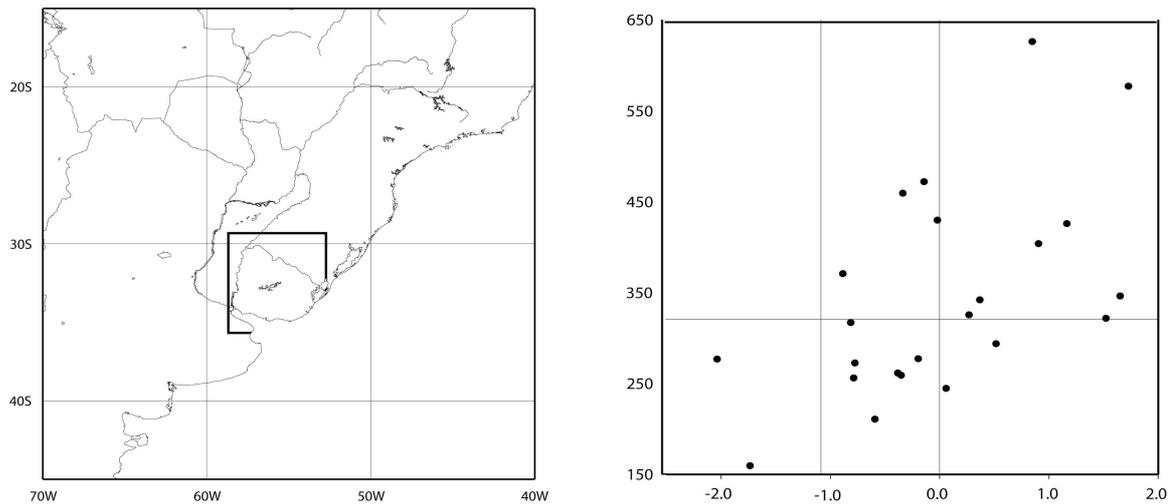


Figura 2.- Región alrededor de Uruguay considerada para el pronóstico de precipitaciones (izquierda), y relación entre la PC1 de los pronósticos retrospectivos para las temporadas OND comprendidas entre 1981 y 2003 y las precipitaciones onservadas en dicha región (derecha).

El mapa de correlaciones entre precipitaciones observadas globales y la PC1 obtenida de los pronósticos de circulación indican buena correlación entre las precipitaciones alrededor de Uruguay y esta PC1, durante el período 1981-2003. En la Fig. 2 mostramos una región alrededor de Uruguay, comprendida entre 25°S, y 30°S, y entre 58°W y la costa Atlántica (izquierda), y la precipitación observada en dicha región durante las temporadas OND desde 1981 a 2003 en función de los valores respectivos de PC1 (derecha). La correlación entre la PC1 y la precipitación en la región indicada es 0.54, este valor es estadísticamente significativo con un nivel superior al 99%, de acuerdo a un test de Student de 23 grados de libertad.

En febrero de 2010, se consideró el pronóstico CFS en tiempo real inicializado durante dicho mes. Se realizaron 7 simulaciones análogas a la de los pronósticos retrospectivos, y se calculó la anomalía del viento zonal en 200 hPa durante la temporada OND (considerando la correspondiente climatología de pronósticos retrospectivos). Esta anomalía pronosticada se muestra en la Fig. 3. Proyectando la anomalía simulada sobre la FEO1 de los pronósticos retrospectivos, obtenemos la PC1 pronosticada para OND 2010, la cual (después de standardizarla) resulta ser de -1.05. Para estimar posibles sesgos en la distribución de probabilidades de la precipitación esperada en OND 2010, se toman los 13 casos del período 1981-2003 con valores de PC1 más negativos, los que se consideran los casos de valor de PC1 más similares al pronosticado para 2010. Se encuentra 9 de estos casos (aproximadamente un 70%) con precipitaciones menores a la mediana.

Se propone para la precipitación esperada en OND 2010 en la región una mediana de 280 mm (mediana de la sub-población de 13 casos de pronósticos retrospectivos con PC1 más similar a la del caso pronosticado actual), y un 70% de probabilidades de ocurrencia de precipitaciones por encima de la mediana de la población en general (que es de 323mm).

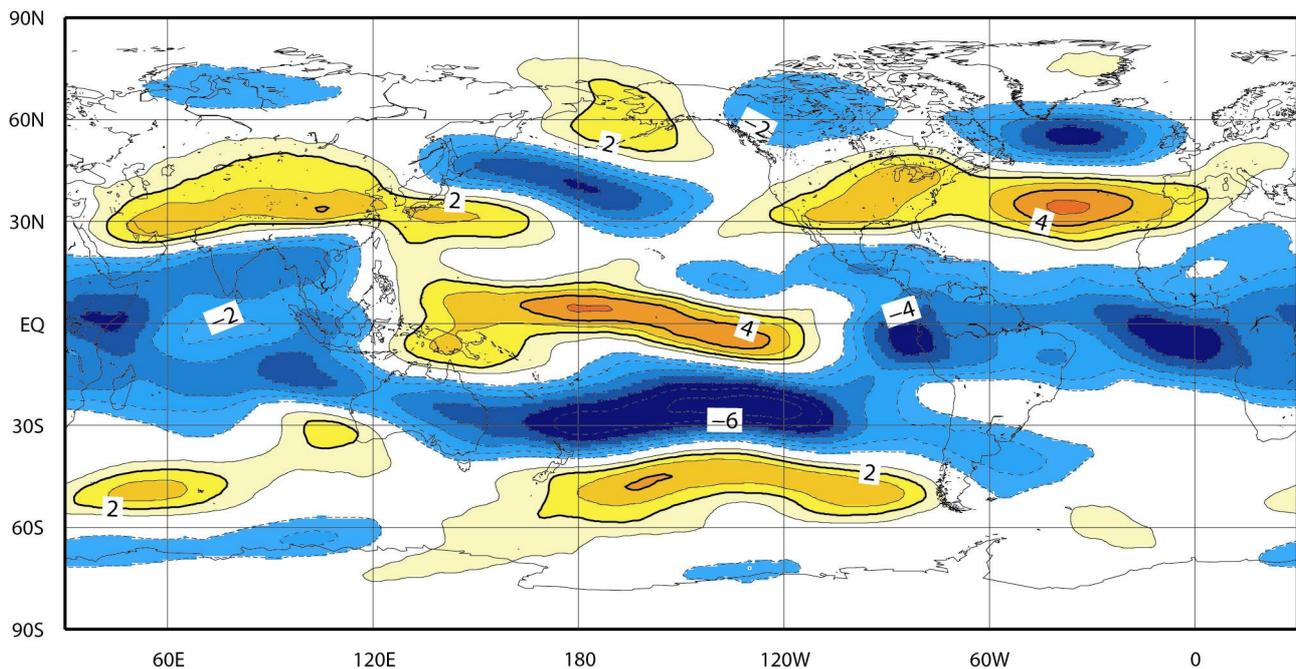


Figura 3.- Anomalía de u 200 hPa pronosticada para OND 2010.

EVALUACIÓN DE PRONÓSTICOS PUBLICADOS.

Mediante el uso de la técnica ejemplificada en la sección anterior se realizó un pronóstico experimental en Setiembre de 2002, para la temporada OND 2002 siguiente, que se publicó en el Experimental Long Lead Forecast Bulletin de la Universidad de Maryland (Cazes Boezio y Pisciotano 2002). Hacia el año 2008, la instalación del cluster de computación en la facultad de Ingeniería permitió realizar estos pronósticos para varias temporadas del año y con regularidad, publicándose pronósticos de temporadas trimestrales varias veces por año. Esta regularidad implica un carácter virtualmente operativo de la actividad de pronósticos. Las regiones para las que se realizan pronósticos comprendieron en general Uruguay y el Estado de Río Grande do Sul de Brasil (Uy y RGS respectivamente). En la tabla 1 presentamos los pronósticos publicados a la fecha, y a modo de evaluación primaria, el sentido del sesgo de precipitaciones esperado respecto a la mediana (si se pudo determinar) y el resultado efectivamente observado a posteriori. En seis pronósticos presentados, en un caso no se pudo determinar sesgo, y en los demás cinco, sí. De esos últimos, en tres casos el sesgo resultó acertado, y en los restantes dos casos, a la fecha todavía no se puede determinar la observación (en un caso el período se encuentra aún en curso, y el otro todavía no comenzó). Si consideramos “acierto”, que la precipitación efectivamente observada presente el sesgo más probable estimado, al cabo de algunos pronósticos que estimen sesgos más probables podremos calcular la significancia estadística de los aciertos. Los pronósticos que no logran estimar sesgos recomiendan el uso de la distribución de probabilidades climatológica reciente de las precipitaciones en la temporada considerada, y no los contabilizamos a los fines de este cálculo de significancias estadísticas. Se espera contar relativamente pronto con una muestra que permita la inferencia de la significancia.

Agradecimientos: Los cálculos fueron realizados en el cluster de la Facultad de Ingeniería. Los profesores Gabriel Usera, Víctor Gonzales y el staff de computación de la Facultad de Ingeniería colaboraron generosamente con la instalación del modelo de UCLA en el cluster. Los proyectos PDT 63-281 (2008, Conicit Uruguay) y INIA FTPA 81 (2002, Uruguay) apoyaron estos trabajos

Tabla 1.- Resumen de pronósticos presentados

Período pronóstico	Fecha y sitio de publicación	Pronóstico emitido respecto a mediana	Resultado observado	Evaluación
OND 2002	ELLFB Setiembre 2002	Precipitaciones superiores a mediana en Uy-RGS	Precipitación superior a mediana	Correcto
DJF 2008-2009	ELLFB Setiembre 2008	Climatología en NUy-RGS	Precipitación 75% de mediana	-----
MJJ 2009	ELLFB Junio 2009	Precipitaciones inferiores a mediana en NUy-RGS	Precipitación inferior a mediana	Correcto
OND 2009	ELLFB Setiembre 2009	Precipitaciones superiores a mediana en NUy-RGS	Precipitación superior a mediana	Correcto
MJJ 2010	Abstract Hidráulica 2010 (Marzo 2010)	Precipitaciones superiores a mediana en NUy-RGS	Período en curso a la fecha (15 de julio 2010)	En curso
OND 2010	ELLFB Junio 2010	Precipitaciones inferiores a mediana en Uy	Período no iniciado a la fecha	En curso

REFERENCIAS

Cazes Boezio, S. Talento y G. Pisciotano (2002). “Forecast of the October-November-December Atmospheric circulation using the UCLA AGCM and the NCEP forecasted Tropical Pacific SST, combined with a statistical downscaling to estimate October-November-December 2002 precipitation of Uruguay and Río Grande do Sul”. *Experimental Long Lead Forecast Bulletin*, Vol. 11, No. 3.

Cazes Boezio, G. Pisciotano (2010). “Forecast of the October-November-December Atmospheric circulation using the UCLA AGCM and the NCEP forecasted global SST, combined with a statistical downscaling to estimate October-November-December 2010 precipitation of Uruguay”. *Experimental Long Lead Forecast Bulletin*, Vol. 19, No. 2.

Konor C. S., G. Cazes Boezio, C. R. Mechoso y A. Arakawa (2009): “Parameterization of PBL processes in an Atmospheric General Circulation Model: Description and Preliminary Assessment.” *Monthly Weather Review*, Vol 137, pp. 1061-1082.

Saha S. S. Nadiga, C. Thiaw and others, (2006). “The NCEP Climate Forecast System”. *Journal of Climate*, Vol. 5, No. 19, pp. 3483-3517.

Wright P. (1989): “Homogenized Long Perios Southern Oscillation Indexes”, *International Journal of Climatology*, Vol. 9, pp. 33-54.

Xie Y. And P. Arkin, (1997): Global Precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 78, pp. 2539-2558