

## Variabilidad Climática y Ciclos Naturales

*Carlos Zotelo*

- **Introducción**

Durante las últimas décadas, el estudio del cambio climático, sus orígenes, la interconexión entre las distintas variables involucradas y los efectos sobre la actividad humana ha sido una de las aristas más importantes de la investigación científica. Muestra de ello es la creación del IPCC (Panel Intergubernamental para el estudio del Cambio Climático) por parte de ONU. Más allá del trasfondo político vinculado a esta institución y de las críticas a sus informes efectuadas por numerosos sectores académicos, científicos y sociales, está claro que no se han dado respuestas claras y/o profundas a los interrogantes planteados originalmente a la sociedad en su conjunto.

Se han planteado en diversos ámbitos vinculados a la investigación científica, interrogantes acerca de los orígenes de la variabilidad climática desde sus aspectos globales a locales. La regionalización de los estudios de impacto del cambio climático y su variabilidad asociada, ha aportado importantes avances en la comprensión de estos temas. En este sentido, a nivel local, existen numerosas investigaciones realizadas sobre cuestiones vinculadas aspectos energéticos, de biodiversidad, climáticos e incluso socio-económicos. Regiones como la Cuenca del Plata (Barros et al, 2004), Patagonia, Comahue (Compagnucci y Araneo, 2007) y la zona semiárida (Grave, 2006) han recibido gran atención por parte de los científicos locales e incluso de organismos internacionales por el carácter estratégico de estas regiones. Si bien el sudoeste bonaerense no representa un área estratégica primaria, en el último lustro se ha incrementado el interés en determinar si los ciclos naturales climáticos que la afectan responden a patrones repetitivos predecibles de escala global a regional o, en su defecto, si es posible detectar componentes aleatorias que permitan generar modelos de previsión de fenómenos extremos.

- **Análisis**

De todas las variables meteorológicas que se vinculan a la actividad humana, la precipitación es, sin duda, la que adquiere una posición relevante frente a las demás debido a la importancia que tiene el agua y su ciclo para la vida.

La región sudoeste de bonaerense puede clasificarse climáticamente como semiárida, independientemente de la categorización empleada (Köppen, Thornthwaite, etc.). La gran variabilidad de la precipitación es sin duda la característica común a todos los ambientes áridos o semiáridos. En particular, la distribución de lluvias en el sudoeste de bonaerense se produce en dos estaciones definidas: otoño y primavera; interrumpida por una estación seca

en los meses invernales y otra semiseca de mediados de verano (enero a febrero) con alta evapotranspiración (Fig 1). Scian (1999) estudió la relación entre la precipitación e índices de la circulación atmosférica de escala global. En Scian (2001) se analizan las fases del Índice de Oscilación del Sur y su relación con los corrimientos de la mediana de precipitación mensual en la Pampa argentina.

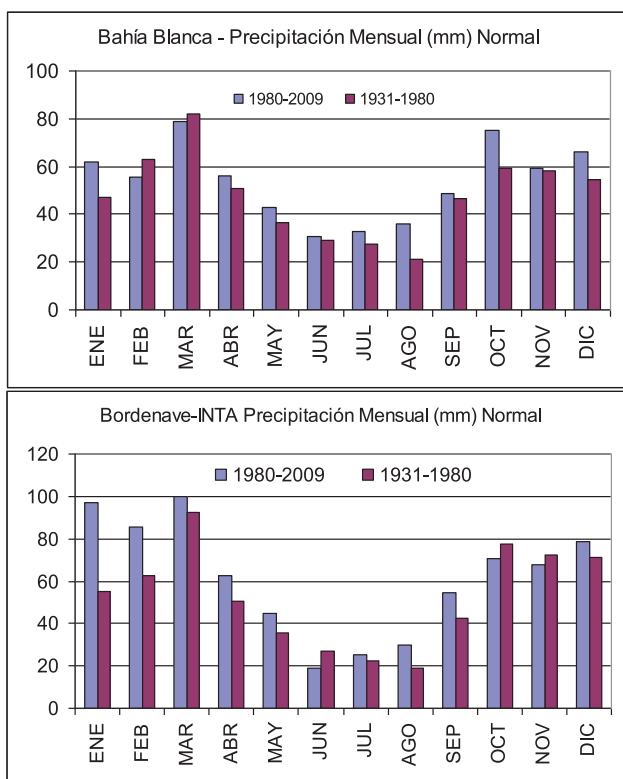


Fig. 1: Ciclo anual de precipitación. En violeta periodo 1931-1980 y en azul, 1980-2009.

En la región, existen datos pluviométricos continuos desde finales de la segunda mitad del siglo XIX pero mayormente a partir de la segunda década del siglo XX. Considerando la información disponible es posible dividir el registro completo en cuatro períodos con características bien definidas, esto es 1875-1925, 1925-1975, 1975-2005 y 2005-2012. La elección de estos grupos no es subjetiva, está basada en los cambios en la temperatura media global a lo largo del tiempo (Fig. 2). Estas variaciones pueden considerarse como cambios climáticos, principalmente el ocurrido entre los años 1976-1977 (Agosta y Compagnucci, 2008).

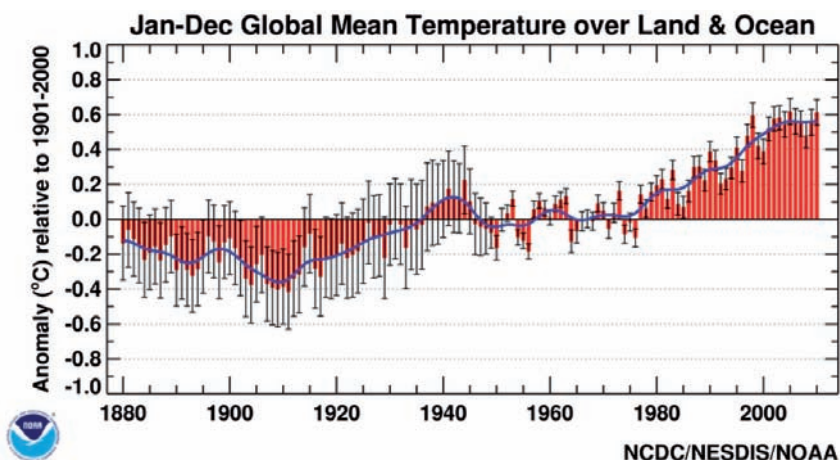


Fig.2: Anomalia de temperatura media global relativa al período 1901-2000. Fuente: NOAA

- **1870-1925:** durante este período se registraron precipitaciones superiores a lo normal en todo el SO bonaerense. En aquel entonces, la región, estaba cubierta por una densa cobertura de vegetación xerófila y por vegetación del tipo gramínea de gran altura (Glave, 2006) que favorecía la retención de humedad. A principios de siglo se observa un aumento en la variabilidad de la lluvia en la región (Fig. 3).
- **1925-1975:** período deficitario. Las precipitaciones disminuyeron notablemente. Además, descendieron las temperaturas principalmente en invierno y los vientos aumentaron su velocidad. Los veranos fueron cálidos y secos, motivo por el cual muchos suelos de la región incrementaron la susceptibilidad a la erosión eólica. El desmonte en La Pampa y el sudoeste de Buenos Aires se incrementa notablemente, exponiendo los suelos a un rápido deterioro generando problemas similares a los sucedidos en Estados Unidos con la erosión del suelo en el centro este de aquel país que implicó la creación nuevas técnicas de sembrado y cuidado del terreno a partir de las curvas de nivel, impulsadas por el Departamento de Suelos. En la fig. 2 de observa un brusco descenso no sólo en la precipitación acumulada, también en su variabilidad alrededor de 1925 (Fig. 3).
- **1975-2005:** período de abundantes lluvias. Importantes inundaciones en el SO bonaerense y SE pampeano (Vargas et al, 1999). La fase húmeda provocó una acelerada pérdida de suelos por erosión hídrica. La pérdida de fertilidad por lavado de los suelos y escurrimiento, se incrementó en toda la región y surgió la necesidad de utilizar gran cantidad de fertilizante para producir más (Glave, 2006). Se produce un incremento en la variabilidad de la lluvia a partir de 1975.

- **2005 en adelante:** marcado descenso en los niveles pluviométricos estivales. Las precipitaciones disminuyeron notablemente, aunque a diferencia del ciclo seco anterior (1925-1975) no se observa un descenso en las temperaturas invernales.

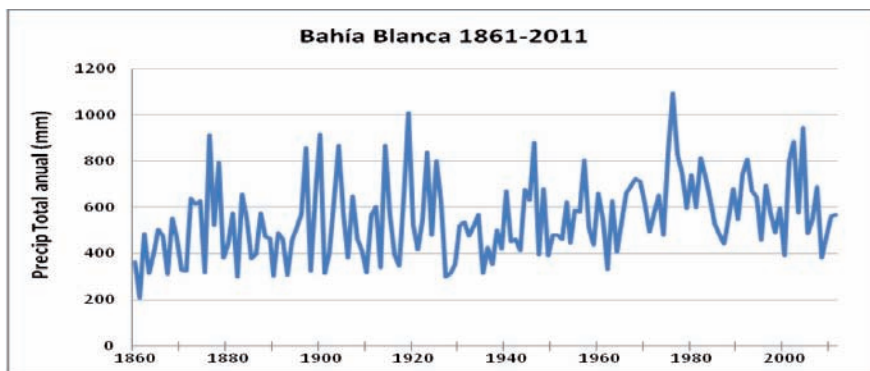


Fig.3: Precipitación total anual Bahía Blanca 1961-2011. Fuente:SMN

Gran parte de la variabilidad en el régimen de precipitación en la región durante los períodos mencionados puede asociarse a modificaciones en los patrones de circulación de gran escala. Por ejemplo, si consideramos los casos del régimen húmedo, en los veranos, la posición y la intensidad del anticiclón del Atlántico sur favorece el ingreso aire cálido y húmedo proveniente de la región amazónica (Minetti y Vargas, 1999) (Fig. 4). Sumado a ello, existe un aumento en la intensidad del jet de capas bajas en la planicie chaco paraguaya que favorece el ingreso a la porción central del país de aire húmedo desde el sur de Brasil (Nicollini y Saulo, 2006).

Existen igualmente otras cuestiones vinculadas a circulación de escalas mayores que afectan el comportamiento de los ciclos de precipitación. La Oscilación Decadal de Pacífico (PDO) actúa a escala global como modulador climático en distintas frecuencias afectando directa e indirectamente los regímenes de precipitación en distintas regiones. Por ejemplo, el cambio de fase de la temperatura de la superficie del mar (TSM) del Pacífico durante alrededor de los años 1976-1977 forma parte de una variación de muy baja frecuencia característica de la cuenca del Pacífico que se conoce como variabilidad tipo-El Niño (Zhang et al., 1997) y está estrechamente relacionada con la PDO (Mantua et al., 1997). Existe vinculación indirecta entre la variación del régimen pluviométrico en el sudoeste bonaerense y el cambio de la TSM en el Pacífico central, generada por modificaciones en la circulación general de la atmosférica sobre el cono sur de Sudamérica. La posición e intensidad de los anticiclones favorecen una mayor advección de humedad desde latitudes tropicales hacia la Argentina subtropical y una menor actividad ciclónica en latitudes medias (Agosta y Compagnucci, 2008) (Fig. 3).

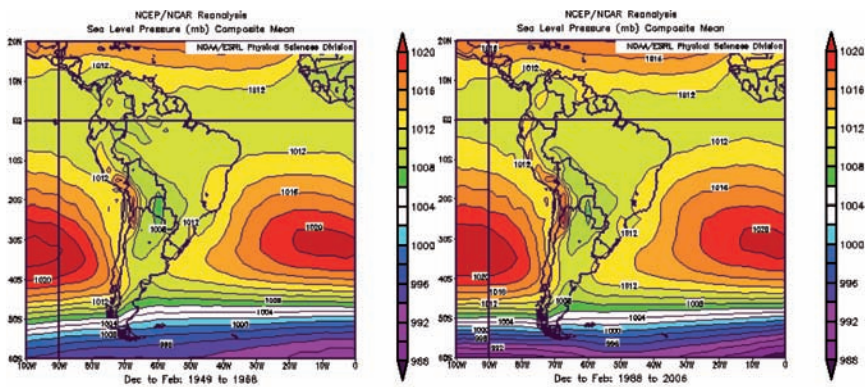


Fig.4: Presión a nivel del mar DEF. 1948-1968 (izq). 1988-2008 (der). Fuente: NCEP

De manera similar, en las estaciones invernales de los años húmedos la posición del anticiclón del Atlántico sur sobre el continente favorece el ingreso de aire húmedo hacia la porción central. Además, una mayor presencia del anticiclón del Pacífico sur sobre la porción patagónica argentina, favorece el ingreso de aire seco y frío generando mayores chances de producir mayores contrastes térmicos entre ambas masas de aire y por consiguiente, mayores precipitaciones o lluvias más intensas. (Fig. 5).

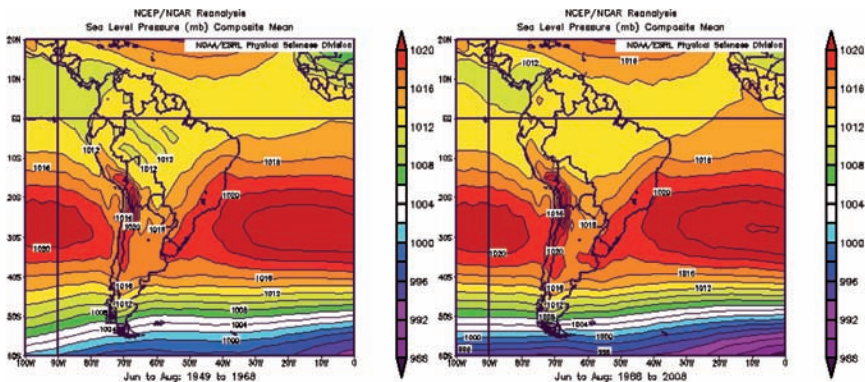


Fig.5: Presión a nivel del mar JJA. 1948-1968 (izq). 1988-2008 (der). Fuente: NCEP

Además, las anomalías en el flujo del oeste de latitudes medias asociadas a ondas de Rossby o la teleconexión entre anomalías de la circulación atmosférica de gran escala del tipo fenómeno ENOS y anomalías de precipitación, (Vargas et al. 1999, Scian 1999) influyen en el ciclo de precipitaciones. En particular los eventos Niño/a no presentan señal significativa sobre la región pero afectan en forma indirecta el ingreso del flujo de humedad al modificar los patrones de circulación general de la atmósfera.

- **Expectativas futuras**

El empleo de escenarios futuros climáticos ha ido incrementado su presencia en ámbitos académicos en los últimos quince años (Nuñez, 2006 a). La intención de detectar patrones de repetición de periodos húmedos y secos a través del modelado numérico conlleva nuevos problemas y desafíos. Muchas críticas se han hecho a la física implícita de los modelos climáticos. Se cuestiona que la mayoría de ellos no incluye las variaciones en los ciclos solares. También se debate la no inclusión de las variaciones en el viento solar, las pequeñas perturbaciones en la velocidad angular terrestre, las parametrizaciones de la degradación del suelo o las modificaciones de sus condiciones, etc. Existen, sin embargo, estudios que podrían ayudar a incorporar esos elementos a la física de los modelos (Nuñez, 2006 b). Por ello, los resultados obtenidos por estos modelos son representativos de las condiciones medias pero presentan inconvenientes al caracterizar los extremos climáticos.

- **Conclusiones**

- La variabilidad en el régimen de precipitación está asociada a patrones de circulación general de la atmósfera (intensidad y posición de anticiclones). El del Atlántico Sur es más importante en verano mientras que el del Pacífico Sur lo es en invierno.
- Fenómenos de gran escala (ENOS, PDO) afectan indirectamente el patrón de lluvias en la región al modificar el flujo de humedad.
- Esta región puede definirse climáticamente como semiárida independientemente de la clasificación empleada. Por lo tanto habría que esperar poca precipitación anual, concentrada en las estaciones intermedia con años eventualmente anómalos (sea en sus fases seca o húmeda).
- Habría que replantear la teoría de los grandes periodos repetitivos (fase seca, semiseca, húmeda y muy húmeda) pues la variabilidad es distinta en fases con características similares.
- Carencias en la formulación de las condiciones de borde por parte de los modelos climáticos en la generación de escenarios futuros (parametrización del tipo y degradación de suelo). Carencias en la formulación de la variabilidad en los forzantes externos (manchas solares, viento solar, etc.).

## Bibliografía

Agosta, E. A. y R.H. Compagnucci, 2008: The 1976/77 Austral Summer Climate Transition Effects on the Atmospheric Circulation and Climate in southern South America. *Journal of Climate*. DOI: 10.1175/2008JCLI2137.1.

Barros, V., Doyle, M and I. Camilloni, 2004: Potential Impacts of climate change in the Plata Basin, IAHS Press, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, Oxfordshire, UK. 2004. Regional Hydrological Impacts of climate variability and Change.

Compagnucci, R. H. y D. C. Araneo. (2007). Alcances de El Niño como predictor del caudal de los ríos andinos argentinos. *Ingeniería Hidráulica en México*. xxii (3): 23-35.

Compagnucci, R. y W. Vargas, 1998. Interannual variability of Cuyo Rivers Streamflow in Argentinean Andean Mountains and ENSO events. *Int. J. Climatol.* 18, 1593-1609.

Diaz, H., M. Hoerling y J. Eischeid, 2001. ENSO variability, teleconnections and climate change. *Int. J. Climatol.* 21, 1845–1862.

Glave, A., 2006: Influencia climatic en el sudoeste bonaerense y sudeste de La Pampa. *Acaecer*, 31(360):18-23..

Mantua, N.J. and S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace, and R.C. Francis, 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, pp. 1069-1079.

Minetti, J.L. y W.M.Vargas, 1999: Trends and jumps in the annual precipitation in South America, south of the 15°S. *Atmósfera* 11, N°4, 205-222. Mexico.

Nicolini; M. and A.C. Saulo, 2006: Modeled Chaco low-level jets and related precipitation patterns during the 1997–1998 warm season. *Meteorol Atmos Phys*, 000, 1–15, DOI 10.1007/s00703-006-0186-7.

Nuñez, M. (2006 a): Use of Regional Climate Models for the determination of Climate Change Scenarios. Project enabling activities for the Second National Communication of Argentina to the Nations Framework Convention on Climate Change. Palacio San Martín, Buenos Aires, 26 - 27, 2006.

Nuñez, M. (2006 b): Impact of urbanization and land use change in Argentina. Projections of Future Climate. LMD, IPSL. Paris, France, October 12, 2006

Scian, B. (1999), Variabilidad interanual de la precipitación en la pradera pampeana y su relación con algunos índices de circulación atmosférica, Tesis doctoral, UBA.

Scian, B. (2001), Fases del SOI y su relación con los corrimientos de la mediana de precipitación mensual en la Pampa argentina, Resúmenes extendidos CLIMET IX/ CONGREGMET VIII, Buenos Aires.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>.

Vargas W.M., Penalba O.C., Minetti, J.L., Las precipitaciones mensuales en zonas de la Argentina y el ENOS. Un enfoque hacia problemas de decisión, *Meteorologica*, 24, 1-2, 3-22, 1999

Zhang, Y., J.M. Wallace and D.S. Battisti, 1997: ENSO-like Interdecadal Variability: 1900-93. *Journal of Climate*, Vol. 10, 1004-1020.