

## APLICACION DEL INDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACION A LA LAGUNA UNAMUNO

*V.Y. Bohn<sup>1</sup>, M.C. Piccolo<sup>1,2</sup> y G.M.E. Perillo<sup>2</sup>*

<sup>1,2</sup> Instituto Argentino de Oceanografía. Departamento de Geografía y Turismo, UNS.

vbohn@criba.edu.ar, piccolo@criba.edu.ar

<sup>3</sup> Instituto Argentino de Oceanografía. Departamento de Geología, UNS. perillo@criba.edu.ar

### RESUMEN

Se analizaron las anomalías de la precipitación en escalas temporales múltiples y su relación con la situación hídrica de la laguna Unamuno, en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Para ello se utilizaron series pluviométricas mensuales de localidades de la región. La información superó los 30 años de registro evaluándose el período 1970 - 2005. Se aplicó el Índice Estandarizado de Precipitación (IEP) en relación con la laguna.

Las variaciones espaciales de la laguna Unamuno fueron estudiadas mediante análisis digital de imágenes satelitales. El IEP con escala temporal de 24 meses se aplicó a los registros pluviométricos de una localidad representativa de la región. Tras ello, se caracterizó como periodos moderadamente húmedos, a los últimos años de la década del '80. Se encontró una alternancia de años moderadamente secos y moderadamente húmedos hasta el final del período analizado.

El régimen pluviométrico tiene gran incidencia en las variaciones espaciales de la laguna Unamuno, por cuanto no existieron otras variables ambientales y/o antropogénicas que incidan en el aumento/descenso de su extensión.

**Palabras clave:** precipitación-Índice Estandarizado de Precipitación (IEP)-laguna-Buenos Aires.

### ABSTRACT

The temporal and multiples scales of the precipitation anomalies and its relation with the Unamuno lagoon hydric condition were analyzed in detail. The lagoon is located in the SE of the Buenos Aires province. Rainfall monthly series were utilized. The period 1970 - 2005 were studied. The Standard Precipitation Index (SPI) was applied to the study region.

The spatial variations of the Unamuno pond, were studied by means of satellite image analysis. The SPI with temporal scale of 24 months was applied to pluviometrical data from a station of the study area. The last years of the '80 were characterized as moderately humid period. An alternance between moderately dry and humid was found until the end of the analyzed period.

The spatial changes of the Unamuno pond were originated by the pluviometrical regime because there are not other environmental or anthropogenic variables affecting the increase/reduction of its extension.

**Keywords:** precipitation-Standard Precipitation Index (SPI)-pond-Buenos Aires.

### INTRODUCCION

Las llanuras son un escenario de suma fragilidad ante eventos hidrológicos extremos, de déficit o excedentes hídricos. En este último caso, la incapacidad del relieve de evacuar volúmenes importantes de agua junto a otros factores, conduce a la ocurrencia de vastos y

persistentes anegamientos. Como consecuencia de la escasa pendiente de las áreas llanas, un desnivel de un metro significa una barrera infranqueable desde el punto de vista hidrológico, que altera el escurrimiento natural de las aguas (Montico, 2004). En las llanuras argentinas, el relieve escasamente ondulado y la cantidad e intensidad de las lluvias son

los principales responsables de las frecuentes inundaciones y anegamientos de variable magnitud a la que está sujeta la región (Vásquez *et al.*, 2003).

Una característica del territorio bonaerense es que más del 90 % de su superficie corresponde a ambientes llanos, lo cual le imprime una condición hidrológica particular como es el predominio de los movimientos verticales del agua (evapotranspiración - infiltración) sobre los horizontales (escurrimientos) (Kruse y Laurencena, 2005). La región semiárida pampeana está caracterizada por un clima sub-húmedo y semiárido. Ello significa que las precipitaciones tienen una variación interanual significativa. De un año a otro se puede pasar de un superávit de lluvias a una sequía. También las lluvias varían en cuanto a la estación del año en que se producen. Es justamente por esa variabilidad en las precipitaciones interanuales e intraanuales inherentes a la región que se desestabiliza la programación agrícola-ganadera a futuro, más aún ante una sequía prolongada (Scian, 2003).

Krepper y Scian (1994) analizaron series mensuales de precipitación de localidades de la región pampeana con registros de más de 80 años a partir de lo cual, detectaron una zona de tendencias positivas, especialmente a partir de la década del '50. Mediante la distribución Weibull triparamétrica definieron extremos de precipitación y determinaron zonas de probabilidad de ocurrencia de déficit y excesos. Finalmente, caracterizaron a los años climáticos en una serie temporal de porcentajes de áreas bajo condiciones extremas, destacándose un año de déficit para la región, 1910-1991 y años con excesos de precipitación, 1914-15, 1918-19, 1946-47 y 1968-69.

La laguna Unamuno (Fig. 1) está localizada en la faja zonal de los climas templados, en el sector sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Los valores medios anuales de temperatura del aire están comprendidos entre 14 °C y 20 °C y se observan estaciones

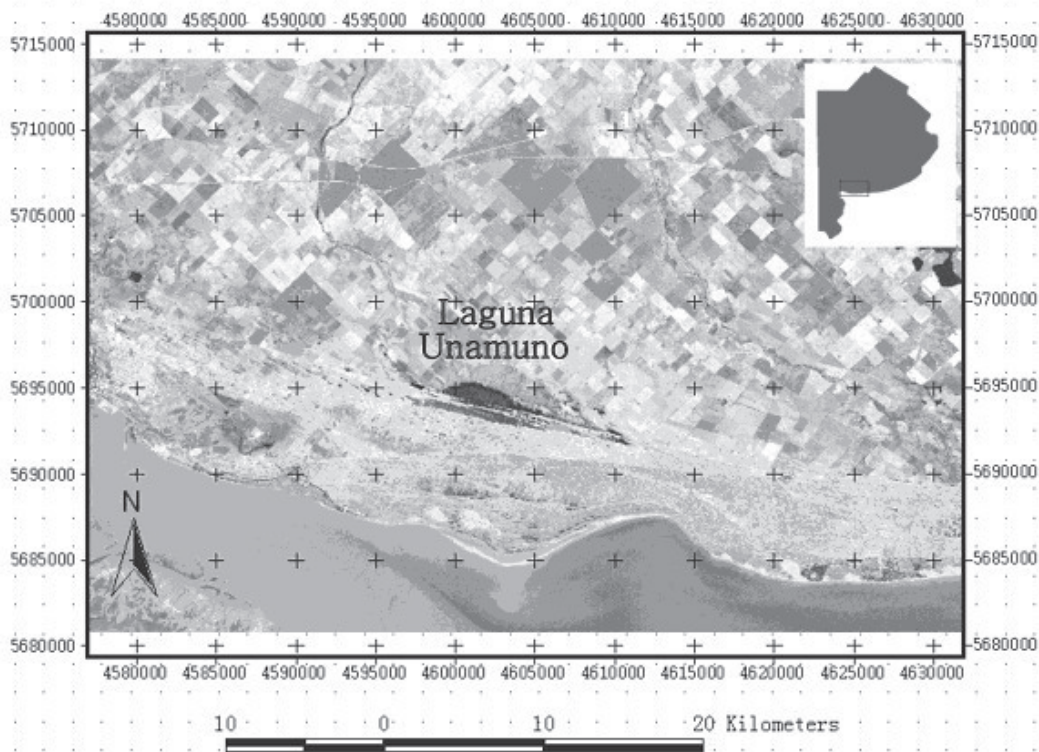
térmicas bien diferenciadas (veranos e inviernos rigurosos, primaveras y otoños intermedios). En estas áreas, en las que existe una alternancia permanente de masas de aire de distinta índole, la característica esencial es la variabilidad en las condiciones de tiempo, hecho que se pone de manifiesto en todas las estaciones del año. Las lluvias, no siempre suficientes en los sectores occidentales para el cultivo sin riego, otorgan un carácter subhúmedo a esta variedad de clima templado, denominado de transición. La mayor parte del área, cuenta con lluvias suficientes y un régimen de precipitación uniforme durante todo el año, con ligero estímulo en primavera y otoño (Campo *et al.*, 2004). Sin embargo en los últimos años, la zona ha sido afectada por variaciones climáticas que han modificado los balances hídricos de las distintas estaciones. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es analizar el régimen pluviométrico durante el período 1970 - 2005 y su relación con las variaciones areales de la laguna Unamuno.

### **Métodos analíticos**

La situación hidrológica de la laguna Unamuno, fue evaluada mediante el análisis de la carta topográfica Bahía Blanca (E: 1: 250 000, proyección Gauss Krüger, IGM) e imágenes satelitales en relación con datos meteorológicos. Estas últimas, pertenecieron a los satélites Landsat 5 y 7 ETM, nivel de procesamiento 4X y fueron provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Para su procesamiento (análisis, clasificación no supervisada e interpretación temática, corrección geométrica) se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ILWIS 3.1 y Arc View 3.2.

El Índice Estándar de Precipitación (IEP) fue diseñado para mejorar la detección de la sequía y para la monitorización de la misma. El IEP se basa solamente en las probabilidades de ocurrencia de precipitación para un período dado. Una característica clave del IEP es la

## Aplicación del índice estandarizado de precipitación a la Laguna Unamuno.



**Figura 1.** Localización del área de estudio, en la provincia de Buenos Aires.

flexibilidad de medición de las anomalías de precipitación en distintas escalas temporales (McKee *et al.*, 1995). Esta metodología se utilizó en el análisis del régimen pluviométrico.

Los valores de IEP se derivaron comparando la precipitación acumulada total para una estación o región en particular durante un intervalo de tiempo específico con el promedio de la precipitación acumulada para ese mismo intervalo a lo largo de lo que dure el registro climático. Los valores variaron desde 2.00 o más (extremadamente húmedo) a -2.00 o menos (extremadamente seco) con las condiciones casi normales en un rango de 0.99 a -0.99. El índice se calculó de acuerdo a la metodología propuesta por McKee *et al.* (1995). Los valores de clasificación para los valores IEP se presentan en la Tabla 1.

Se definió como sequía cuando el IEP es continuamente negativo y alcanza un valor de -1.00 o inferior y continúa hasta que el IEP se

torna positivo. La duración de la sequía fue definida por el intervalo entre el comienzo y el final del período. La magnitud de la sequía se midió sumando los valores del IEP durante los meses de la misma.

Los registros pluviométricos analizados correspondieron a las siguientes estaciones: Bahía Blanca (38° 44' S, 62° 16' O), Bordenave (37° 51' S, 63° 01' O), Cnel. Suárez

**Tabla 1.** Índice Estándar de Precipitación (McKee *et al.*, 1995)

Valores IEP	
2.0 o más	Extremadamente húmedo
1.5 to 1.99	Muy húmedo
1.0 to 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 to 0.99	Casi normal
-1.0 to -1.49	Moderadamente seco
-1.5 to -1.99	Muy seco
-2 o menos	Extremadamente seco

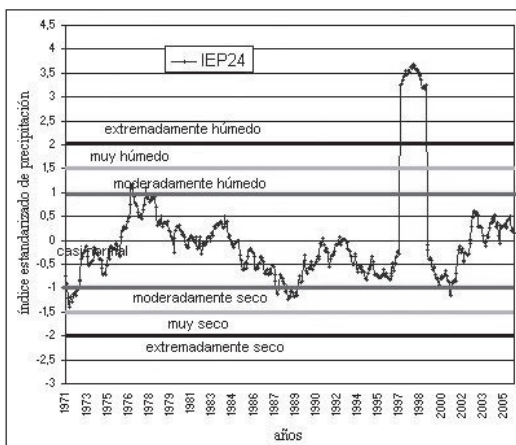
(37° 28' S, 61° 56' O), Pigüé (37° 37' S, 62° 24' O) y Tres Arroyos (38° 22' S, 60° 16' O). El período analizado fue 1970 - 2005 y los datos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El IEP con escala temporal 24 meses se aplicó sólo a Bahía Blanca, debido a la cercanía entre la estación y el área estudiada y la similitud de condiciones meteorológicas existente entre ambas.

### Aplicación del IEP al régimen pluviométrico

Las precipitaciones del área de estudio oscilan entre 450 a 700 milímetros anuales (Campo *et al.*, 2004). Sin embargo, los años 1970 - 2005 incluyeron períodos en los que el área de estudio fue afectada por diversos fenómenos de variabilidad climática. Estos se caracterizaron por oscilaciones en las precipitaciones que en algunos casos, contribuyeron al anegamiento de la región. Las características topográficas constituyeron un factor determinante en la evolución de este fenómeno. La pendiente general menor que 0,5 % y el predominio del tipo de suelo Argiustol (INTA, 1989) dificultaron el escurrimiento y/o infiltración creando condiciones óptimas para la inundación.

El IEP fue aplicado a los valores medidos para la estación Bahía Blanca por considerarse representativos del área de estudio en relación a registros de localidades cercanas. Como resultado del cálculo del IEP con escala temporal de 24 meses (IEP24), se obtuvo la relación entre las anomalías de la precipitación y las características de las aguas superficiales representadas en este caso, por la laguna Unamuno. Fue posible categorizar a los diversos períodos de acuerdo a la clasificación de los IEP (Tabla 1). La serie temporal de los IEP24 se muestra en la Figura 2.

El IEP24 aplicado a la estación Bahía Blanca, reflejó situaciones de sequía mo-



**Figura 2.** Índice Estandarizado de Precipitación (IEP) correspondiente al período 1970 - 2005 (escala temporal: 24 meses)

derada desde 1970 a noviembre de 1972 aproximadamente. Tras ello, comenzó un período de precipitaciones normales hasta inicios del año 1976. Culminada dicha alternancia, se atravesó por un período de humedad normal que caracterizó a la década del '80 con ciertos picos de sequía moderada a fines de 1987 y principios de 1988 (Fig. 2). A partir de la década del '90, la situación hídrica de la región no mostró anomalías, excepto el período comprendido entre mayo de 1997 y abril de 1999 donde los valores de IEP hallados se diferenciaron ampliamente (Fig. 2). En esta oportunidad, el IEP sobrepasó valores de 3, con lo cual se caracterizó a dichos años como extremadamente húmedos. En 1998, en algunas localidades situadas al sudoeste de la provincia de Buenos Aires, los registros pluviométricos superaron los valores medios de la zona. En algunos casos la desviación estándar superó los 250 mm (ej. Bordenave, 888 mm/año).

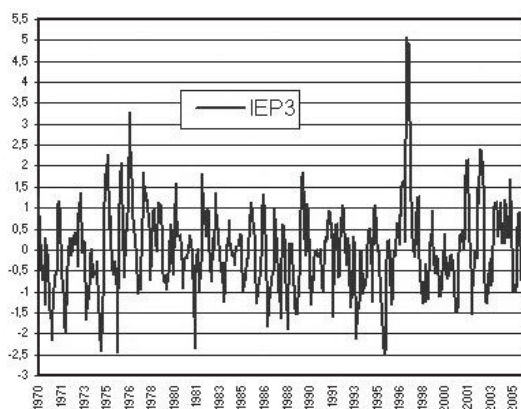
Desde un punto agronómico (escala temporal 3 meses), la sequía que comenzó en abril de 1995 y se extendió a lo largo del año fue uno de los períodos más duros vividos en el siglo en Argentina. El déficit hídrico se adelantó a los períodos usuales, establecién-

dose a mitad del otoño y determinando que más del 20 % de la superficie destinada al cultivo de trigo en el radio de influencia de Bahía Blanca no se pudiera cultivar. El fenómeno tuvo características similares en el sur y centro bonaerense (Píccolo *et al.*, 2002). En Bahía Blanca se acumularon 230 mm de déficit de agua desde mayo hasta el mes de noviembre de ese año (Scian, 2003). Como consecuencia, se han encontrado fuertes relaciones entre el IEP a escala 3 meses y la sequía agronómica (Fig. 3).

En síntesis, la distribución es irregular, no se ajusta a ningún tipo de periodicidad. Se obtuvo que los períodos de mayor humedad fueron los años 76-77 y mayo de 1997 hasta marzo de 1999. Los años 2004 y 2005 mostraron tendencia hacia valores de moderada humedad. La interpretación coincidió con resultados de estudios previos realizados en el sudoeste bonaerense. Por ejemplo, Scian (2002) reconoció picos de precipitación que afectaron a toda la región como los años húmedos de 1977 y 1985/86, así como los secos a fines de 1975 y 1995.

### **Relación entre las variaciones areales y la precipitación**

La laguna Unamuno (Fig. 1) pertenece a la cuenca endorreica del arroyo Napostá Chico



**Figura 3.** Índice Estandarizado de Precipitación (IEP) correspondiente al período 1970 - 2005 (Escala Temporal: 3 meses)

(1320 km<sup>2</sup>) y recibe aportes del arroyo homónimo. La elección de este cuerpo de agua, respondió fundamentalmente a la variabilidad espacial que ha experimentado en los últimos años. El estudio de la evolución de la laguna desde un punto de vista espacial se relacionó directamente con el análisis del régimen pluviométrico de la región. El seguimiento de su evolución fue realizado para el período 1998 - 2005.

La relación existente entre la dinámica hídrica de la laguna y las precipitaciones surge del análisis del IEP24 y los valores de áreas de la laguna calculados para el mismo período. Un déficit de precipitación impacta en la humedad del suelo, la escorrentía, los reservorios de agua, el nivel de agua freática en diferentes escalas de tiempo. Una forma de evaluar la ocurrencia de déficit o excesos significativos por su intensidad y/o duración fue mediante el uso del IEP (McKee *et al.*, 1995), dado que el mismo es apropiado para cuantificarlos en múltiples escalas temporales. Así, la situación hídrica de Unamuno, ha sido bien descrita por medio del IEP a escala 24 meses.

Entre septiembre y octubre de 1998 la laguna incrementó su superficie alcanzando 9,70 km<sup>2</sup> y 10,78 km<sup>2</sup>, aproximadamente. Para los mismos meses, el IEP indicó situaciones de humedad extrema (Fig. 3). A partir de mayo de 1999 y hasta septiembre del mismo año, el índice indicó situaciones de menor humedad con respecto a 1998. Conforme a ello, la extensión de la laguna disminuyó en más de 1 km<sup>2</sup>. La tendencia continuó hasta enero de 2000 al igual que la del IEP que marcó situaciones de humedad normal-seca.

Si bien durante el año 2002 el IEP mostró situaciones de humedad normal, sólo tuvo tendencia positiva (húmeda) a partir del mes de agosto. Esta situación permitió inferir acerca de la influencia de las precipitaciones en el área de la laguna. Ésta superó los 20 km<sup>2</sup> en el mes de noviembre. Con respecto al año

2003, el IEP mostró una tendencia negativa (seca) a partir de septiembre de ese año. En este período la extensión de la laguna disminuyó en 2 km<sup>2</sup> a finales de ese año. A partir de allí y hasta finales de 2005 ambas variables no presentaron cambios.

En líneas generales, las variaciones areales de la laguna se comportaron siguiendo la tendencia del IEP a escala 24 meses durante el período 1998 - 2005. Ante estos resultados se interpretó que el régimen pluviométrico en la región del sudoeste bonaerense tiene gran incidencia en los fenómenos de anegamiento, por cuanto no existieron otras variables ambientales y/o antropogénicas que incidieran en el aumento/descenso de la extensión areal de la laguna.

## CONCLUSIONES

Al igual que en la mayoría de los lagos someros (Fernández Aláez *et al.*, 2004), la laguna Unamuno posee condicionantes en su funcionamiento, siendo los más relevantes aquellos relacionados a la disponibilidad de nutrientes, al estado trófico y a la cantidad y periodicidad del agua precipitable. La aplicación del IEP a escala temporal 24 meses permitió evaluar al último de estos condicionantes en relación con los registros pluviométricos de la región. Los resultados hallados demostraron que los niveles de agua de la laguna están directamente relacionados con el régimen pluviométrico. Éste, mostró aumentos en las estaciones intermedias al igual que la cantidad de agua de la laguna, siguiendo el comportamiento típico de una laguna pampeana durante la instancia del ciclo de sequía - inundación característica de la región. El tiempo de permanencia del agua fue altamente variable.

Finalmente, si bien han sido comprobadas las relaciones entre ambas variables, tal como

enunciara Fernández Aláez (Fernández Aláez *et al.*, 2004) el papel que desempeñan las fluctuaciones en los lagos poco profundos, está lejos de ser comprendido. Siendo por ello, objeto de amplio debate en el que se asume que dichas fluctuaciones pueden aparecer en diferentes escalas de tiempo (Coops *et al.*, 2003).

**Agradecimientos.** El presente trabajo se realiza en el marco de la Beca Interna de Posgrado Tipo I otorgada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y de los proyectos subsidiados por la Universidad Nacional del Sur, CONICET y Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC). Los autores agradecen también a CONAE y al Instituto de Clima y Agua (INTA Castelar).

## REFERENCIAS

- Campo, A., A. Capelli y P. Diez. 2004. El clima del suroeste bonaerense. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Coops H., M. Beklioglu and T.J. Crisman. 2003. The role of water-level fluctuations in shallow the ecosystems-workshop conclusions. *Hydrobiología*. 506-509.
- Fernández Aláez, M., C. Fernández Aláez, F. García-Criado y C. Trigal-Domínguez. 2004. La influencia del régimen hídrico sobre las comunidades de macrófitos de lagunas someras de la Depresión del Duero. *Revista Ecosistemas*. Año XIII, N2, mayo-agosto. España
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 1989. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Instituto de suelos. Buenos Aires. 525 pp.
- Krepper, C.M. y B. Scian. 1994. Climatología de la precipitación en la región pampeana: I. Variabilidad decádica, tendencias y eventos extremos. *Geoacta*, 21, 159-174.

*Aplicación del índice estandarizado de precipitación a la Laguna Unamuno.*

- Kruse, E. y P. Laurencena. 2005. Aguas superficiales. Relación con el régimen subterráneo y fenómenos de anegamiento. En: Geología y Recurso Minerales de la provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. R.E. Barrio, R.O. Etcheverry, M.F., Caballe y E. Llambias (edit.). Cap. XIX, 313-326. La Plata, Argentina.
- McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 15-20, 223-236, Dallas.
- Montico, S. 2004. El manejo del agua en el sector rural de la región pampeana argentina. Estudios sobre sociedad, naturaleza y desarrollo. Revista Theomai. Número especial. Argentina.
- Piccolo, M.C., A. Capelli de Steffens y A. Campo de Ferreras. 2002. La sequía de 1995 en la región pampeana argentina. En Desastres Naturales en América Latina. Fondo de Cultura Económica. Cap. IX, 189-206. México D.F.
- Scian, B. 2002. Variabilidad de las condiciones hídricas en la región semiárida pampeana, Argentina. GEOACTA, 27, 30-52. Bahía Blanca, Argentina.
- Scian, B. 2003. La situación climática actual en la región semiárida pampeana. Anomalías hídricas en el Centro Sur y Oeste de la Región Pampeana. [Informe] [www.criba.edu.ar/sequia/front/index.htm](http://www.criba.edu.ar/sequia/front/index.htm). Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas e Instituto de Clima y Agua (INTA Castelar). Estadísticas Climatológicas. Período 1970 - 2005.
- Vásquez P., M. Varni, E. Usunoff, M. Gandini e I. Extraigas. 2003. Identificación de patrones de anegamiento en la cuenca del arroyo del Azul mediante el uso de imágenes LANDSAT. Revista de la Asociación Española de Teledetección, SIN 1133-0953, 19, 43-49. Argentina.