

## **USO DEL INDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACION PARA CARACTERIZAR SEQUIAS AGROMETEOROLOGICAS EN RIO CUARTO (ARGENTINA)**

**Víctor Hugo ROTONDO<sup>1</sup>, Roberto Angel SEILER<sup>2</sup>**

### **RESUMEN**

Se calculan el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) y el Índice de Severidad de Sequías de Palmer (PDSI), a partir de datos meteorológicos diarios de una serie de 25 años (1974-1998) y se analizan sus comportamientos para la caracterización de sequías agrometeorológicas en Río Cuarto. La comparación de los índices en dos ciclos particularmente secos, 1988-89 y 1996-97, muestra que el SPI para períodos de tres meses describe mejor la variabilidad del fenómeno de sequía, mientras que el PDSI exhibe menor sensibilidad para detectar tanto el comienzo como el final de períodos secos. Se analizan también la distribución de frecuencias del ISP y del PDSI para los doce meses del año

### **INTRODUCCION**

Las sequías en un determinado lugar o región son producidas por la falta de precipitaciones como resultado de múltiples factores, produciendo un efecto negativo, principalmente sobre la producción agrícola. Una sequía puede ser definida por la interacción de dos variables: la demanda de agua (ETP) y la cantidad de precipitaciones. La magnitud de las mismas está afectada por las condiciones agroclimáticas de una determinada región (Kumar and Panu, 1997). De acuerdo a Dracup et al. (1980), se pueden definir como “sequías meteorológicas”, las que se producen cuando las precipitaciones anuales son menores que el promedio de una larga serie de años (30 años o más); “sequías hidrológicas”, cuando la falta de precipitaciones o la persistencia de sequías meteorológicas producen una disminución del agua en los lugares de almacenaje natural como lagos, lagunas, cursos de agua y artificiales como diques y embalses; “sequías agrícolas”, cuando la disponibilidad de agua en el suelo no es suficiente para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos, ocasionando una disminución de los rendimientos y hasta la total pérdida de las cosechas.

---

<sup>1</sup> Ing. Agr., Profesor Adjunto. Universidad Nacional de Río Cuarto, Dto. de Ecología Agraria – Agrometeorología. Ruta Nac. N° 36, Km 601, 5800 Río Cuarto - Cba., Argentina. E-mail: vrotondo@ayv.unrc.edu.ar.

<sup>2</sup> PhD. Profesor Titular. Universidad Nacional de Río Cuarto / CONICET, Dto. de Ecología Agraria – Agrometeorología. Ruta Nac. N° 36, Km 601, 5800 Río Cuarto - Cba., Argentina. E-mail: rseiler@ayv.unrc.edu.ar.

Para cuantificar las sequías se han desarrollado índices basados principalmente en la medida de las precipitaciones y en el contenido de humedad en el suelo (Dracup et al., 1980). Algunos de ellos son el Porcentaje de la Precipitación Normal, el ordenado de los datos de precipitación mensual en Deciles, el Índice de Severidad de Sequías de Palmer (PDSI), el Índice de humedad del Cultivo, el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), etc. El Índice de Severidad de Sequías de Palmer (Palmer, 1965) es el indicador de ocurrencia y de intensidad de sequías más ampliamente usado. Este índice determina las condiciones de sequía y humedad a partir de valores obtenidos del balance hidrológico y un valor del mismo en un momento particular, puede asociarse con el comienzo o la finalización de un período seco o húmedo. Alguna de las propiedades y utilidades del PDSI fueron investigadas por Alley (1984), Heddinghaus and Sebol (1991), Guttman (1991, 1998) y en la República Argentina por Ravelo y Rotondo (1987a y b), Donnari y Scian (1993) y Scian (1997).

El SPI fue desarrollado por McKee et al., (1993) para cuantificar el déficit de precipitación en distintas escalas de tiempo. Como las condiciones de humedad en el suelo responden a anomalías en las precipitaciones ocurridas en períodos de tiempo relativamente cortos, McKee et al., (1993) calcularon el SPI originalmente para intervalos de 3, 6, 12, 24 y 48 meses. La simplicidad de su aplicación y la posibilidad de ser utilizado para distintos períodos de tiempo, están ampliando la difusión de su uso para caracterizar sequías (Hayes, et al., 1997). Karl (1986), usando el PDSI en forma operacional encontró que este índice no proporcionaba respuestas satisfactorias para la determinación de la deficiencia de humedad en el corto plazo, recomendando la utilización del Índice-Z de Anomalía de Humedad de Palmer (Palmer, 1964). Alley (1984) observó como desfavorable para ambos índices, el número de suposiciones arbitrarias necesarias para el desarrollo del método y el cómputo del balance hidrológico. El objetivo del presente trabajo fue analizar el comportamiento del SPI en relación al PDSI, para caracterizar sequías en la región centro-sur de la Provincia de Córdoba en la República Argentina.

## **MATERIALES Y METODOS**

Los datos utilizados para el análisis se obtuvieron del Observatorio Agrometeorológico de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Latitud: 33° 06' S, Longitud: 64° 18' W), dependiente de la Cátedra de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. Estos consistieron en una serie ininterrumpida de datos diarios de precipitaciones desde 1974 a 1998, con los que se procesaron el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI) y el Índice Estandarizado de Precipitaciones (SPI), este último para escalas de tiempo de 1 y 3 meses.

---

El PDSI (Palmer, 1965), fue calculado a partir del balance hidrológico mensual seriado (Pascale y Damario, 1977), utilizando las precipitaciones mensuales, las temperaturas medias mensuales y el agua disponible en el perfil del suelo. Los valores del índice oscilan entre -4 y +4, en donde cero representa las condiciones de lluvias y temperaturas normales para un lugar; valores positivos representan condiciones de humedad y los negativos de sequías, de acuerdo a una caracterización que se detalla en la Tabla 1.

El PSI se calculó como la diferencia entre un valor de lluvia, ocurrido en un período de tiempo en particular y el valor medio histórico para el mismo período, dividida por su desvío estandar (Mc Kee, et al., 1993). Para ello, a partir de las precipitaciones diarias observadas se construyeron nuevas series de acumulaciones en un mes y en tres meses, respectivamente. De acuerdo a Mc Kee et al. (1993) la caracterización de sequía utilizando el PSI queda establecida por los valores del Índice que se muestran en la Tabla 1

Tabla 1: Escalas de valores del PDSI y del SPI y categorización de situaciones de humedad

CATEGORIA	PDSI	SPI
Extremadamente húmedo	4,00 o mayor	2,00 o mayor
Muy húmedo	3,00 a 3,99	1,50 a 1,99
Moderadamente húmedo	2,00 a 2,99	1,00 a 1,49
Húmedo incipiente	1,00 a 1,99	0,50 a 0,99
Casi normal	0,99 a -0,99	0,49 a -0,49
Sequía incipiente	-1,00 a -1,99	-0,50 a -0,99
Sequía moderada	-2,00 a -2,99	-1,00 a -1,49
Sequía severa	-3,00 a -3,99	-1,50 a -1,99
Sequía extrema	-4,00 o menor	-2,00 o menor

Para el cómputo del PDSI se utilizó un programa de computación provisto por la Asociación Argentina de Agrometeorología (Ravelo, 1990). El SPI se calculó haciendo uso de Statistix (Analitical Software, 1994), mediante el cual se determinaron también las distribuciones de frecuencias para las distintas categorías de humedad, tanto del SPI como del PDSI.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La comparación gráfica de los valores del SPI para períodos de un mes (SPI-1) y de tres meses (SPI-3) y el PDSI, durante un ciclo particularmente seco, 1988-89, en Río Cuarto - Cba. (Fig. 1), muestra que a fin de junio de 1988 ambos valores de SPI indican sequía moderada mientras el PDSI caracteriza una sequía incipiente. Recién en diciembre de 1988 el PDSI alcanza un valor indicativo de sequía extrema (-4,0), situación que el SPI-3 ya lo indicaba dos meses antes. En los meses de marzo, abril y mayo de 1989 hay un proceso de atenuación de la sequía, verificado por la ocurrencia de lluvias que mejoraron la humedad superficial. No obstante, el PDSI demuestra

escasa sensibilidad para detectar estos cambios, manteniendo la condición de sequía severa aun cuando el SPI-1 y SPI-3 indican sequía moderada. Condiciones similares se producen desde febrero de 1990 en adelante, mostrando el PDSI escasas respuestas a estos cambios.

En la fig. 2, el PDSI indica condiciones de sequía permanente durante un largo período entre 1995 y 1997. En ese tiempo el PSI-3 muestra situaciones de normalidad, e incluso más húmedas, que interrumpen la duración de la sequía señalada por el PDSI.

En la Tabla 2 se presentan las distribuciones de frecuencias empíricas mensuales en porcentaje, para cada categoría del SPI-3 y del PDSI, de la serie utilizada en el estudio. Estas frecuencias representan un avance preliminar en la comparación de ambos índices por lo que posteriores análisis deben ser realizados antes de emitir conclusiones definitivas. No obstante, como resultados a priori, se observa que ambos índices proporcionan frecuencias similares de ocurrencia de situaciones a través del año en la categoría “casi normal”, mientras que para situaciones de sequías, el SPI indica mayor número de ocurrencias, a su vez variables según épocas del año.

## **CONCLUSIONES**

El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) mostró mayor anticipación para indicar situaciones de sequía que el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI). Por otra parte, también mostró mayor sensibilidad temporal en la indicación de recuperación de condiciones de humedad. El SPI para períodos de un mes y de tres meses identificó condiciones de humedad dentro de largos períodos secos. Estas ocurrencias pueden significar diferentes impactos en la producción agrícola, los que podrían ser mejor cuantificadas mediante el uso del SPI.

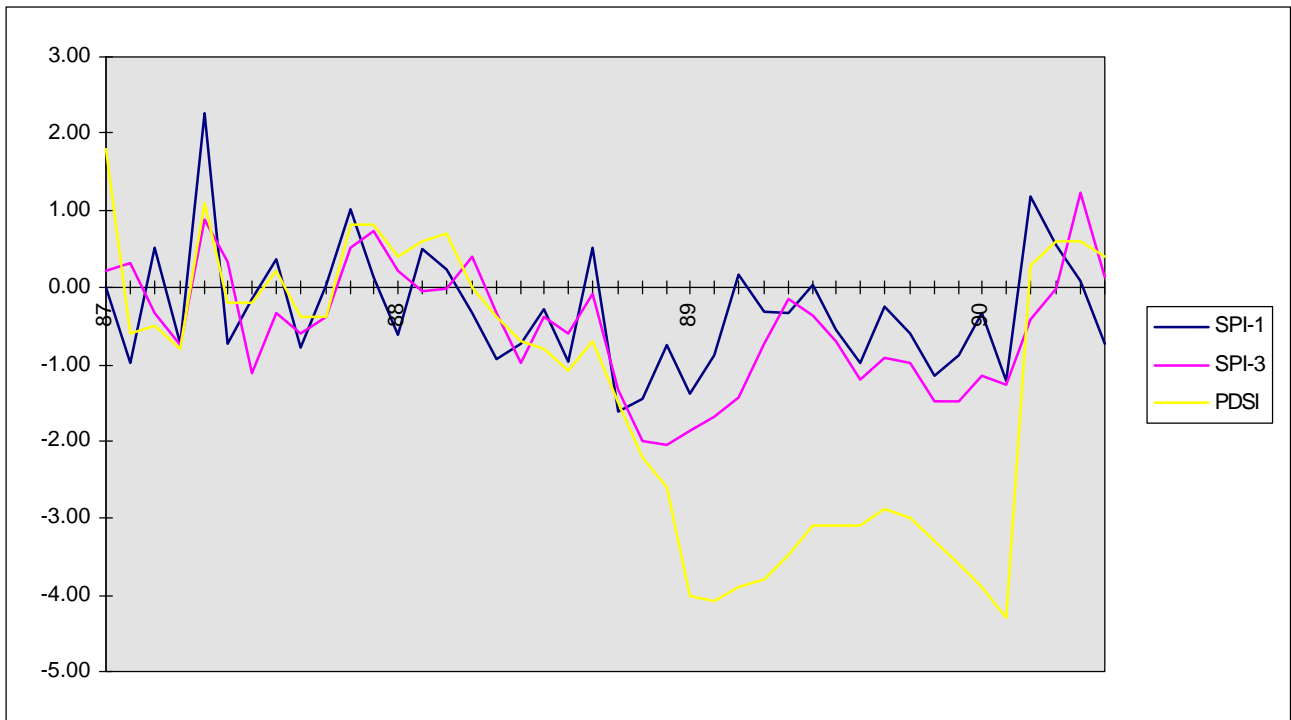


Fig. 1 Evolución del PDSI y del SPI al final de cada período de 1 mes (SPI-1) y de tres meses (SPI-3), en los años 1987 a 1991

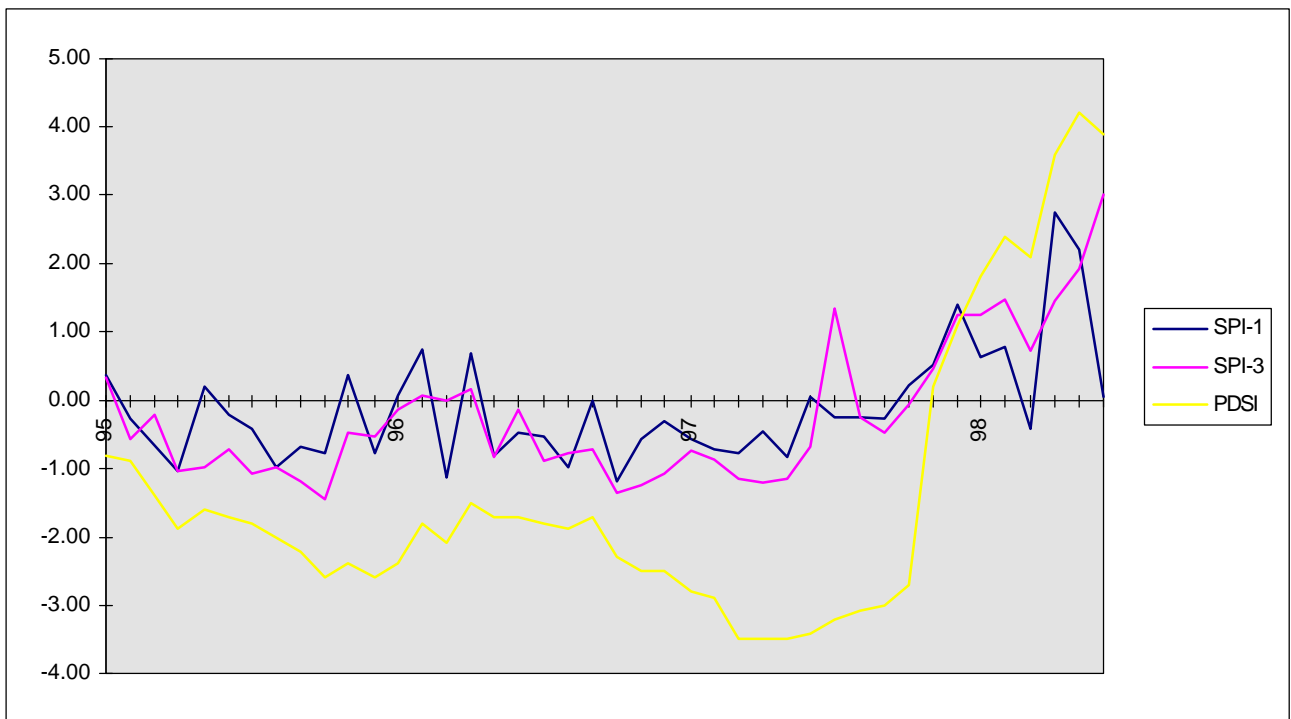


Fig. 2 Evolución del PDSI y del SPI al final de cada período de 1 mes (SPI-1) y de tres meses (SPI-3), en los años 1995 a 1998

Tabla 2 : Frecuencias mensuales de ocurrencia de situaciones hídricas (%), caracterizadas por el SPI para períodos de tres meses y el PDSI (serie 1974 - 98); ( ): valores de PDSI

CATEGORIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Extremadamente húmedo	0,0 (0,0)	4,2 (4,3)	0,0 (4,3)	0,0 (4,3)	4,2 (4,3)	0,0 (4,3)	0,0 (4,2)	0,0 (0,0)	4,5 (0,0)	4,3 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Muy húmedo	4,2 (8,7)	4,2 (4,3)	0,0 (0,0)	0,0 (8,7)	4,2 (4,3)	8,7 (4,3)	4,5 (0,0)	0,0 (8,3)	0,0 (4,2)	4,3 (4,2)	8,7 (0,0)	0,0 (4,2)
Moderadamente húmedo	16,7 (13,0)	8,3 (8,7)	13,0 (13,0)	25,0 (8,7)	8,3 (8,7)	0,0 (8,7)	9,1 (12,5)	9,1 (4,2)	0,0 (12,5)	8,7 (12,5)	4,3 (16,7)	26,1 (12,5)
Húmedo incipiente	4,2 (13,0)	12,5 (17,4)	17,4 (17,4)	4,2 (8,7)	8,3 (13,0)	0,0 (8,7)	9,1 (8,3)	13,6 (16,7)	18,2 (4,2)	4,3 (16,7)	26,1 (16,7)	13,0 (16,7)
Casi normal	41,7 (34,7)	29,2 (34,7)	39,1 (26,0)	37,5 (26,0)	37,5 (34,7)	52,2 (52,2)	31,8 (50,0)	31,8 (45,8)	36,3 (54,2)	47,8 (41,7)	34,8 (41,6)	39,1 (41,7)
Sequía incipiente	20,8 (4,3)	29,2 (17,4)	17,4 (26,1)	8,3 (34,8)	20,8 (26,1)	30,4 (13,0)	31,8 (16,7)	36,4 (16,7)	27,3 (12,5)	13,0 (8,3)	0,0 (8,3)	4,3 (4,2)
Sequía moderada	4,2 (13,0)	8,3 (4,3)	13,0 (4,3)	20,8 (0,0)	16,7 (0,0)	8,7 (0,0)	13,6 (0,0)	9,1 (0,0)	13,6 (12,5)	17,4 (16,7)	21,7 (12,5)	8,7 (16,7)
Sequía severa	4,2 (13,0)	4,2 (0,0)	0,0 (8,7)	4,2 (8,7)	0,0 (8,7)	0,0 (8,7)	0,0 (8,3)	0,0 (8,3)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	4,3 (4,2)	0,0 (4,2)
Sequía extrema	4,2 (0,0)	0,0 (8,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	8,7 (0,0)

## BIBLIOGRAFIA

- ALLEY, W.M. 1984. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23:1100-1109.
- ANALITICAL SOFTWARE. 1994. Statistix for Windows Version 1.0. Corporated Headquarters, Tallahassee, FL, USA.
- DRACUP, J.A.; LEE, K.S. and PAULSON, E.G. 1980. On the definition of droughts. *Water Resources Research*, 16(2):297-302.
- DONNARI, M. y SCIAN, B. 1993. Sequías edáficas en Bordenave, método de Palmer. *Revista Geofísica*, 39:85-99.
- GUTTMAN, N.B. 1991. Sensitivity of the Palmer hydrologic drought index. *Water Resources Bulletin*, 27:797-807.
- GUTTMAN, N.B. 1998. Comparing the Palmer Drought Index and the Standarized Precipitation Index. *Journal of the AMERICAN Water Resources Association*, 34(1):113-121.

- HAYES, M.; SBOVODA, M.; WILHITE, D. and VANYARKHO, O. 1997. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. Proc. 10<sup>th</sup> Conf. on Applied Climatology, Reno, Nevada. Pag.190.
- HEDDINGHAUS, T.R. and SABOL, P. 1991. A review of the Palmer Drought Severity Index and where do we go from here?. Proc. 7th Conference on Applied Climatology, Sept. 10-13, Am. Meteorol. Soc., Boston, Massachusetts, pp 242-246.
- KARL, T.R. 1986. The sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-Index to their calibration coefficients including potential evapotranspiration. Journal of the Climate and Applied Meteorology, 25(1):77-86.
- KUMAR, V. and PANU, U. 1997. Predictive assessment of severity of agricultural droughts based on agroclimatic factors. Journal of the American Water Resources Association, 33(6):1255-1264.
- MC KEE, T.B.; DOESKIN, N.J. and KLEIST, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. Proc. 8th Conference on Applied Climatology, January 17-22, Am. Meteorol. Soc., Boston, Massachusetts, pp 179-184.
- PALMER, W.C. 1965. Meteorological drought. Research Paper N° 45, Weather Bureau, Washington D.C., 58 pgs.
- PASCALE, A.J. Y DAMARIO, E.A. 1977. El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos. Rev. Fac. Agr. de La Plata, 53(1-2):15-34.
- RAVELO, A.C. y ROTONDO, V.H. 1987a. Caracterización climática de las sequías en Río Cuarto. Actas de la III Reunión Argentina de Agrometeorología, 9-12 de marzo de 1997, Vaquerías (Cba.), pp 165-169.
- RAVELO, A.C. y ROTONDO, V.H. 1987b. Variabilidad de las sequías en regiones semiáridas y húmedas. Actas de la 1° Jornadas Nacionales de Zonas Áridas y Semiáridas, 20-24 de Octubre de 1987, Sgo. del Estero, pp 107-115.
- RAVELO, A.C. 1990. Índices de sequía y humedad de cultivos – Manual teórico operativo. Asociación Argentina de Agrometeorología. 9 pgs.
- SCIEN, B. 1997. Comparación entre el Índice de Precipitación Estandarizado y otros índices hidrológicos para la región pampeana. Revista Meteorológica, 22(2):37-47.