

## CARACTERIZACION AGROCLIMATICA DE LAS SEQUIAS (1932-2006) EN LA LOCALIDAD DE RAFAELA, SANTA FE, ARGENTINA

LEVA, P. E.<sup>1</sup>, FERRARINI, H.<sup>1</sup>, GARCIA, M. S.<sup>1</sup>,

TOFFOLI, G.<sup>1</sup> & VALTORTA, S. E.<sup>1,2</sup>

### RESUMEN

Las sequías están estrechamente relacionadas con la variabilidad espacial, temporal y el monto de las precipitaciones. Constituyen una adversidad climática con significativos efectos negativos en los aspectos socioeconómicos. En este trabajo se evalúa la ocurrencia de sequías en la localidad de Rafaela durante el periodo 1932-2006 por medio de información meteorológica de superficie.

El análisis temporal por medio de índices meteorológicos permitió no solo establecer las intensidades y frecuencias de las sequías ocurridas, sino también determinar niveles de probabilidades para la localidad en estudio. Pudo establecerse la existencia de patrones temporales de ocurrencia de sequías y tendencia gradual hacia la disminución de la intensidad de las sequías a partir de los comienzos de la década del 70.

*Palabras claves:* Índice de Palmer, probabilidades, tendencia.

### SUMMARY

#### **Agroclimatic characterization of droughts (1932-2006) in localitie of Rafaela, Argentina.**

Droughts are a climatic disaster with negative social and economic impacts. Droughts occurred in Rafaela during 1932-2006 are analyzed. Drought occurrence is identified using ground meteorological data.

Meteorological drought indices were used in a time analysis to establish drought intensity, frequency and occurrence. A close relationship was established between precipitation amount and variability and drought distribution in time. There is a trend in decreasing drought intensity starting in the '70s.

*Key words:* Palmer Index, probabilities, tendence.

---

1.- Proyecto CAI+D'2002: Evaluación de variedades de alfalfa de la UNL con fertilizantes inorgánicos para sistemas sustentables.

2.- Cátedra Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNL. Kreder 2805. (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Telefax: (03496) 426400. Email: romero@rafaela.inta.gov.ar

3.- Cátedra de Maquinaria Agrícola, FCA (UNL).

Manuscrito recibido el 10 de septiembre de 2008 y aceptado para su publicación el 3 de noviembre de 2008.

## INTRODUCCION

Las sequías constituyen una adversidad climática con significativos efectos negativos en los aspectos socio-económicos de un país (Ravelo, 2000).

En el centro de la provincia de Santa Fe, con clima del tipo Cfa (Conde, 2000), la precipitación se destaca como el principal factor limitante en la producción de granos y forrajes, ya que en esta zona la producción agrícola se realiza principalmente bajo condiciones de secano (Senigaglia y Zeljkovich, 1989)

La identificación e intensidad de las sequías es de fundamental importancia para la prevención de las contingencias que éstas acarrearán con respecto a la planificación de la economía general de un país o una región (Vergara *et al.*, 2008)

La OMM (1992) define sequía como un período con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico.

Wilhite y Glantz (1985) han definido cuatro categorías de sequías: meteorológicas, agrícolas, hidrológicas y socio-económicas.

La identificación de las áreas afectadas por sequías, así como su intensidad y duración, pueden ser efectuadas mediante la utilización de información meteorológica de superficie (Ravelo & Pascale, 1997).

En general se han desarrollado índices para identificar la aparición de sequías. Entre ellos podemos citar: índice de Palmer (Palmer, 1965), distribución de deciles (Gibbs & Maher, 1967); índice de precipitación estandarizado (Mckee *et al.*, 1993), entre otros. Estos índices permiten detectar el inicio, fin, intensidad, duración y frecuencia de eventos extremos en las regiones del país y del mundo (Coronel & Sacchi, 2006; Quirino & Papakryiakou, 2003).

El análisis de las precipitaciones ocurri-

das en la región pampeana, particularmente a partir de la década del 70, parece indicar que existe un continuo aumento que se ve reflejado en el desplazamiento hacia el oeste de las isoyetas (Sierra *et al.*, 1995; Vergara, 2008) y en el incremento de las superficies cultivables y los rendimientos de algunos cultivos (Pascale & Damario, 1996).

El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis para intentar identificar patrones temporales de comportamiento de esta adversidad.

## MATERIALES Y METODOS

El índice de sequía de Palmer (ISP) fue desarrollado por Palmer (1965) para medir la pérdida de humedad basándose en el concepto de demanda-suministro de agua, teniendo en cuenta el déficit entre la precipitación real y la precipitación necesaria para mantener las condiciones de humedad climática o normal.

El ISP varía entre -4 y +4, pudiendo puntualmente sobrepasar estos valores (Cuadro 1)

Para el cálculo del ISP se utilizó el software PDIWIN (Ravelo & Herrero Machado, 1999).

Se calculó el ISP mensual para la localidad de Rafaela (31° 11' S y 61° 33' W) ubicada en el centro oeste de la provincia de Santa Fe. Los datos de precipitación mensual y de temperaturas medias mensuales para el período 1932-2006, fueron suministrados por la Estación Agrometeorológica de la EEA Rafaela del INTA. Se calculó la evapotranspiración potencial por el método de Penman (1948) y luego se estimaron el balance hidrológico y el índice de sequía según Palmer (1965).

Se determinó la distribución de probabilidades (Infostat, 2007) y se establecieron las intensidades de sequías para distintos niveles de probabilidad de ocurrencia.

Cuadro 1. Categorías de ISP (Índice de Sequía de Palmer).

ISP	Categorías
> 4.0	Extremadamente húmedo
3.0 a 3.9	Muy húmedo
2.0 a 2.9	Moderadamente húmedo
1.0 a 1.9	Ligeramente húmedo
0.5 a 0.9	Húmedo incipiente
-0.4 a 0.4	Normal
-0.5 a -0.9	Sequía incipiente
-1.0 a -1.9	Sequía reducida
-2.0 a -2.9	Sequía moderada
-3.0 a -3.9	Sequía severa
< -4.0	Sequía extrema

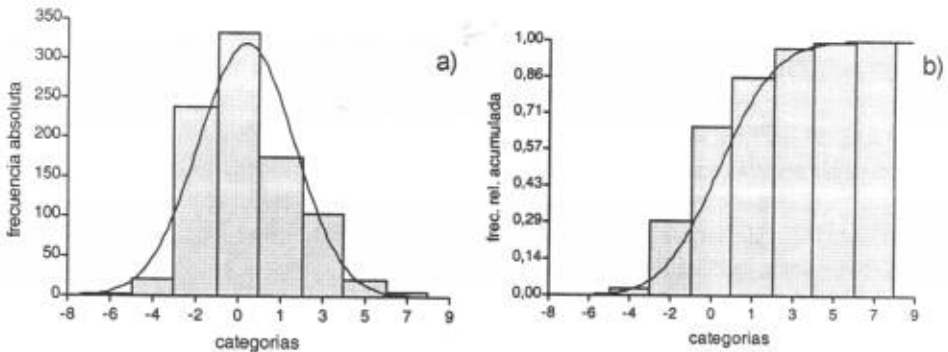


Figura 1 a y b. Distribución absoluta (a) y distribución de frecuencia relativa acumulada (b) del índice de sequía de Palmer para la serie 1932-2006 en la localidad de Rafaela (Santa Fe)

Se graficaron las series temporales de ISP de manera de poder identificar los aumentos o disminuciones de la intensidad de la sequía en el período analizado (74 años).

Se analizaron los eventos extremos que, para sequías, son aquellos que contemplan Sequía Severa y Sequía Extrema, mientras que para períodos húmedos se tomaron los eventos extremos muy Húmedos y Extremadamente Húmedo, según Cuadro 1.

## RESULTADOS

En las Figs. 1 a y b se muestran las distri-

buciones de frecuencias de ISP relativas y absolutas acumuladas para la localidad de Rafaela. Se observa que ambas frecuencias se ajustan a una distribución normal. Aplicando esta distribución se determinaron las intensidades de sequía para distintos niveles de probabilidad

De la serie analizada se observa que en el 50% de los casos el ISP es menor a -0.5 (límite para considerar un evento seco) y solamente en un 1% de los casos ocurren sequías severas. En el 20% de los casos se observan períodos de muy húmedos a extremadamente húmedos.

Como se aprecia en el Cuadro 2, a lo largo de la serie temporal los eventos de sequía severas y extrema disminuyen en su duración e intensidad así como también en su aparición, a excepción de la acontecida en 1989 y 1997, pero sí se aprecia un marcado aumento de eventos muy húmedo y extremadamente húmedo.

Según el método gráfico utilizado en el presente trabajo para analizar la tendencia (Arellano, 2001; Ravelo, 2000), se observa una menor intensidad en las sequías registradas en las últimas décadas. A su vez, la menor intensidad de la sequía se encuentra asociada con períodos húmedos de índices más elevados (Fig. 2).

## DISCUSION

A partir de los resultados obtenidos con respecto a las sequías extremas, se determinó que la mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos de sequía corresponden a los años previos a la década del 70, lo cual

concorda con lo expresado por otros autores (Sian & Donnari, 1997; Ravelo, 2000), con una reducción de los eventos extremos a partir de 1972.

El aumento de las precipitaciones ha permitido una reducción en los riesgos de ocurrencia de sequías severas y, en consecuencia, un cambio exitoso de los sistemas agrícola-ganaderos a explotaciones netamente agrícolas (Pascale & Damario, 1996). Es importante destacar que, si bien se redujo el riesgo, los eventos extremos de sequías pueden ocurrir como se observa en el año 1997. Los beneficios que reporta para la agricultura de secano este comportamiento de las precipitaciones son de innegable utilidad pero no se puede dejar de señalar que estos eventos, en algunas ocasiones, producen graves inundaciones como la ocurrida en la provincia de Santa Fe en el año 2003. Esto representa una evidencia de peso para respaldar la hipótesis del aumento de precipitación en los últimos 74 años (Leva *et al.*; 2002).

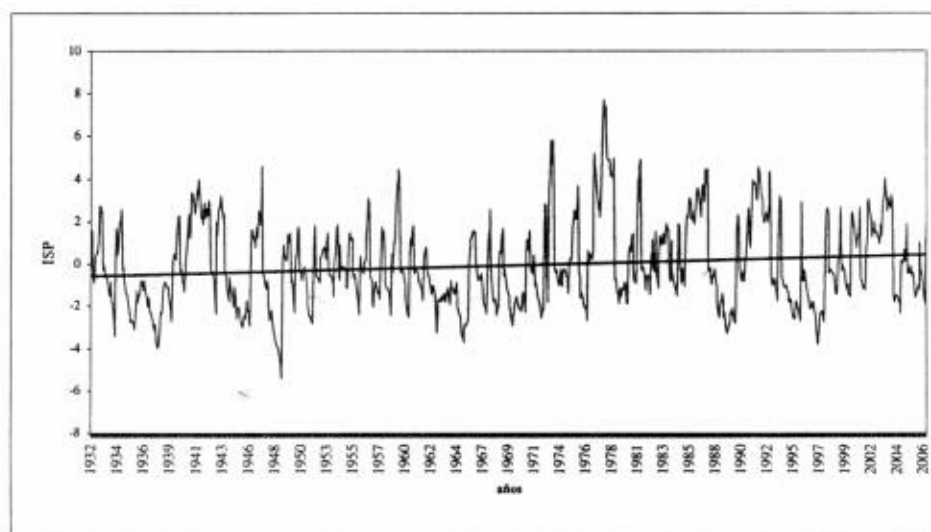


Fig. 2: Tendencia del índice de sequía de Palmer (ISP) de la localidad de Rafaela para el período 1932-2006.

## CONCLUSIONES

La metodología utilizada en este trabajo permitió identificar la intensidad y frecuencias relativas de las sequías en la localidad de Rafaela para los últimos 74 años.

El análisis temporal de las sequías no sólo permitió detectar períodos con sequías extremas, sino que también períodos de humedad extrema transformándose en una evidencia más del aumento de precipitaciones.

Cuadro 2: Momento de ocurrencia, duración e intensidad de eventos extremos de sequía y humedad, en Rafaela (Santa Fe), para el período 1932-2006.

Año	Mes	ISP	Año	Mes	ISP
1937	8	-3,13	1978	5	4,99
1937	9	-3	1978	6	4,86
1937	10	-3,46	1978	7	4,9
1937	11	-3,68	1978	8	4,12
1937	12	-3,96	1978	9	4,22
1938	1	-3,92	1978	10	4,11
1938	2	-3,27	1978	11	4,96
1941	7	3,53	1978	12	4,57
1941	8	3,97	1981	2	4,04
1941	9	3,13	1981	3	2,99
1948	4	-3,25	1981	4	4,49
1948	5	-3,47	1981	5	4,94
1948	6	-3,66	1986	5	3,42
1948	7	-3,71	1986	6	3,55
1948	8	-3,98	1986	7	3,54
1948	9	-3,97	1986	8	3,19
1948	10	-4,42	1986	11	3,74
1948	11	-4,88	1986	12	3,68
1948	12	-5,41	1987	1	3,2
1949	1	-5,46	1987	2	2,91
1959	5	3,78	1987	3	4,44
1959	6	4,02	1987	4	3,82
1959	7	4,45	1987	5	4,43
1959	8	4,09	1989	1	-3,02
1965	3	-3,4	1989	2	-3,3
1965	4	-3,44	1989	3	-3,11
1965	5	-3,69	1991	6	3,91
1965	6	-3,18	1991	7	3,77
1973	3	4,14	1991	8	3,83
1973	4	5,83	1991	9	3,43
1973	5	4,73	1991	10	3,07
1973	6	5,79	1991	11	2,99
1977	2	3,08	1991	12	4,58
1977	3	5,18	1992	1	4,34
1977	4	4,37	1992	2	3,8
1977	5	3,74	1992	3	3,12
1977	6	3,12	1992	4	3,03
1977	11	4,87	1997	3	-3,41
1977	12	4,75	1997	4	-3,82
1978	1	4,72	1997	5	-3,12
1978	2	4,86	2003	3	3,09
1978	3	4,39	2003	4	4,02
1978	4	4,18	2003	5	3,44

■ Evento extremo de sequía (Sequía severa ISP: -3.0a -3.9 y Sequía extrema ISP: <-4.0)

□ Evento extremo de Humedad (Muy Húmedo ISP: 3.0 a 3.9 y Extremadamente húmedo ISP: > 4.0)

## BIBLIOGRAFIA

- CONDE, J.** 2000. Mapa climático de Köppen. Editoriales y opinión prensa internacional traducidos al castellano on line. <http://www.terra.es/personal/jesusconde>. Acceso: mayo de 2004.
- CORONEL, A. & O. SACCHI.** 2006. Climatología de eventos secos y húmedos en el sur Santafesino. *Rev. de Inv. de la Fac. de Cs. Agrarias- UNR.* 9: 91-103.
- GIBBS, W. & J. MAHER.** 1967. Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin Commonwealth of Australia.*
- INFOSTAT,** 2007. Software estadístico. Estadística y Diseño F.C.A. Universidad Nacional de Córdoba.
- LEVA, P. E.; M. A. VELES; M. S. GARCÍA; J. A. GANDOLFO & S. E. VALTORTA.** 2002. Distribución de las precipitaciones en Rafaela y Esperanza (Santa Fe) *Revista UBA* 22 (1): 85-89.
- MCKEE, T. V.; N. J. DOESKEN & J. KLEIST.** 1993. The relationship of drought frequency and duration scales. 8<sup>th</sup>. Conf. On Appl. Climatology. Anaheim CA. Am. Metro. Soc. 174-184.
- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM).** 2006. *Boletín Vol. 55 (1).*
- PALMER, W. C.** 1965. *Meteorological Drought.* Res. Paper No. 45. U. S. Dep. of Comerse Washington D.C. 58 pp
- PASCALE, A. J. & E. A. DAMARIO.** 1996. Modificación de las condiciones agroclimáticas para el cultivo de girasol en la Argentina durante el período 1961-90. *Rev. Facultad de Agronomía.* 16 (1-2): 119-125.
- PENMAN, H. L.** 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Royal Soc. London Proc. Ser. A.* 193: 120-146.
- QUIRING, S. & T. PAKRYIAKOU.** 2003. An evaluation of agricultural drought indices for the Canada. *Agric. and Forest Meteorology.* 118: 49-62.
- RAVELO, A. C. & V. H. ROTONDO.** 1987. Caracterización climática de las sequías en Río Cuarto, Córdoba. *Actas de la III Reunión Nac. de Agrometeor. Córdoba Actas:* 165-169.
- RAVELO, A. C. & A. J. PASCALE.** 1997. Identificación de la ocurrencia de sequías mediante imágenes del satélite NOAA e información terrestre. *Revista Facultad de Agronomía.* 17 (1): 101-105.
- RAVELO, A. C. & M. A. HERRERO.** 1999. Software PDIWIN V1.0. CREA. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNC.
- RAVELO, A. C.** 2000. Caracterización agroclimática de las sequías extremas en la región pampeana argentina. *Rev. Fac. de Agronomía.* 20 (2): 187-192.
- SCIAN, B. & M. DONNARI.** 1997. Retrospective analysis of the Palmer Droughts Severity Index in the semi-arid Pampas region, Argentina. *Inter. J. Climatology.* 17: 313-322
- SIERRA, E. M.; R. HURTADO & L. SPESCHA.** 1993/94. Corrimiento de las isoyetas anuales medias decenales en la región pampeana 1941-1990. *Rev. Fac. Agronomía* 14 (2): 139-144
- SENIGAGLIESI, C. & V. ZELIKOVICH.** 1989. Influencia de métodos de labranza y rotaciones de cultivos. Efectos de la agricultura continua. En *Degradación de suelos por intensificación de la agricultura.* INTA EEA Rafaela. Santa Fe.
- VERGARA, G. T.; CASAGRANDE, G. A. & ARNAIZ, J. P.** 2008. Caracterización agroclimática de las sequías (1970/2005) en tres localidades de la provincia de La Pampa, Argentina. *Agronomía tropical* 58 (1): 77-80.2008.
- WILHITE, D. A. & GLANTZ, M. H.** 1985. Understanding the drought phenomenon. The role of definitions. *Water Int.* 10:111 a 120.
- ARELLANO, M.** 2001. "Introducción al Análisis Clásico de Series de Tiempo", [en línea] *5campus.com, Estadística* <<http://www.5campus.com/leccion/seriest>>