

Las sequías (1921/2009) en tres localidades de la provincia de La Pampa (Argentina).

Droughts in three sites of La Pampa (Argentina).

Vergara, G¹, G. Casagrande², J. Arnaiz¹ & F. García¹

RESUMEN

Las sequías son inherentes a climas muy variables y de ocurrencia normal en regiones semiáridas y subhúmedas constituyendo una adversidad agroclimática recurrente. Afectan vastas regiones destinadas a la producción agropecuaria en Argentina. La sequía es una adversidad difícil de evaluar por su gran complejidad, ya que no sólo depende de las escasas o nulas precipitaciones, sino de la interacción de ésta con la capacidad de los suelos de almacenar agua y el estado vegetativo de los cultivos. El estudio se realizó en tres localidades de la región oriental agropecuaria de la provincia de La Pampa y se aplicó el modelo de Palmer (1965) que calcula el Índice de Severidad de Sequía para caracterizar agroclimáticamente una región. Se trabajó con las localidades de General Pico, Santa Rosa y Guatraché para el período 1921/2009. Durante el período analizado las tres localidades se caracterizaron por presentar mayor frecuencia de episodios secos que húmedos y normales. General Pico fue la de menor número de casos con sequía, seguida por Santa Rosa y Guatraché. Los tres sitios presentaron mayor frecuencia de sequías débiles. Analizando la marcha temporal de los períodos secos y húmedos se observa que en las tres localidades hay un predominio de meses negativos (secos) hasta mediados de la década de 1970, a partir de la cual los índices positivos (húmedos) aumentan en frecuencia e intensidad mientras que los índices negativos son menos frecuentes y sólo alcanzan magnitudes elevadas al final del período analizado sobre todo en Santa Rosa y Guatraché.

Palabras Clave: sequía, episodio húmedo, episodio seco, índice de severidad de sequía

ABSTRACT

Droughts are an agroclimatic adversity appellant in very changeable climates, present normally in semiarid and subhumid regions. She affects vast regions destined for the farming production in Argentina. Drought is one adversity with more difficult evaluating because of the complexity of factors involved, including the scarcity or absence of precipitation, storage capacity for water in the soil and the relationship of drought to the annual cycle of vegetation. The Palmer's model (1965), which calculates Palmer's Drought Severity Index was calculated for characterize droughts in three sites located in the agricultural

¹ Facultad de Agronomía, UNLPam. CC 300 (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina. E-mail: vergara@agro.unlpam.edu.ar

² Facultad de Agronomía, UNLPam y EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA. CC 11 (6326) Anguil, La Pampa, Argentina

zone of La Pampa Province: General Pico, Santa Rosa y Guatraché for the period 1921-2009. During the period of analysis, the frequency of dry episodes was greater than the frequency of humid or normal periods in the three sites. General Pico had the lowest frequency of drought, followed by Santa Rosa and then Guatraché. Three sites had greater frequencies of weak droughts. Based on an analysis of the temporal distribution of dry and humid periods, a predominance of negative (dry) months was observed until the mid-1970's. After this decade, the positive (humid) Indices increased in frequency and intensity, and negative Indices were less frequent and only they have greater magnitudes at the end of the period analyzed especially in Santa Rosa and Guatraché.

Key words: drought, humid episodes, dry episodes, Palmer's Drought Severity Index

INTRODUCCIÓN

Ramírez & Brenes (2001) definen la sequía como un desastre natural lento que no presenta trayectorias definidas y tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y el espacio. Están estrechamente relacionadas con la variabilidad espacial, temporal y el monto de las precipitaciones. La severidad de una sequía depende no solamente del grado de reducción de la lluvia, de su duración o de su extensión geográfica, sino también de las demandas del recurso hídrico para la permanencia y desarrollo de los sistemas naturales y de las actividades humanas. La sequía es un fenómeno recurrente, inherente a climas muy variables, presente normalmente en regiones semiáridas y subhúmedas. Estas regiones están localizadas en las márgenes de grandes áreas subtropicales y templadas donde las precipitaciones, son suficientes para la agricultura, ríos y reservas de agua. Los límites de estas áreas fluctúan con la normal variabilidad de lluvias, y las regiones de alrededor están sujetas a períodos que pueden clasificarse como húmedos o secos. En las zonas afectadas por sequía y donde la vegetación se encuentra casi siempre en un frágil equilibrio ecológico, la agricultura es más riesgosa. La Organización Meteorológica Mundial (1992) hace referencia a la sequía meteorológica como un periodo de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico. A menudo están

asociadas con otros factores climáticos como altas temperaturas, vientos fuertes y baja humedad relativa que pueden agravar la severidad del episodio. Desde el punto de vista de la actividad agropecuaria la sequía agrometeorológica o agrícola constituye un proceso complejo donde operan factores físicos y biológicos de cuya conjunción, sincronismo y reciprocidad de acción, dependerán el alcance y la severidad de los perjuicios de cultivos y pasturas (Damario & Pascale, 1971). Para algunos especialistas, el déficit de humedad en el suelo que está ligado a los efectos sobre la producción vegetal es frecuentemente denominado como sequía edáfica (Barakat & Handoufe, 1998; Bootsma *et al.*, 1996). Estas definiciones son coincidentes con los términos expuestos por Wilhite & Glantz (1985) para conceptualizar a la sequía como un proceso natural errático que se origina como resultado de una deficiencia de precipitación durante un período de tiempo extenso, generalmente de una estación o más, provocando en consecuencia un desbalance hídrico, afectando con ello las actividades humanas y ambientales. Se trata de una situación deficiente de precipitación en relación a un comportamiento promedio considerado como normal.

Se ha comprobado que la intensidad y frecuencia de las sequías están asociadas con las características agroclimáticas de cada región (Ravelo & Rotondo, 1987a y 1987 b). El análisis de las precipitaciones ocurridas en la provincia de La Pampa indica un aumento de las mismas a partir de mediados de la década de 1970 que

se ve reflejado en el desplazamiento de las isohietas hacia el oeste (Sierra *et al.*, 1994; Sierra *et al.*, 1995; Roberto *et al.*, 1999; Vergara *et al.*, 2001; Vergara *et al.*, 2002), en el incremento de las superficies cultivables y en el incremento de algunos cultivos (Pascale & Damario, 1996). Debido a que las sequías están estrechamente ligadas a la cantidad y variabilidad de las precipitaciones es relevante realizar un análisis para intentar identificar patrones espaciales y temporales de comportamiento de esta adversidad. La sequía es una de las anomalías ambientales más difícil de evaluar por su gran complejidad, pues a la vez que depende de las escasas o ausentes precipitaciones, también se relaciona con la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y la ocurrencia del fenómeno en relación con el ciclo vegetativo anual. Para cuantificar la sequía se han desarrollado diferentes índices climáticos. En 1965 Palmer desarrolló un Índice de Severidad de Sequía para medir la deficiencia en el suministro de humedad. Palmer basó su índice sobre el concepto de suministro-demanda de la ecuación del balance del agua, tomando en consideración el déficit de precipitación. El modelo de sequía de Palmer representa la anomalía de humedad del suelo y su aplicación mes a mes es una herramienta práctica para detectar las condiciones del medio que conduce a eventos como son las predicciones de cosecha (Sakamoto, 1978), peligro de incendios forestales, confección de Atlas de Índices de sequía (Karl, 1986) como así también para identificar grandes períodos secos y húmedos (Díaz, 1983).

En la Argentina varios autores (Ravelo & Rotondo, 1987a; Donnari & Scian, 1993; Seiler *et al.*, 1995; Scian & Donnari, 1997; Ravelo, 2000 y Ravelo *et al.*, 2001) han estudiado las sequías utilizando el Índice de Severidad de Sequía de Palmer.

En este trabajo se utilizó el Índice de Sequía de Palmer (Palmer, 1965) para evaluar el comportamiento espacio temporal de la sequía en tres localidades ubicadas al noreste, centro y sur de la región oriental de la provincia de La Pampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Índice de Severidad de Sequía de Palmer (ISSP) (1965) fue desarrollado como un índice "para estimar el suministro de humedad". Se basa 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 ISSP aplicado en forma areal varía entre -4 y +4, pudiendo puntualmente sobrepasar estos valores. En forma arbitraria Palmer seleccionó la escala para las condiciones de humedad (Tabla 1) basado en su estudio original para las regiones de Iowa central y Oeste de Kansas y es de amplia difusión en USA.

Para el cálculo del Índice de Severidad de Sequía de Palmer (ISSP) se utilizó el software PDIWIN (Ravelo & Herrero, 1999). El procedimiento de cálculo requiere como datos de entrada la precipitación mensual, los valores o estimaciones de la evapotranspiración potencial y la cantidad de agua útil del suelo.

Se calculó el Índice de Severidad de Sequía de Palmer para tres localidades de la provincia de La Pampa. General Pico (35°42'S, 63°45'W) ubicada en el noreste de la provincia, Santa Rosa (36°37'S, 64°17'W) ubicada en el centroeste y Guatraché (37°28'S, 63°34'W) en el sudeste de la misma. Las tres localidades se encuentran ubicadas en la región oriental agropecuaria de la provincia de La Pampa. Se trabajó con el período enero de 1921 a agosto de 2009. Considerando la serie 1921/2008, la precipitación media anual de General Pico es de 739,4 mm, la de Santa Rosa 635,6 mm y la de Guatraché 649,4 mm.

Los registros mensuales de precipitación se obtuvieron de la Dirección de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa (serie 1921/2009) y de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía UNLPam.

La evapotranspiración potencial se estimó mediante el método de Penman (1948) que es el de mayor ajuste a las condiciones regionales en estudio. Se utilizaron valores climáticos

Tabla 1. Clasificación del ISSP para períodos húmedos y secos.

Valores de índice	Categorías
< 4,0	Extremadamente húmedo
3,0 a 3,99	Muy húmedo
2,0 a 2,99	Moderadamente húmedo
1,0 a 1,99	Levemente húmedo
0,5 a 0,99	Incipiente período húmedo
0,49 a -0,49	Normal
-0,5 a - 0,99	Incipiente período seco
-1,0 a -1,99	Sequía débil
-2,0 a -2,99	Sequía moderada
-3,0 a -3,99	Sequía severa
-4	Sequía extrema

Fuente: Palmer (1965): Meteorological drought.

normales mensuales. Los datos climáticos se obtuvieron de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía UNLPam, de la Estación Agrometeorológica del INTA General Pico y de Estadísticas del SMN.

Se consideró un suelo Haplustol Entico, desarrollados sobre materiales loésicos, con una secuencia de horizontes A-AC-C₁-C_{2k}, y una capacidad de retención o capacidad de campo (CC) de 200 milímetros, hasta 1 metro de profundidad. El punto de marchitez permanente (PMP) es de 80 milímetros. (Fernández, *et al.*, 2003)

Se evaluaron estadísticamente las tendencias del Índice de Sequía de Palmer en función del tiempo medido en años a nivel mensual para cada una de las localidades por medio de un modelo de regresión polinomial. En cada caso se buscó el mejor ajuste, entendido como la capacidad de predecir máximos y mínimos con la menor cantidad de términos en la ecuación. En este caso se emplearon polinomios de tercer orden.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La marcha temporal de los períodos secos y húmedos en las tres localidades estudia-

das (serie 1921/2009) presenta un predominio de meses secos (negativos). Desde mediados de la década de 1970, los casos húmedos (positivos) aumentan en frecuencia e intensidad mientras que los episodios secos no sólo son poco frecuentes sino menos intensos. A partir de 2003 los eventos secos aumentan no sólo en frecuencia sino también en intensidad.

El estudio de frecuencia de episodios húmedos y secos en la localidad de General Pico durante el período analizado (1064 meses), muestra que en el 50,2% de los casos ocurrieron sequías con distintos grados de intensidad. El 41,4% de los meses fueron húmedos, también con distintos grados de intensidad y el 8,3% fueron normales (Figura 1).

Las mayores frecuencias de sequías se encuentran entre las categorías débil (38%) moderadas (28,3%). El 18,8% de los casos son sequías incipientes, el 12,6% son sequías severas y sólo en el 2,2 % de los casos se manifiestan sequías extremas (Figura 2).

En un análisis mensual (Tabla 2) durante los 89 años estudiados el mes de julio es el de mayor frecuencia de sequía (57 meses) y el de noviembre el de menor número de casos (38 meses).

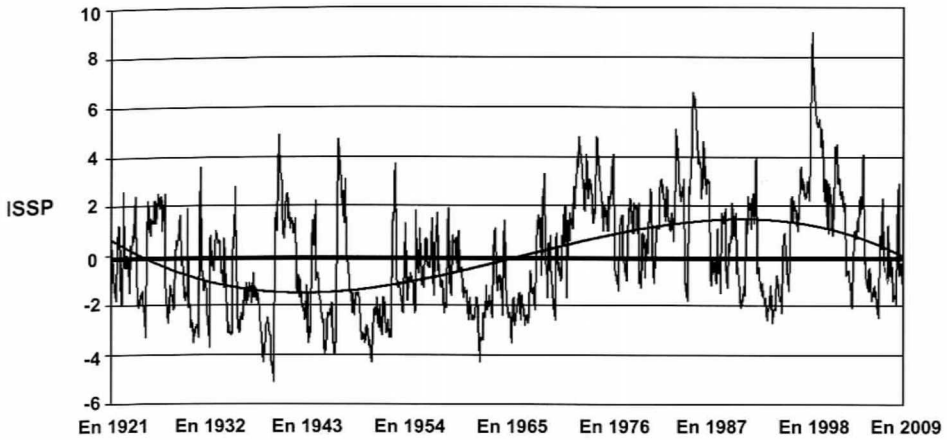


Figura 1. General Pico (L.P.): Períodos secos y húmedos serie 1921/2009.

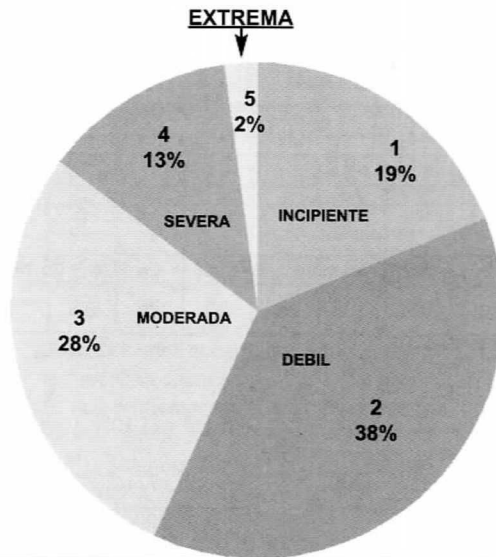


Figura 2. General Pico (L.P.): Porcentaje de sequías por categorías.

Tabla 2. General Pico (L.P.). Número de casos con sequía por categorías y por mes para el período 1921/2009.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Incipiente	11	13	6	9	9	9	9	9	8	6	6	8
Débil	15	16	18	18	19	19	19	20	17	17	17	13
Moderada	13	9	12	11	14	13	14	19	17	11	8	14
Severa	4	7	6	8	7	4	15	0	2	5	7	4
Extrema	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Total	46	48	45	47	49	45	57	48	44	39	38	41

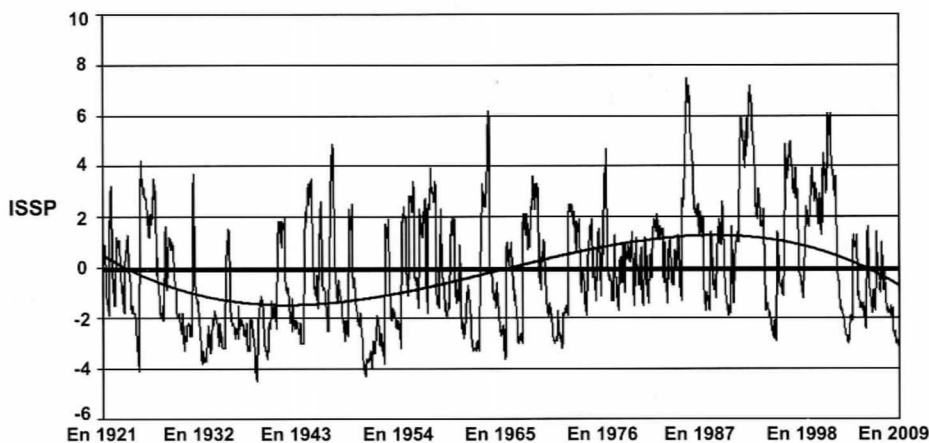


Figura 4. Santa Rosa (L.P.): Períodos secos y húmedos serie 1921/2009.

Las sequías extremas son muy poco frecuentes presentándose en el periodo comprendido entre los meses de diciembre y abril.

En la localidad de Santa Rosa el estudio de frecuencia de episodios húmedos y secos determinó que sobre un total de 1064 meses que corresponden al período estudiado, en el 52,2% de los casos ocurrieron sequías con distintos grados de intensidad. El 38% de los meses fueron húmedos, también con distintos grados de inten-

sidad y el 10% normales (Figura 4).

Las mayores frecuencias de sequías (serie 1921/2009) se encuentran entre las categorías débil (37%) y moderadas (32.4%). El 16% de los casos son sequías incipientes, el 13.3% son sequías severas y sólo en el 1.8% de los casos se manifiestan sequías extremas (Figura 5).

En la Tabla 3 se analiza en forma mensual la ocurrencia de sequías. En los 89 años es-

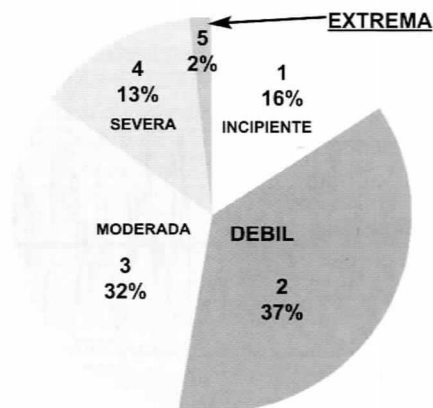


Figura 5. Santa Rosa (L.P.): Porcentaje de frecuencia de sequías por categorías.

Tabla 3. Santa Rosa (L.P.). Número de casos con sequía por categorías y por mes para el período 1921/2009.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Incipiente	10	8	4	7	8	6	8	8	5	11	7	7
Débil	8	17	17	19	22	23	20	18	17	15	15	15
Moderada	16	12	14	11	14	15	16	18	18	17	13	16
Severa	7	8	8	11	7	4	4	4	3	5	8	5
Extrema	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Total	44	47	45	49	51	48	48	48	43	48	43	45

tudiados, mayo es el mes de mayor frecuencia de sequía (51 meses) mientras que septiembre y noviembre presentan el menor número de casos (43 meses). Las sequías extremas son poco frecuentes presentándose en el período comprendido entre los meses de diciembre y abril.

En la localidad de Guatraché, analizada la frecuencia de episodios húmedos y secos muestra que en el 52,8% de los casos ocurrieron sequías con distintos grados de intensidad. El

34% de los meses fueron húmedos, también con distintos grados de intensidad y el 13,2% fueron normales (Figura 7).

La mayor frecuencia de sequías (serie 1921/2009) corresponde a la categoría débil (38%). Las sequías moderadas e incipientes presentan porcentajes de 26% y 22% respectivamente, siguiendo en orden de importancia las sequías severas que se manifiestan en el 14% de los meses analizados. No se registran sequías ex-

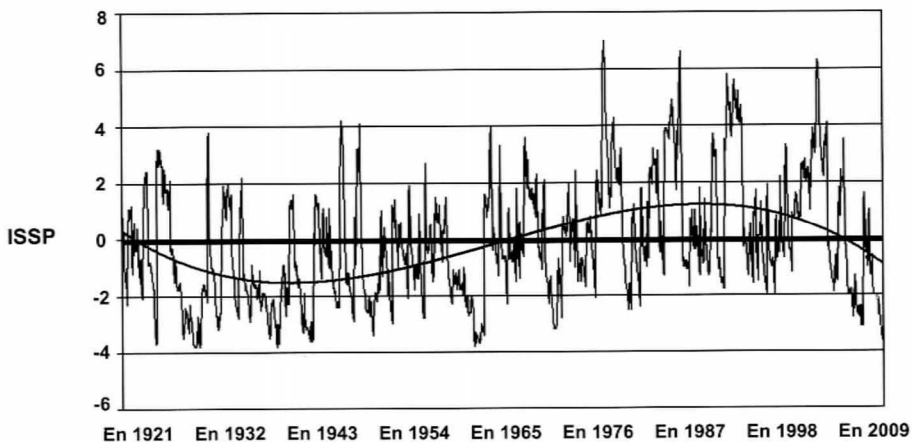


Figura 7. Guatraché (L.P.): Períodos secos y húmedos serie 1921/2009.

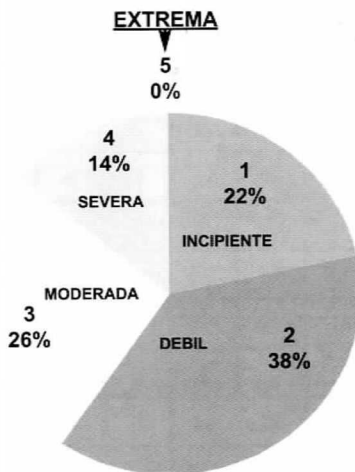


Figura 8. Guatraché (L.P.): Porcentaje de frecuencia de sequías por categorías.

Tabla 4. Guatraché (L.P.). Número de casos con sequía por categorías y por mes para el período 1921/2009.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Incipiente	7	15	15	8	10	8	9	10	15	9	6	10
Débil	17	18	16	19	16	20	20	18	19	20	13	17
Moderada	12	9	11	12	12	9	10	13	11	15	18	16
Severa	12	10	9	7	6	5	4	4	4	4	7	7
Extrema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	48	52	51	46	44	42	43	45	49	48	44	50

tremas (Figura 8).

Durante el período estudiado el mes de febrero es el de mayor frecuencia de sequía (52 meses) y el de junio el de menor número de episodios (42 meses) (Tabla 4). De acuerdo a la metodología de Palmer no se observa ocurrencia de sequías extremas en Guatraché.

CONCLUSIONES

La aplicación del Índice de Severidad de Sequía de Palmer (1965) permitió caracterizar las sequías en tres localidades ubicadas en la región oriental agropecuaria de la provincia de La Pampa: General Pico, Santa Rosa y Guatraché. En las tres localidades existe mayor frecuencia de episodios secos que húmedos. Comparando los tres sitios General Pico arroja un porcentaje de sequías menor (50,2%) que Santa Rosa (52,2%) y ésta a su vez menor que Guatraché (52,8%). General Pico presenta mayor número de casos húmedos (41,4%) y le siguen en orden decreciente Santa Rosa (38%) y Guatraché (34%). La localidad de Guatraché posee mayor frecuencia de meses normales (13,2%), que Santa Rosa (10%) y General Pico (8,3%).

Las mayores frecuencias de intensidad de las sequías corresponden a las categorías débil en las tres localidades. General Pico y Santa Rosa presentan sequías extremas sólo en el período comprendido entre los meses de diciembre y abril, mientras que Guatraché no se observan sequías extremas según el índice de sequía de Palmer.

La marcha temporal de los episodios secos y húmedos en las tres localidades para la serie estudiada manifiesta un predominio de meses secos (negativos) hasta mediados de la década de 1970, a partir de la cual los casos húmedos (positivos) aumentan en frecuencia e intensidad mientras que los episodios secos no sólo son poco frecuentes sino menos intensos. A partir de 2003 los eventos secos aumentan no sólo en frecuencia sino también en intensidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Barakat, F. & A. Handoufe. 1998. Approche agroclimatique de la sécheresse agricole au Maroc. *Sécheresse* 9:201-208.
- Bootsma, A.; J. Boisvert & R. Baier. 1996. La sécheresse et l'agriculture canadienne: une revue des moyens d'action. *Sécheresse*. 7:277-285.
- Damarío, E.A. & A. Pascale. 1971. Agroclimatología de la sequía en la región semiárida sudoccidental pampeana. *Rev. Fac. de Agron. (3ª época) t. XLVI (entrega 2ª) La Plata, República Argentina*.
- Diaz, H.F. 1983. Drought in the United States. some aspects of major dry and wet periods in the contiguous United States, 1995-1981. *J. Climate Appl. Meteor.* 22:3-16
- Donnari, M. & B. Scian, 1993. Sequías edáficas en Bordenave. Método de Palmer. *Rev. Geofísica* 39:85-99.
- Fernandez, J.C.; A. Quiroga & G.A. Casagrande. 2003. Caracterización agroedáfica y agroclimática del área triguera de la provincia de La Pampa. Publicación de divulgación técnica N°76. INTA EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas"
- Karl, T.R. 1986. The sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-Index to their calibration coefficients including potential evapotranspiration. *J. Climate Appl. Meteor.* 25:77-86.
- Organización meteorológica mundial. 1992. Vocabulario Meteorológico Internacional. Publicación 182. Ginebra, Suiza.
- Palmer, W.C. (1965). *Meteorological Drought*. U.S. Dep. Commerce. Washington D.C. Weather Bureau Res. Paper 45. 58 p.
- Pascale, A.J. & E.A. Damarío. 1996. Modi-

- ficación de las condiciones agroclimáticas para el cultivo de girasol en la Argentina durante el período 1961-90. *Rev. Fac. de Agr. UBA* 16:119-125.
- Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Roy. Soc. London (A)* 193:17-21.
- Ramírez, P. & A. Brenes. (2001). Informe sobre las condiciones de sequía observadas el Istmo Centroamericano en el 2001 Sistema de la Integración Centroamericana - Comité Regional Recursos Hidráulicos.
- Ravelo, A.C.; R. Zanvetor & W. Da Porta. 2001. Desarrollo de un sistema para la detección y evaluación de las sequías agrícolas en la Argentina. *Rev. de Agrometeorología* 1:27-34.
- Ravelo, A.C. 2000. Caracterización agroclimática de las sequías extremas en la pradera pampeana. *Rev. Fac. Agron. UBA* 20:187-192.
- Ravelo, A.C. & M.A. Herrero. 1999. Software PDIWIN V1.0. Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
- Ravelo, A.C. & V.H. Rotondo. 1987^a. Caracterización climática de las sequías en Río Cuarto, Córdoba. *Actas de la III Reunión Nacional de Agrometeorología. Vaquerías, Córdoba, Argentina*. 465:169.
- Ravelo, A.C. & V.H. Rotondo. 1987^b. Variabilidad de las sequías en regiones semiáridas y húmedas. *Actas de las 1ras Jornadas Nacionales de zonas Áridas y Semiáridas. Universidad Nacional de Santiago del Estero*.
- Roberto, Z.E.; G. Casagrande & E.F. Viglizzo. 1994. Lluvias en la Pampa Central. *Tendencias y Variaciones del siglo. Publicación N°2. INTA, Centro Regional La Pampa-San Luis*.
- Sakamoto, C.M. 1978. The Z index as a variable for crop yield estimation. *Agri. Meteorol.* 19:305-314
- Scian, B. & M. Donnari. 1997. Retrospective analysis of the Palmer drought severity index in the semi-arid Pampas region. *Argentina. Inter. J. Climatology* 17:313-322.
- Seiler, R.A.; V.H. Rotondo & M. Vinocur. 1995. Situación agrometeorológica mensual. *Diario "El Puntal". Sección Agropecuaria. Río Cuarto. Córdoba*.
- Sierra, E.M.; R.H. Hurtado & L. Spescha. 1994. Corrimiento de las isoyetas anuales medias decenales en la Región Pampeana 1941-1990. *Rev. Fac. Agr. UBA* 14:139-144.
- Vergara, G.; S. Perez; G. Casagrande; E. Sierra & P. Cony. 2001. Tendencia de las precipitaciones (1921-2000) en el noreste de la provincia de La Pampa (Argentina). En: XII Congreso Brasileiro de Agrometeorología y III Reunión Latino-Americana de Agrometeorología. Fortaleza, Brasil.
- Vergara, G.; E. Sierra; G. Casagrande & S. Perez. 2002. Tendencias de las precipitaciones (1921/2000) en el sudeste de la provincia de La Pampa (Argentina). En: IX Reunión Argentina de Agrometeorología. Pp. 109-110. Vaquerías, Argentina.
- Wilhite, D.A. & M.H. Glantz, 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. I Planning for Drought. Eds. D.A. Wilhite and W.E. Easterling. Westview Press, Boulder, Colorado.