

ANÁLISIS DE LOS PERÍODOS SECOS Y HÚMEDOS EN LA CUENCA DEL ARROYO CLAROMECÓ, ARGENTINA

María E. Carbone, María C. Piccolo y Beatriz V. Scian

Instituto Argentino de Oceanografía y Universidad Nacional del Sur

RESUMEN

Se aplica el modelo de Palmer para analizar los episodios secos y húmedos de la cuenca hidrográfica del arroyo Claromecó, localizada al sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. El Índice de Severidad de Sequía de Palmer es calculado en cinco localidades y para el período 1904-1999, desarrollando explícitamente las rectas que representan la tasa del secado de la humedad del suelo y los coeficientes climáticos regionales. Se analizan los períodos secos y húmedos por décadas y para el período total. Durante el período analizado el 42,7% se caracterizó por condiciones de sequía de distinta intensidad, el 32,7% con condiciones húmedas y el resto con condiciones normales. Los episodios más largos observados corresponden a las sequías, con máximos entre 16 y 19 meses mientras que los máximos períodos húmedos no superan los 11 meses. El impacto de las peores sequías en la economía agrícola regional se registró en los años 1962/63 (con la mayor pérdida en la cosecha de trigo, 80%), 1995/96 y 1998/99.

Palabras clave: episodio húmedo, episodio seco, modelo de palmer, cuenca hidrográfica Arroyo Claromecó.

ABSTRACT

The dry and wet periods affecting the Claromecó Creek Basin in the south of the Province of Buenos Aires were analysed applying Palmer's Model. Palmer's Drought Severity Index was calculated regionally for five towns for the 1904-1999 period. Both the rate corresponding to the drying of soil humidity and the regional climatic rates were taken into account. On analysing the conditions featured in each decade and during the period as a whole, it was

Fecha de recepción: 22 de octubre de 2004. Fecha de aceptación: 14 de febrero de 2005.

Instituto Argentino de Oceanografía. Camino La Carrindanga, km. 7. CC 804. 8000 Bahía Blanca. Argentina.
ecarbonate@criba.edu.ar; piccolo@criba.edu.ar

Departamento de Geografía. C/12 de Octubre y San Juan. 8000 Bahía Blanca. Argentina.

found that whereas droughts prevailed 42.7% of the time, wet conditions predominated 32.7%, and during the remaining of the time conditions were normal. Drought periods lasted longer than wet ones - an average of 16 to 19 months as opposed to a maximum of 11 months. The harshest droughts affecting regional farming were registered in 1962/63 (with an 80% loss of the wheat crop, the worst harvest ever), 1995/96 and 1998/99.

Key words: wet period, dry period, Palmer's Model, South of Buenos Aires.

1. INTRODUCCIÓN

Las sequías resultan de condiciones hídricas en las que prevalece la escasez de agua como resultado de precipitaciones insuficientes en una serie de meses sucesivos. La sequía no debe ser vista como un simple fenómeno natural. En términos generales puede ser considerada como la insuficiente disponibilidad de agua en una región, para satisfacer las necesidades de los elementos bióticos locales durante un período prolongado. Estas necesidades dependen de la distribución de las poblaciones de plantas, animales y seres humanos, de su modo de vida y del uso de la tierra (SMN, 1988).

La identificación e intensidad de las sequías es de 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. Es por ello que se considera de utilidad el seguimiento de las sequías en el tiempo y el espacio.

Las sequías son una de las principales adversidades que afectan, en forma recurrente y con extrema severidad, a las regiones destinadas a la agricultura en Argentina. La identificación e intensidad de las sequías se han estudiado en varios trabajos, utilizando datos de precipitación provenientes de estaciones meteorológicas de superficie (Ravelo y Rotondo, 1987; Lucero y Rodríguez de Lucero, 1991). Asimismo, algunos autores determinaron las sequías para la región pampeana y su influencia sobre los rendimientos del cultivo de trigo (Scian y Donnari, 1997). Ravelo y Pascale (1997) efectuaron la identificación y evaluación de las sequías para varias localidades de Córdoba y Buenos Aires utilizando información de estaciones meteorológicas e imágenes de satélites.

El Índice de Sequía de Palmer (ISS) es aplicado en este trabajo de investigación en la cuenca del Arroyo Claromecó, localizada en el sur de la provincia de Buenos Aires, para el período 1904-1999. Carbone et al. (2004) elaboran los primeros estudios para determinar las variaciones de las condiciones de sequía y humedad en la cuenca del arroyo Claromecó. Además estudian en particular las sequías agrícolas que afectaron el área desde 1904 hasta 1999 y realizan una correlación entre los índices negativos de sequía y la disminución de rinde granario.

El objetivo es analizar la variación del Índice de Severidad de Sequía para poder identificar los períodos de sequías edáficas y los períodos con exceso hídrico, caracterizar su intensidad y duración. Además se considera el impacto de las sequías sobre la economía regional.

2. METODOLOGÍA

El Índice de Sequía de Palmer (ISS) es un indicador meteorológico y responde a condiciones climáticas que han sido anormalmente secas o anormalmente húmedas. Fue creado por Palmer (1965) para medir la pérdida de humedad basándose en el concepto de oferta y demanda de agua y en la ecuación del balance hídrico, donde se asume que no hay escurrimiento superficial ni profundo.

Para el cálculo del balance hidrológico se utilizaron registros pluviométricos mensuales acumulados correspondientes a las estaciones meteorológicas de Coronel Dorrego, Coronel Pringles, Tres Arroyos, Benito Juárez y Laprida desde el año 1904 a 1999 (Figura 1) excepto para Benito Juárez en que la serie de datos es más corta (1974-1999). La evapotranspiración

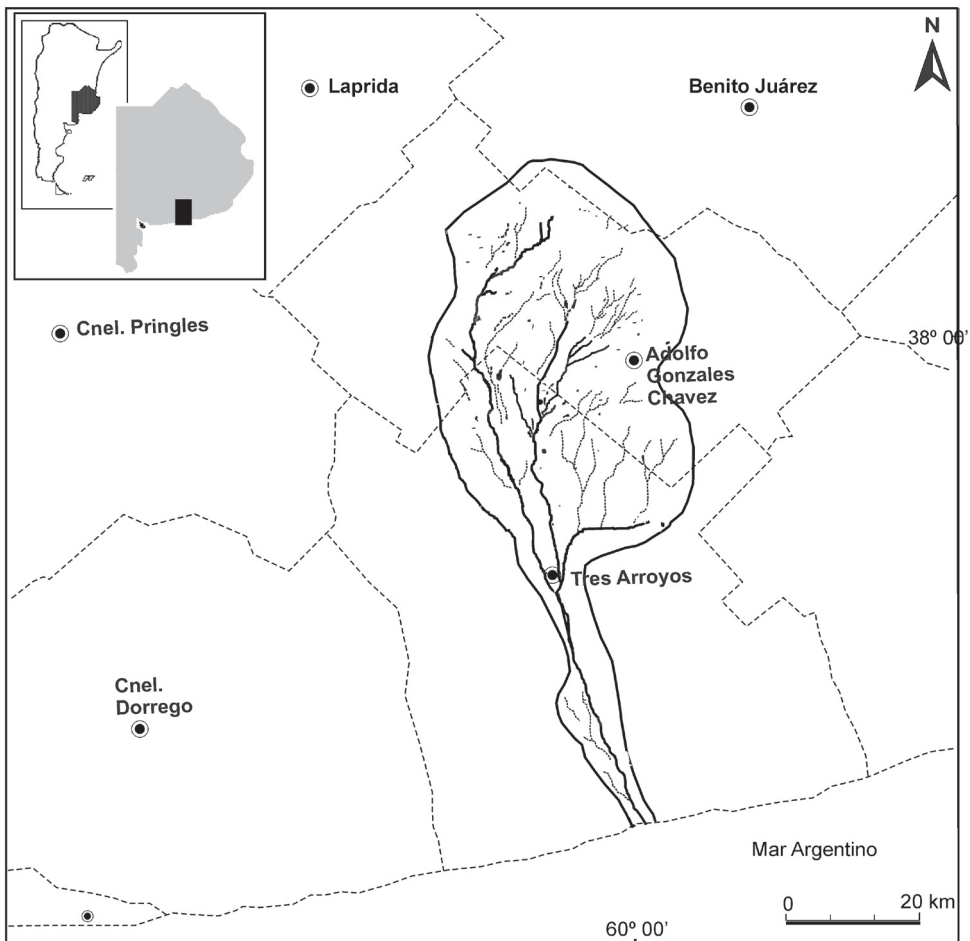


FIGURA 1

Localización de las estaciones meteorológicas en el área de estudio

que designa al proceso combinado de evaporación desde el suelo y la transpiración de las plantas fue estimada según Penman (1948).

Se utilizó el modelo de Palmer de acuerdo a la metodología presentada por Ravelo (1990). Se obtuvo el balance hidrológico donde se estimó la evapotranspiración (ET), la recarga (R), el escurrimiento (Ro) y la pérdida de humedad de suelo (L). Además se determinaron los coeficientes: α o coef. de evapotranspiración (ET / PE), β o coef. de recarga (R / PR), γ o coef. de escurrimiento (RO / PRO), δ o coef. de pérdidas (L / PL). Utilizando estos coeficientes se determinó de precipitación climática (P) o normal para cada mes de acuerdo a la ecuación de balance superficial de agua (Palmer, 1965):

$$\hat{P} = \hat{E}T + \hat{R} + R\delta + \hat{L} \tag{1}$$

Palmer define como apartamiento de humedad a la diferencia entre la precipitación actual (p) y la precipitación necesaria para mantener el promedio de humedad climática o normal (d).

$$d = p - \hat{p} \tag{2}$$

Se calculó el índice de sequía X para los períodos más secos (extremos) en distintos intervalos de tiempo. Siguiendo la metodología propuesta por Palmer (1965) se obtuvo la recta (Figura 2) que representa la tasa de secado máxima ocurrido para diferentes períodos del fenómeno (meses), involucrando los extremos de todas las localidades y considerando como categoría de sequía extrema el valor -4. Se calculó la ecuación de la recta a través de:

$$X_i = \sum_{i=1}^t z_i / (a.t + b) \tag{3}$$

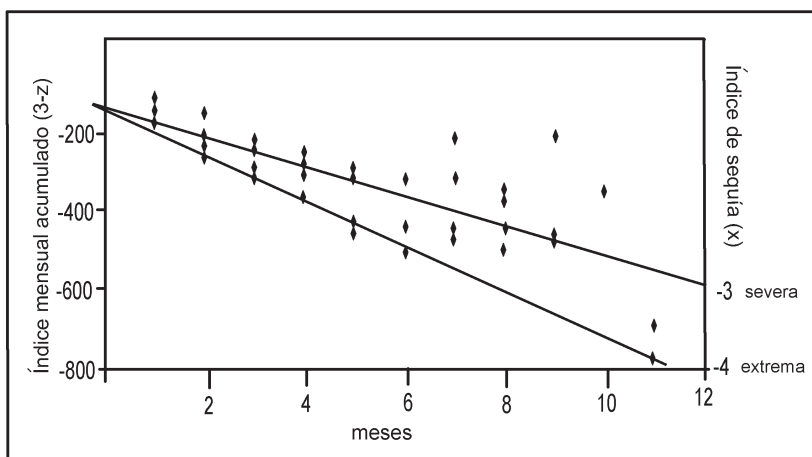


FIGURA 2
Duración de los períodos secos. Índices negativos

TABLA 1
Rangos de períodos húmedos y secos según Palmer (1965)

| X | Clases |
|--------------------|--------------------|
| > 4,0 | Humedad extrema |
| 3,0 a 3,9 | Humedad severa |
| 2,0 a 2,9 | Humedad moderada |
| 1,0 a 1,9 | Ligeramente húmedo |
| 0,5 a 0,9 | Humedad incipiente |
| <u>- 0,4 a 0,4</u> | <u>Normal</u> |
| - 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 |

Se calculó así el índice de severidad de sequía, ISS a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta x_i = z_i / (a.t + b) + cx_{i-1} \quad (4)$$

Palmer (1965) determinó rangos de sequía y de humedad de acuerdo a los valores del Índice de Severidad de Sequía. Estos se muestran en la Tabla 1.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de las frecuencias de índices húmedo y seco en simultáneo para las cinco localidades determinaron que sobre los 4.788 meses que corresponden al período estudiado, en el 42,7% de los casos ocurrieron sequías con distintos grados de intensidad. Las mayores frecuencias se encuentran entre las categorías de sequía incipientes y débiles correspondiéndole el 35,3% del total de los casos, el 7,20% son sequías moderadas y severas, mientras que sólo el 0,14% son casos de sequía extrema (Figura 3).

Los casos húmedos representan el 32,7% de la serie analizada, los extremos de humedad son superiores a los extremos secos, representando 2,5 % del total, para los casos moderados y severos el valor es de 9,79% de los meses analizados. Si se compara todo el período estudiado el porcentaje de sequías fue superior a los porcentajes de períodos húmedos. En la Figura 4 se analiza en forma mensual el porcentaje de ocurrencias de sequía. El rango de sequía predominante corresponde a incipiente y débil, el mes de junio es el de mayor frecuencia de sequía y el de diciembre el de menor número de casos (165 meses).

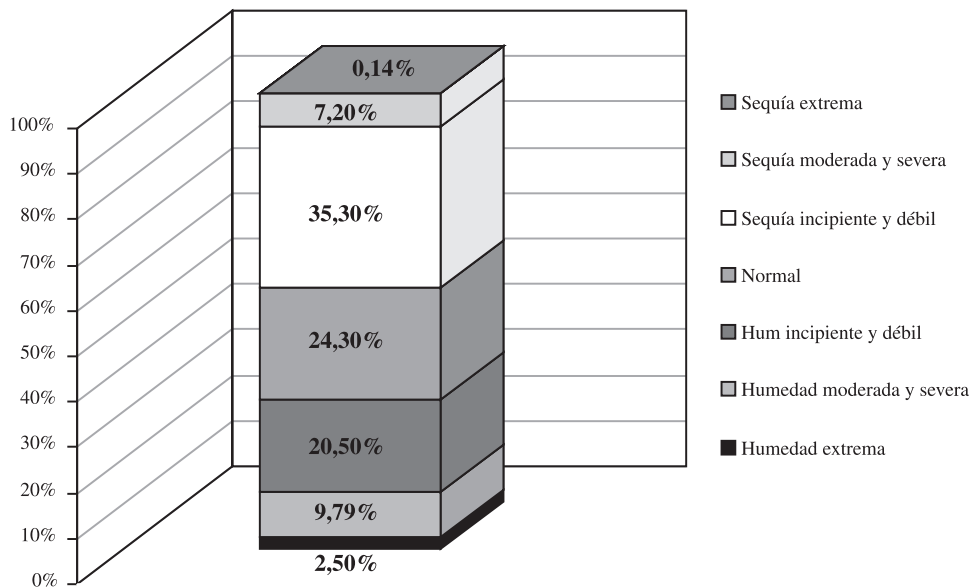


FIGURA 3
Frecuencia de índices secos y húmedos

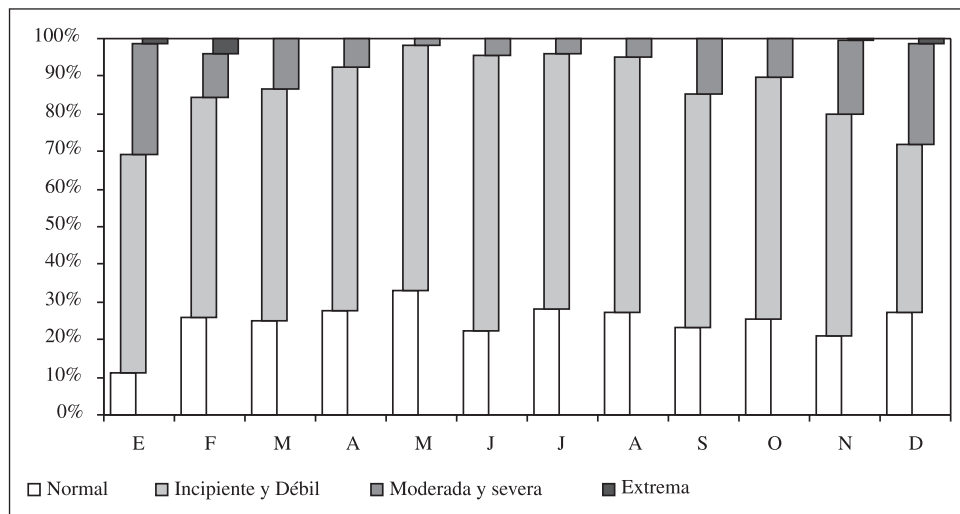


FIGURA 4
Porcentaje de ocurrencia de sequía en la región

Las sequías moderadas y severas predominan en los meses correspondientes al fin de primavera y verano (noviembre, diciembre y enero) con un total de 161 casos, mientras que se observan sequías extremas en diciembre, enero y febrero. Todos los meses presentan sequías de categoría normal siendo la de mayor valor la correspondiente a mayo con un valor de 33%. En la misma se observa que hay un predominio de índices negativos (o secos) hasta la década del 70, a partir del cual los índices negativos no alcanzan magnitudes tan elevadas, lo que indica un periodo extremadamente húmedo. No se han producido recurrencia de eventos secos tan extensos como en el periodo previo (década del 60), pero sí, intensos en impacto.

3.1. Marcha temporal del ISS desde 1904-2000

Se analizó la duración e intensidad de los episodios secos y húmedos ocurridos en simultáneo para las cinco localidades durante el período 1904-1999 (Figura 5). A continuación se describen los períodos húmedos y secos en las diferentes décadas. La marcha temporal del ISS del período correspondiente a 1904-1910 indica que los períodos secos predominaron sobre los húmedos alcanzando una categoría de sequía severa (-3,5), siendo el período más extenso el que corresponde a los meses de mayo 1908 a septiembre 1909. Los períodos húmedos de principio de siglo no fueron tan intensos ni extensos como los secos, se presentaron desde enero a diciembre de 1904, solamente Dorrego alcanzó la categoría de humedad extrema en marzo 1904, el otro período húmedo se extendió desde abril 1905 - enero 1906.

Durante la década de 1911-1920 los períodos secos siguen dominando sobre los húmedos en duración pero no en intensidad. Así se observan períodos extensos con categoría de sequía moderada que alcanza valores de ISS de hasta -2,1 entre marzo 1912 a junio 1913 y mayo 1915 - febrero 1916 con un mínimo de hasta -2,5 (sequía moderada), marzo 1917 a febrero 1918 donde Tres Arroyos alcanza un ISS de -3,9 correspondiendo a una sequía severa. Hacia finales de la década la sequía duró 10 meses con una intensidad de -2,3. Los eventos húmedos se extendieron desde febrero - julio 1914 con una intensidad de hasta 5,0 (Dorrego) y desde octubre 1914 - abril 1915 con un ISS de 9,0 representando un período extremadamente húmedo. Otro período significativo es el que se extendió durante un año a partir de septiembre de 1918.

Durante la década 1921-1930 se observa un período seco que se extiende desde febrero a diciembre de 1921, alcanzando una categoría débil (-1,7). Además se observa otra sequía que se extendió durante 13 meses desde enero de 1924, con una intensidad de hasta -3,3. Los períodos secos son totalmente dominantes a partir de febrero de 1927. El extremo mínimo alcanzado fue de una categoría severa de hasta -3,5.

El índice de severidad de sequía para la década del 1931-40 presenta en un inicio un período húmedo con una intensidad que alcanzó un valor mayor que 4,0, luego de septiembre de 1931 hasta el mes de febrero de 1932 existió un período seco severo (-3,1). Desde abril a septiembre de 1934 se presentó una sequía débil. A partir del último mes mencionado existen períodos severamente húmedos con un índice máximo de hasta 3,9. Febrero de 1936 marca el inicio de períodos de sequía que durarán hasta enero de 1939, con diferentes categorías, el mínimo extremo alcanzado fue de -3,14. Luego de este pe-

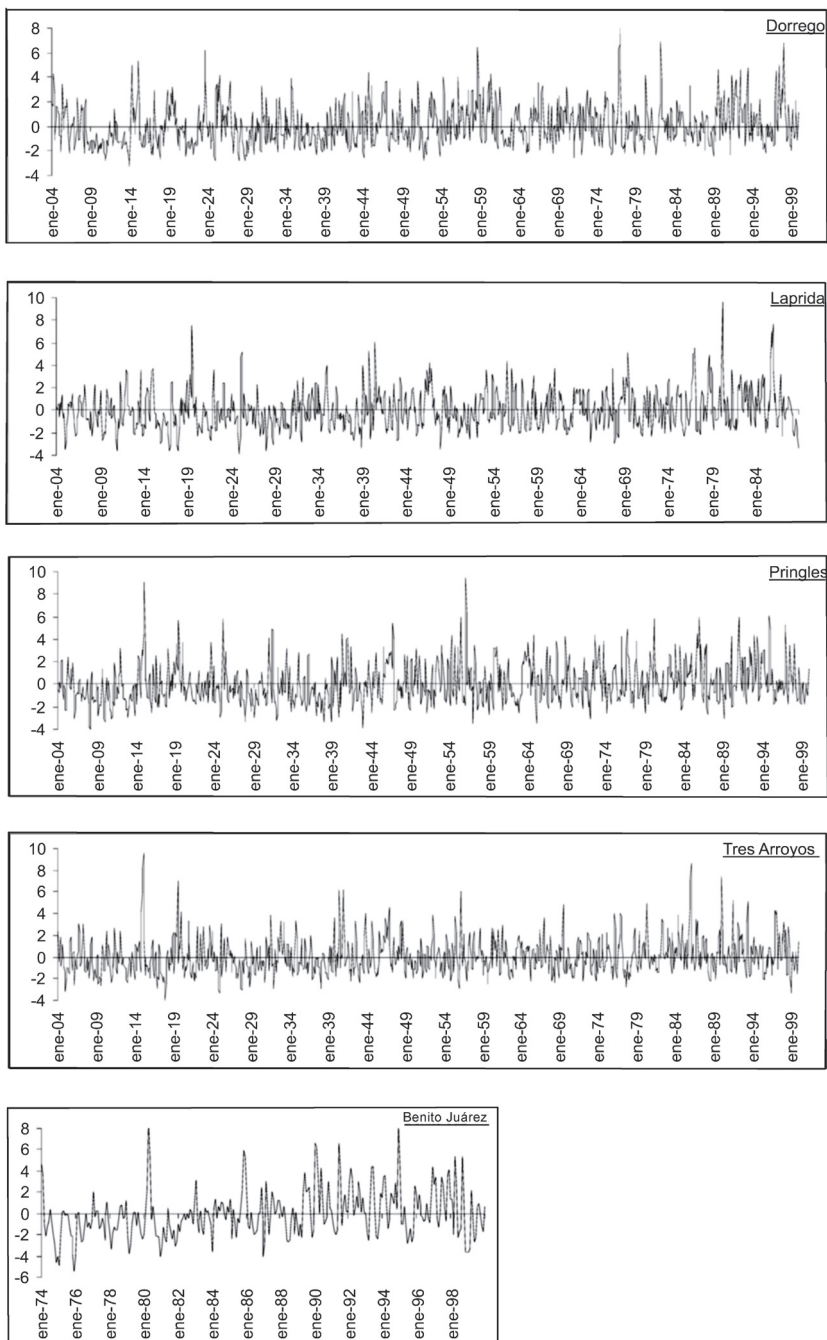


FIGURA 5
Marcha temporal del Índice de Severidad de Sequías para la región.

ríodo dominan en intensidad y duración los húmedos. La marcha temporal del índice para la década 1941-1950 muestra que los eventos húmedos superan a los secos en intensidad y duración, el máximo ISS alcanzado es de 5,3 indicando humedad extrema. El máximo período seco duró desde octubre 1942 a abril 1943, con un extremo mínimo de $-3,86$, marcando una sequía severa.

Para la década que corresponde a 1951-1960 la alternancia de períodos secos y húmedos es significativa. Los períodos secos han sido más prolongados que los húmedos, mientras que en intensidad se destacan los húmedos que han alcanzado valores de ISS mayores que 4. En cuanto a los períodos secos de esa década se observa que el 45% de las sequías fueron incipientes, el 18% corresponde a la categoría débil, mientras que el 27% fueron sequías moderadas y sólo el 9% alcanzó la categoría de severa.

En el período comprendido entre enero 1961 a diciembre de 1970 se advierte la presencia de una sequía muy extensa que tiene una duración de 14 meses, desde marzo 1962 a mayo de 1963, con características de moderada y un extremo negativo de $-2,60$. Desde diciembre 1964 a mayo de 1965, se presenta una sequía de mayor intensidad pero no tan extensa. El valor mínimo alcanzado fue $-3,50$ (Pringles). Los períodos húmedos registrados en ésta década corresponden a las categorías de humedad severa y extrema, con valores de ISS que oscilan desde 3,35 hasta 5,18.

Para la década 1971-1980 los períodos húmedos presentan la mayor ocurrencia correspondiendo a las categorías de humedad moderada y severa hasta 1976. Luego se observan períodos extremadamente húmedos con valores que llegan hasta 7,97 (enero 77 en Dorrego). Cabe aclarar que a partir de 1974 se incorporan datos de ISS de Benito Juárez para su análisis. Otro período con iguales características que el anterior se presenta desde marzo a julio 1980 con valores máximos de 8 para Benito Juárez y aproximadamente de 5 en el resto de las localidades. Los períodos secos no fueron tan intensos como en las décadas anteriores salvo para Benito Juárez que en enero de 1975 y 1976 alcanza un mínimo de $-4,92$ y $-5,49$.

La década que corresponde a 1981-1990 presenta una predominancia en duración e intensidad de los períodos húmedos sobre las sequías. Estas son moderadas en un 76%, severas en un 14% y extremas en un 10%. Los períodos húmedos más notables corresponden a los siguientes meses y años: agosto 1985 - abril 1986 con máximos superiores a 8 (Tres Arroyos), diciembre 1989 - junio 1990 con un valor de ISS máximo de 7,39. En el análisis de la década 1991-2000 no participa Laprida dado que no hay datos disponibles. Se observa una dominancia en intensidad de las rachas húmedas sobre las sequías (con máximos superiores a 5,0 en la mayoría de los casos).

Para la serie de datos analizada, un total de 95 años para cada una de las localidades, el 42,7% presentó un ISS negativo con diferente grado de intensidad. Las sequías más extensas corresponden a los años 1917-1918 y 1962-1963, la primera de 19 meses posee un valor extremo de $-3,93$ de ISS y la segunda con 16 meses de duración alcanza una intensidad de $-2,80$. Con respecto a los períodos húmedos, en el análisis regional se observa que los intervalos o rachas positivas comienzan en abril 1914, no registrándose anteriormente eventos húmedos en simultáneo. A partir de 1975 se suceden intervalos con valores de ISS muy superiores a lo de los años anteriores, cabe destacar que a partir del período mayo - agosto 1980 se registran los máximos períodos húmedos. En este período el ISS alcanza un valor de 9,64 indicando humedad extrema.

Los períodos correspondientes a enero - agosto 1982, julio 1985- abril 1986, diciembre 1989- febrero 1990, octubre 1990 - enero 1991, abril - julio 1993, diciembre 1994 - enero 1995, junio 1997- febrero 1998 presentan ISS superiores a 4, marcando todos eventos húmedos extremos. Los dos períodos húmedos mas extensos duraron once meses: agosto 1972 a junio de 1973 con un ISS de 4,35 y enero 1992 a noviembre de 1992 con un ISS de 4,68.

3.2. Impacto de las sequías en la economía regional

Para mostrar el efecto de las sequías en la zona de estudio se analiza la producción cerealera en dos períodos de la última década 1995/96 y 1998/99. Durante las campañas agrícolas cerealeras correspondientes a los años 1995/96 y 1998/99 los rindes de trigo disminuyeron entre un 13 y 23 %. Se registraron valores de 2.270 kg/ha y 2.010 kg/ha respectivamente, muy inferior a la media de los rindes actuales (2.597 kg/ha). La gran sequía ocurrida desde noviembre de 1998 a febrero de 1999, afectó el sudeste bonaerense y disminuyeron notoriamente los rendimientos de trigo, girasol, maíz y soja. El escaso rendimiento de las pasturas obligó a completar con granos la alimentación de la hacienda aumentando los costos de producción. Se registró además menor engorde de los rodeos. Se perdieron 600.000 hectáreas sembradas con girasol, maíz y soja (Ministerio de Asuntos Agrarios, 1999). Se observaron girasoles con tamaño de cardo y maíces sin granos, evidencia notable de la combinación del déficit hídrico durante el período crítico de los cultivos, con las heladas tardías. La caída de los rendimientos marcó el impacto negativo de esta sequía. El trigo pan pasó de un rinde de 2,93 a 2,6 tn/ha. El maíz cayó de 4,29 a 4 tn/ha, girasol 1,98 a 1,4 tn/ha y la soja de 1,84 rindió sólo 1 tn/ha. Los partidos del sudeste bonaerense más afectados fueron San Cayetano, Tres Arroyos, Benito Juárez, Balcarce, Tandil, Necochea y Adolfo González Chávez. En algunos campos de Tres Arroyos y González Chaves se instalaron equipos de riego en zonas donde los acuíferos contaban con suficientes caudales, pero no fue suficiente para tratar de disminuir el daño provocado por la deficiencia hídrica.

4. CONCLUSIONES

La aplicación del ISS de Palmer permitió caracterizar la sequía en la cuenca hidrográfica del Arroyo Claromec en el sur de la provincia de Buenos Aires durante el período 1904-1999. Se determinó que el período más extenso de sequía corresponde a los años 1936-1939 durando 24 meses, alcanzando el máximo de sequía extrema coincidente con las escasas precipitaciones de esos años que sólo llegaron a 510 mm y 499 mm en 1937 y 1938 respectivamente. El ISS permitió además obtener los períodos secos y húmedos correspondiente a cinco localidades del sur de la provincia de Buenos Aires, en simultaneidad para estudiar su duración e intensidad. Al tratarse de la región productiva por excelencia de la República Argentina se pudo realizar una aproximación al estudio del impacto sobre la economía regional a través de la comparación del ISS promedio con los rindes de las campañas agrícolas a partir de 1950.

Para la serie de datos analizada, el 42,7% presentó un ISS negativo con diferente grado de intensidad, el 35,5% son condiciones húmedas y el resto normales. Se lograron detectar

amplios periodos de sequías y se comprobó que las intensidades del índice coincidieron con los eventos secos más severos registrados en la zona. Esta metodología logra establecer el área donde se presentan los períodos secos y húmedos, pudiendo identificar la alternancia de esas variables en un estudio determinado.

Durante los primeros años del siglo se observan con mayor ocurrencia los períodos secos con respecto a los húmedos, la frecuencia e intensidad de estos es notable hasta diciembre de 1936, mientras que luego de 1973 los períodos húmedos tienen mayor importancia, alcanzando el ISS valores extremos máximos de hasta 8 para las décadas del 80 y 90.

5. BIBLIOGRAFÍA

- CARBONE, M. E., SCIAN B. V. AND PICCOLO, M. C. (2004) «Agricultural drought in the Claromeco River basin, Argentina». Enviado a *Physical Geography*.
- LUCERO, O. y RODRÍGUEZ DE LUCERO, N. (1991) «Relación estadística entre la ocurrencia de sequías severas en Argentina y la temperatura de la superficie del Océano Pacífico tropical», en: *Actas de la V Reunión Argentina de Agromet*. Córdoba, Argentina.
- MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS. (1999) «La sequía azota la cosecha», en: *La Nación* 8 de marzo, Argentina,
- PALMER, W. C. (1965) «Meteorological drought». *U.S. Weather Bureau*, Washington D.C. Research Paper No 45, 58 pp.
- PENMANN, H. L. (1948) «Natural evaporation from open water, bare soil, and grass», *Proc.Roy. Soc. London A193*, 120-146 p.
- RAVELO, A. (1990) «Manual Teórico Operativo del Índice de Sequía de Palmer» en *Revista Geofísica*, vol. 39, 85-99 p.
- RAVELO, A. C. Y PASCALE, A. J. (1997) «Identificación de ocurrencia de sequías mediante imágenes del satélite NOAA e información terrestre», en: *Rev. Fac. Agronomía de Buenos Aires*. Vol 17(1), 101-105 p.
- RAVELO, A. C. Y ROTONDO, V. H. (1987) «Variabilidad de las sequías en las regiones húmedas y semiáridas», en: *Ira. Conf. sobre regiones áridas y semiáridas*. Univ. Nac. de Santiago del Estero, Argentina.
- SCIÁN, B. Y DONNARI, M. (1997) «Aplicación del índice Z de Palmer para la comparación de sequías en las regiones trigueras II, IV y V Sur de Argentina», en: *Revista de la Facultad de Agronomía- UBA*, 17(I), 41-46.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (1998) «Sequía y Desertificación», en: *Boletín Informativo 39 Buenos Aires*, 52 pp.

