

## ALGUNAS CARACTERÍSTICAS E IMPACTOS DE LAS SEQUÍAS QUE AFECTARON A LA REGIÓN PAMPEANA ENTRE 2007 y 2009\*

L. SERIO<sup>1</sup> y H. VICH

Recibido: 30/11/10

Aceptado: 17/12/10

### RESUMEN

Las sequías que se presentan de manera recurrente son una característica normal del clima de la Región Pampeana. En el contexto actual de expansión del área cultivada, la eventual ocurrencia de una sequía suele producir fuertes impactos sobre la economía del sector productivo agropecuario. Entre 2007 y 2009, gran parte de la Argentina se vio inmersa en un período inusualmente seco que afectó negativamente la producción agrícola. En este trabajo se pretende describir algunas características de ese período, señalando las diferencias sub-regionales dentro de la Región Pampeana en cuanto al momento de ocurrencia, duración e intensidad de la sequía, y su impacto sobre los rendimientos de los principales cultivos. Los resultados muestran que en algunas localidades de Buenos Aires y Santa Fe se registró la mayor intensidad de sequía de los últimos 50 años. Los rendimientos de granos más afectados fueron los de la campaña 2008-09, tanto los cultivos de invierno como los de verano.

**Palabras clave.** Sequía, cultivos de granos, Región Pampeana.

### SOME FEATURES AND IMPACTS OF DROUGHT AFFECTING THE PAMPAS REGION BETWEEN 2007 AND 2009

#### SUMMARY

The droughts that occur on a recurring basis are a normal feature of the climate in the Pampas. In the current context of expansion of cultivated area, the possible occurrence of a drought tends to produce strong impacts on the economy from agriculture and livestock. Between 2007 and 2009, much of Argentina was plunged into an unusually dry period which adversely affected agricultural production. This paper aims to describe some features of this period, pointing to sub-regional differences in the Pampas region in terms of timing, duration and intensity of drought and its impact on yields of major crops. The results show that in some localities of Buenos Aires and Santa Fe had the highest intensity of drought in the last 50 years. Grain yields of the 2008-09 campaign were the most affected, both winter crops such as summer ones.

**Key words.** Drought, grain crops, Pampas region.

#### INTRODUCCIÓN

En la Región Pampeana, principal área agrícola de la Argentina, la producción se realiza casi exclusivamente en condiciones de secano. Por ello, la actividad se ve afectada por la variabilidad interanual de la disponibilidad hídrica en el suelo, consecuencia, a

su vez, de la variabilidad de las precipitaciones. La mayor parte de esa variabilidad está asociada a los ciclos cuasi-periódicos del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). En particular, cuando el ciclo del ENOS se encuadra en su fase fría, también llamada «La Niña», la Región Pampeana tiene a recibir

\* El resumen de este trabajo fue presentado en la XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología (Bahía Blanca, 20 al 22 de octubre de 2010).

<sup>1</sup> Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453 (C1417DSE), Buenos Aires. E-mail: serio@agro.uba.ar

precipitaciones por debajo de la mediana desde la primavera hasta principios del otoño (Grimm *et al.*, 2000). Por lo tanto, las sequías que se presentan de manera recurrente constituyen una característica normal del clima de la región. Sin embargo, durante las últimas décadas del siglo XX la intensidad y frecuencia de las sequías han tendido a disminuir (Ravello, 2000; Damario y Pascale, 2003), acompañando la tendencia al aumento de las precipitaciones en el centro y este del país (Sierra *et al.*, 1994; Castañeda y Barros, 1994). En el actual escenario climático, y en un contexto de expansión del área cultivada, la eventual ocurrencia de una sequía suele producir fuertes impactos sobre la economía del sector productivo agropecuario (Murphy, 2010).

Existen distintos criterios para definir una sequía. Wilhite y Glantz (1985) identificaron más de 150 definiciones de sequía basadas en puntos de vista meteorológico, agrícola, hidrológico o socioeconómico. Mayor aún es la cantidad de índices que se utilizan para su clasificación y/o monitoreo, algunos de ellos sintetizados en los trabajos de Dracup *et al.* (1980), Byun y Wilhite (1999), Valiente (2001) y Heim (2002), entre otros. El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) fue desarrollado por McKee *et al.* (1993) y en poco tiempo fue aceptado por la comunidad científica (Guttman, 1999; Hayes *et al.*, 1999; Steinemann, 2003) y adoptado por distintos organismos, entre ellos el US National Drought Mitigation Center, para el monitoreo de sequías y excesos hídricos en reemplazo del tradicional Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI). El SPI relaciona la precipitación acumulada durante un período de tiempo determinado por el usuario, con la distribución estadística de las precipitaciones históricas registradas en el lugar. Cuando es calculado con un paso de tiempo trimestral, resulta un buen indicador de la condición hídrica del suelo.

En la Argentina, se ha demostrado la versatilidad del SPI al ser utilizado como indicador de sequías o excesos hídricos en estudios de impacto de la variabilidad climática en distintas regiones (Scian, 1997; Seiler y Bressan, 2000; Almeida y Scian, 2006). Serio y Murphy (2008) determinaron los umbrales de precipitación acumulada trimestral correspondientes a los valores del SPI que delimitan categorías para la condición hídrica del suelo, desde «extremadamente húmedo» ( $SPI > 2$ ) hasta «extremadamente seco» ( $SPI < -2$ ), para 79 localidades de la Región Pam-

peana y sus alrededores. Paralelamente, se ha implementado una metodología de monitoreo y pronóstico estadístico del SPI en la Región Pampeana (Murphy y Serio, 2006) con publicación y actualización mensual en la Internet (FAUBA, 2010), cuya evaluación resultó satisfactoria (Serio *et al.*, 2010).

Recientemente, gran parte de la Argentina se vio inmersa en un período inusualmente seco que afectó negativamente las campañas agrícolas 2007-08 y la 2008-09 y la cosecha fina de la campaña 2009-10. El objetivo del presente trabajo es describir algunas características de este período, señalando las diferencias sub-regionales dentro de la Región Pampeana en cuanto al momento de ocurrencia, duración e intensidad de la sequía, y su impacto sobre los rendimientos de los principales cultivos.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos mensuales de precipitación del período 1960-2009, de 36 estaciones meteorológicas (Cuadro 1) pertenecientes a las redes del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Se tuvieron en cuenta, además, los rendimientos departamentales de trigo, maíz y soja de las campañas agrícolas desde 1997-98 hasta 2009-10, publicados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

A partir de las series de precipitación de cada localidad se calculó la precipitación acumulada trimestral, sumando la precipitación registrada en el mes junto con las de los dos meses previos. A partir de estas nuevas series se calculó el SPI teniendo en cuenta, para cada localidad y mes, los parámetros de la función Gamma (Thom, 1958) ajustada a cada distribución de frecuencias, previamente obtenidos según la metodología descrita por Serio y Murphy (2008).

Para caracterizar la sequía en cada localidad, se consideraron los valores de SPI obtenidos durante los 36 meses comprendidos entre enero de 2007 y diciembre de 2009. Luego se definieron los siguientes indicadores de:

- **intensidad:** mínimo valor de SPI (identificando además su mes de ocurrencia y rankeando su valor en la serie 1960-2009);
- **duración:** cantidad de meses con  $SPI < 0$  (sequía leve),  $< -1$  (sequía moderada a intensa) y  $< -2$  (sequía extrema);
- **extensión geográfica:** cantidad de localidades que se encontraban en situación de sequía de manera simultánea.

**CUADRO 1. Listado de estaciones meteorológicas utilizadas y ubicación por departamento.**

ESTACIÓN (fuente)	DEPTO. (provincia)
Azul Aero (SMN)	Azul (BA)
Bahía Blanca Aero (SMN)	Bahía Blanca (BA)
Balcarce (INTA)	Balcarce (BA)
Bolívar Aero (SMN)	Bolívar (BA)
Bordenave (INTA)	Puan (BA)
Ceres Aero (SMN)	San Cristóbal (SF)
Concordia Aero (SMN)	Concordia (ER)
Cnel. Pringles Aero (SMN)	Cnel. Pringles (BA)
Cnel. Suárez Aero (SMN)	Cnel. Suárez (BA)
Dolores Aero (SMN)	Dolores (BA)
El Trébol (SMN)	San Martín (SF)
Gral. Pico Aero (SMN)	Maracó (LP)
Gral. Villegas (INTA)	Gral. Villegas (BA)
Guaaleguaychú Aero (SMN)	Guaaleguaychú (ER)
Hilario Ascasubi (INTA)	Villarino (BA)
Junín Aero (SMN)	Junín (BA)
La Plata Aero (SMN)	La Plata (BA)
Laboulaye Aero (SMN)	Pte. Roque S. Peña (Cba)
Las Flores Aero (SMN)	Las Flores (BA)
Manfredi (INTA)	Río Segundo (Cba)
Mar del Plata Aero (SMN)	Gral. Pueyrredón (BA)
Marcos Juárez Aero (SMN)	Marcos Juárez (Cba)
Nueve de Julio (SMN)	Nueve de Julio (BA)
Olavarría Aero (SMN)	Olavarría (BA)
Paraná Aero (SMN)	Paraná (ER)
Pehuajó Aero (SMN)	Pehuajó (BA)
Pergamino (INTA)	Pergamino (BA)
Pigüé Aero (SMN)	Saavedra (BA)
Pilar Observatorio (SMN)	Río Segundo (Cba)
Rafaela (INTA)	Castellanos (SF)
Río Cuarto Aero (SMN)	Río Cuarto (Cba)
Rosario Aero (SMN)	Rosario (SF)
San Pedro (INTA)	San Pedro (BA)
Santa Rosa Aero (SMN)	Capital (LP)
Tandil Aero (SMN)	Tandil (BA)
Tres Arroyos (SMN)	Tres Arroyos (BA)

Con el fin de resumir los resultados, se aplicó un análisis por conglomerados (K-means clustering analysis) mediante el programa Statistica 6 (StatSoft Inc., Tulsa, USA). Esta técnica permitió agrupar a las localidades cuyas series del SPI tuvieron similar evolución durante los 36 meses analizados, de forma tal que la varianza obtenida dentro de

cada grupo fuera mínima y la varianza entre grupos fuera máxima. Luego, se promediaron los valores mensuales del SPI dentro de cada grupo, obteniendo una serie representativa para cada sub-región.

Con las series de rendimientos departamentales de trigo, maíz y soja, se calcularon como referencia los rendimientos medios de la década comprendida entre las campañas 1997-98 y 2006-07. Luego, se calcularon las anomalías porcentuales por campaña, cultivo y departamento, considerando las campañas 2007, 2008 y 2009 de cosecha fina (trigo) y 2007-08 y 2008-09 de gruesa (maíz y soja).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Figura 1 se presenta la evolución mensual del Oceanic Niño Index (ONI), indicativo de las anomalías trimestrales de la temperatura de la superficie del mar en la zona central del océano Pacífico ecuatorial. Los valores inferiores a -0,5 definen la presencia de la fase La Niña y los superiores a 0,5 corresponden a El Niño. Se observa la ocurrencia de La Niña durante las temporadas 2007-08 y 2008-09, interrumpidas por unos pocos meses de neutralidad en el invierno y comienzo de la primavera de 2008. Durante la segunda mitad de 2009 se observa cómo se reversionan las condiciones, dando lugar al inicio de la fase El Niño de la temporada 2009-10.

En la Figura 2 se presenta el mapa con la distribución de las estaciones meteorológicas utilizadas y los cinco grupos o sub-regiones conformados tras aplicar el análisis por conglomerados.

La evolución del SPI medio dentro de cada grupo de localidades se presenta en la Figura 3. La sub-región 1 (sur de Buenos Aires) se caracterizó por tener la mayor persistencia de condiciones secas, las que se presentaron en 30 de los 36 meses, 19 de ellos consecutivos (dic/07-jun/09). La mayor intensidad (SPI = -2,4) se alcanzó en ago/07 y se registraron otros cuatro picos menores en ene/08, jun/08, ene/09 y oct/09.

En la sub-región 2 (este de Buenos Aires) fue donde se registró la sequía más intensa. En ene/09 el SPI tuvo un valor promedio para la sub-región de -3,0. En La Plata, Dolores, Mar del Plata y Balcarce el índice alcanzó el valor más bajo de los últimos 50 años.

En la sub-región 3 (Córdoba) la sequía fue más moderada y alcanzó en promedio picos de SPI de -1,5

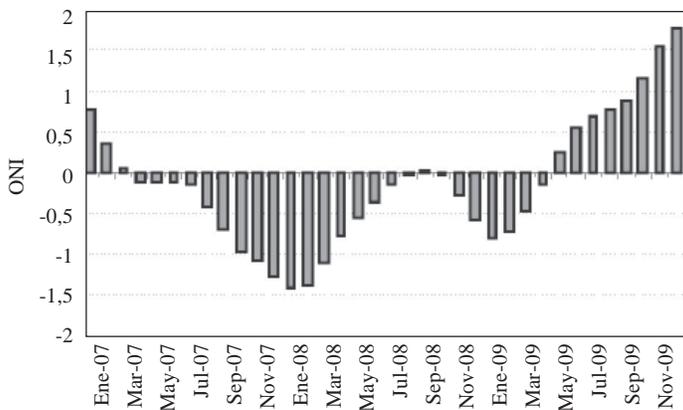


FIGURA 1. Evolución mensual del Oceanic Niño Index (ONI). Los valores inferiores a -0,5 indican la ocurrencia de La Niña y los superiores a 0,5 la ocurrencia de El Niño. Fuente de datos: Climate Prediction Center, NOAA.

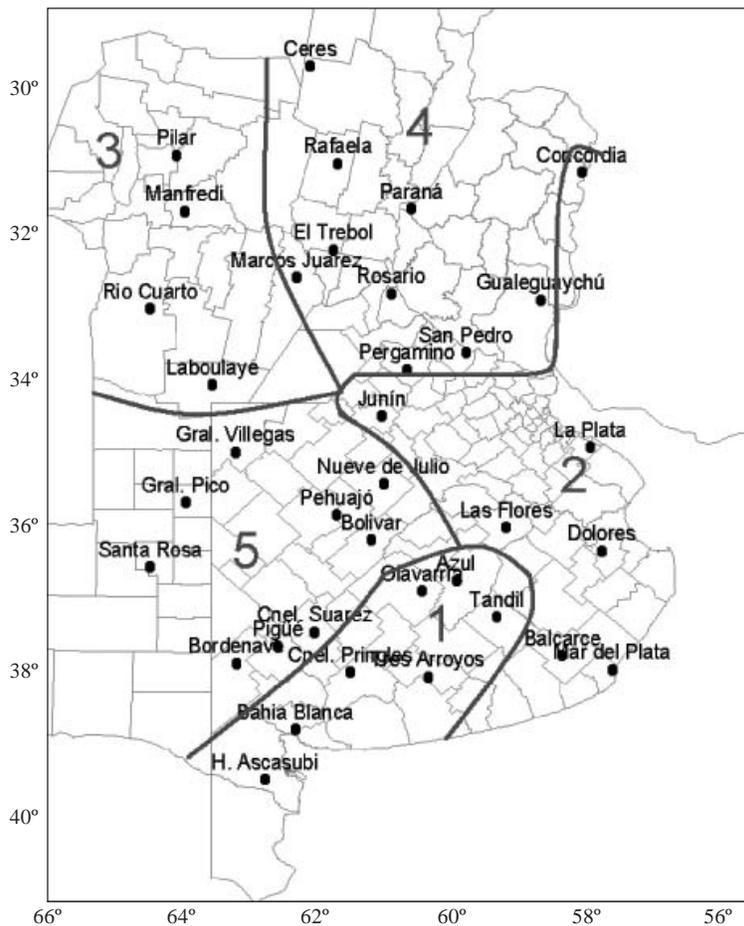


FIGURA 2. Distribución de las estaciones meteorológicas utilizadas y conformación de los grupos.

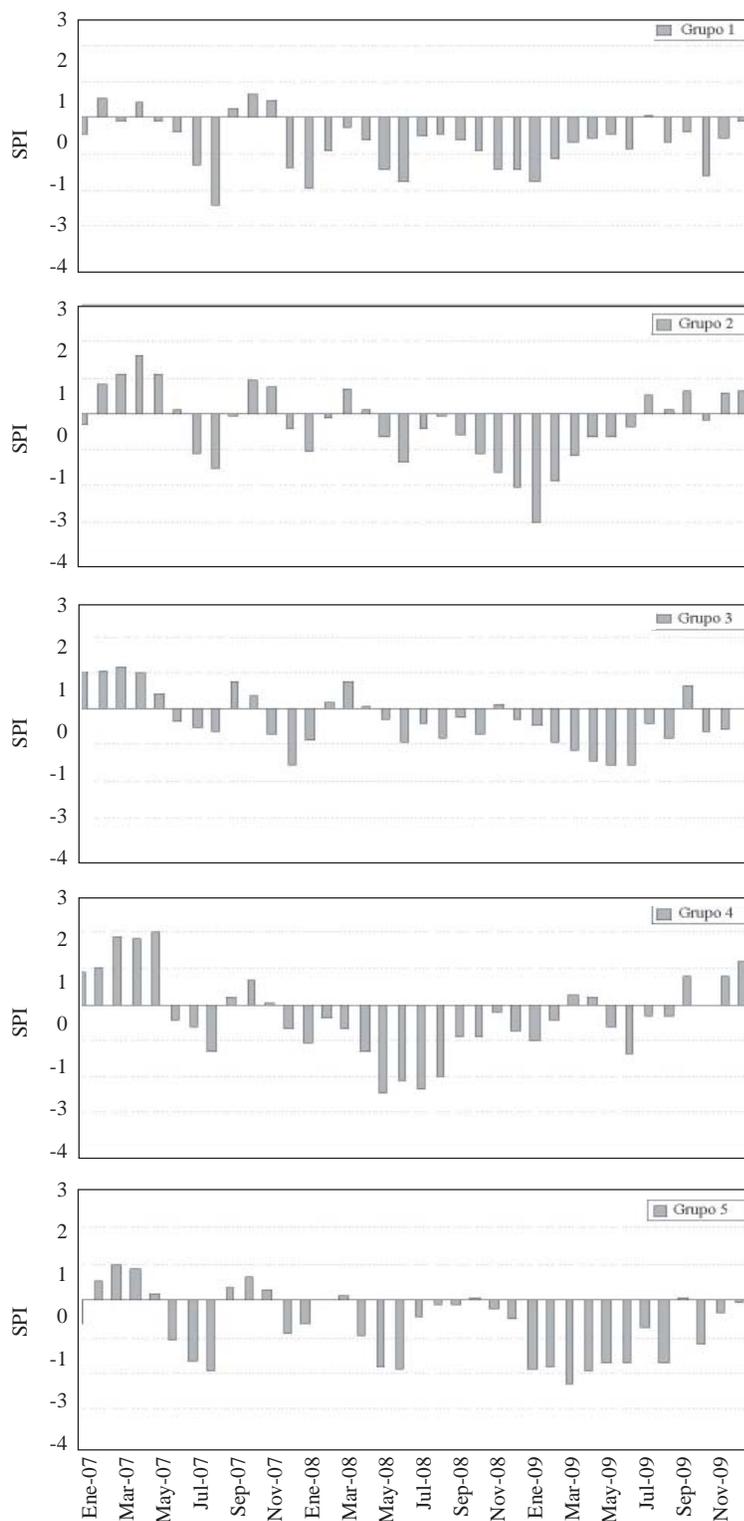


FIGURA 3. Evolución mensual del promedio del SPI en cada grupo de localidades.

en dic/07 y may-jun/09. El primero de estos casos se manifestó con mayor intensidad en Pilar y Manfredi, y el segundo en Río Cuarto y Laboulaye.

En la sub-región 4 (Santa Fe, Entre Ríos y norte de Buenos Aires) se alcanzó un pico de -2,4 para el SPI en may/08, manteniéndose bajo condición de sequía extrema hasta ago/08 inclusive. Durante ese período se registró la sequía más intensa de los últimos 50 años en San Pedro, Pergamino, Rafaela y Ceres.

En la sub-región 5 (La Pampa y oeste de Buenos Aires) se produjeron tres picos de magnitud similar en ago/07, jun/08 y mar/09, este último dentro de un período de sequía entre intensa y extrema que se prolongó por 8 meses consecutivos, desde ene/09 hasta ago/09.

Con respecto a la extensión geográfica, en el Cuadro 2 se resume la cantidad de localidades afectadas en el mes en que se registró cada uno de los picos de la sequía. En la Figura 4 se presentan los mapas con la distribución espacial del SPI durante esos mismos meses. En los mapas se pueden observar las diferen-

cias en ubicación e intensidad de las condiciones secas. Estas diferencias permiten explicar, a su vez, la variación de los rendimientos de los principales cultivos.

A modo de ejemplo, en el Cuadro 3 se muestran la anomalías porcentuales de rendimiento (con respecto al promedio de las 10 campañas precedentes) de trigo, maíz y soja obtenidos durante las campañas afectadas por la sequía en un departamento testigo dentro de cada sub-región. La cosecha de trigo de 2007 sólo se vio afectada en el sur de Buenos Aires (-23% en Tres Arroyos), sub-región en la que este pico de sequía alcanzó mayor intensidad. A pesar de la gran extensión geográfica de la sequía en ago/07, es posible que los cultivos invernales en el resto de la Región Pampeana hayan dispuesto de una buena reserva de agua en el suelo acumulada durante el otoño, sumado a una recuperación de las lluvias durante la primavera. Esto último también pudo resultar en un beneficio para la campaña 2007-08 de maíz y soja, que no se vio mayormente afectada a pesar de la sequía intensa que afectaba a gran parte de la provincia de Buenos Aires en ene/08, coincidente con el período de mayor necesidad hídrica de los cultivos.

En jun/08 la sequía adquiría niveles de intensa a extrema en casi toda la Región Pampeana, exceptuando parte de la provincia de Córdoba y el este de Buenos Aires. Las sub-regiones 2 y 3 tuvieron en 2008 rendimientos de trigo cercanos al promedio, mientras que hubo caídas cercanas al 30% en Tres Arroyos y Maracó. En Santa Fe, donde este pico de sequía alcanzó mayor intensidad y duración, se registró una caída de rendimiento superior al 60% en Rosario. En ene/09 la sequía afectaba a la totalidad de las provincias de Buenos Aires y la Pampa y al norte

**CUADRO 2. Meses de ocurrencia de los picos de máxima extensión de la sequía y cantidad de localidades afectadas (sobre un total de 36).**

Mes	SPI <0	SPI <-1	SPI <-2
Ago/07	36	27	12
Ene/08	33	16	6
Jun/08	35	30	11
Ene/09	33	26	16
Jun/09	34	23	6
Oct/09	27	15	3

**CUADRO 3. Anomalías porcentuales de rendimiento de los tres cultivos principales durante las campañas comprendidas dentro del período seco analizado.**

Sub-región	Departamento	TRIGO			MAÍZ		SOJA	
		07	08	09	07/08	08/09	07/08	08/09
1	Tres Arroyos (BA)	-23	-32	-6	-1	-42	29	-45
2	Las Flores (BA)	9	6	5	14	-27	16	-52
3	Río Cuarto (Cba)	78	-5	-26	9	0	15	-21
4	Rosario (SF)	41	-63	33	22	-35	15	-30
5	Maracó (LP)	42	-29	-50	8	-28	1	-45

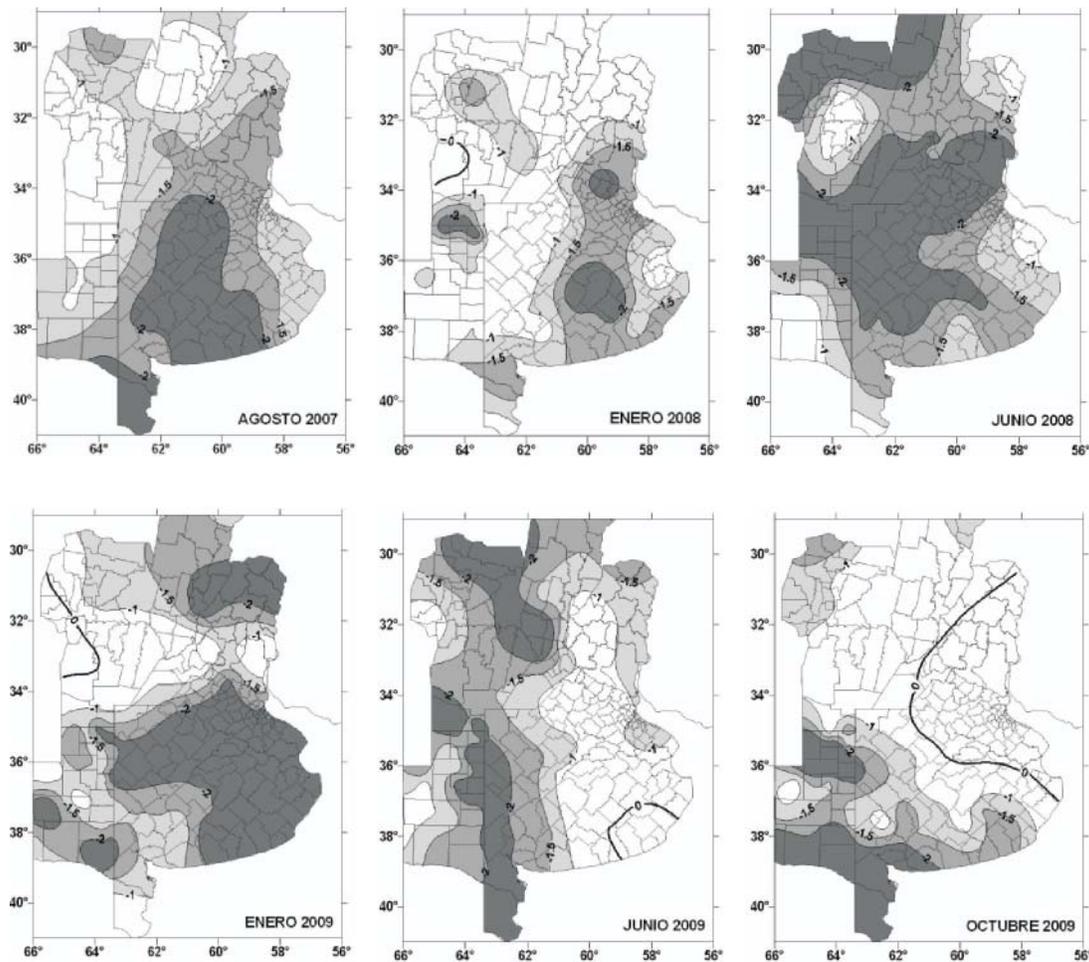


FIGURA 4. Distribución espacial del SPI durante los principales picos de extensión e intensidad de la sequía. Las tres tonalidades de grises indican sequías moderadas (SPI entre -1 y -1,5), intensas (entre -1,5 y -2) y extremas (< -2).

de las provincias de Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos. Las mayores pérdidas de todo el período seco se produjeron en la cosecha de gruesa de la campaña 2008-09. Los rendimientos de maíz sólo fueron acordes a lo esperado en Córdoba, mientras que cayeron entre 25 y 45% en el resto de la región. Las caídas en la soja fueron aun mayores, 20-30% en la zona núcleo y 40-60% en La Pampa y sur de Buenos Aires.

En jun/09 la parte este de la región se encontraba recuperada, pero la sequía afectaba a Córdoba, La Pampa y el oeste de Buenos Aires. Durante la primavera se sumó Córdoba al área recuperada y las con-

diciones permanecieron secas en el resto del área afectada hasta el mes de noviembre. Las sub-regiones donde se vieron más afectados los rendimientos de trigo en 2009 fueron la 3 (-23% en Río Cuarto) y la 5 (-50% en Maracó).

#### CONCLUSIONES

Durante el período 2007-2009 la Región Pampeana ha sido afectada por una sequía de características particulares, tanto por su intensidad como por su duración y extensión geográfica. Es importante

destacar que los valores de SPI que se obtuvieron para algunas localidades de Buenos Aires y Santa Fe indican la mayor intensidad de sequía de los últimos 50 años. La sequía afectó, en mayor o menor medida y distintos momentos, los rendimientos de granos en toda la región. Este período seco extenso pudo haber estado asociado a la persistencia de condiciones de La Niña en el océano Pacífico ecuatorial. Sin embargo, no hubo una relación directa entre la intensidad de ambos fenómenos (La Niña y sequías), ya que las sequías más intensas se produjeron durante el verano 2008-09 cuando la intensidad de La Niña era leve.

Esto refuerza el concepto de que el fenómeno ENOS, si bien es la mayor fuente de variabilidad climática en la Región Pampeana, no es la única, y que otros factores que aun necesitan ser estudiados con mayor profundidad actúan reforzando o debilitando su señal.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto de investigación UBACYT G078.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALMEIRA, G.J. and B. SCIAN. 2006. Some atmospheric and oceanic indices as predictors of seasonal rainfall in the Del Plata Basin of Argentina. *Journal of Hydrology* 239: 350-359.
- BYUN, H.R. and D.A. WILHITE. 1999. Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate* 12: 2747-2756.
- CASTAÑEDA, M.E. y V. BARROS. 1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. *Meteorologica* 19: 23-32.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 2003. Disponibilidad de agua para los cultivos en la región oriental de la Argentina en el período 1961-2000. *Revista de la Facultad de Agronomía* 23(2-3): 169-180.
- DRACUP, J.A.; K.S. LEE and E.G. PAULSON. 1980. On the statistical characteristics of drought events. *Water Resources Research* 16: 289-296.
- FAUBA. 2010. Probabilidad de situación hídrica al final del mes en curso. Centro de Información Agroclimática (CIAg), Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. [http://www.agro.uba.ar/centros/ciag/mapas/spi/prob\\_spi](http://www.agro.uba.ar/centros/ciag/mapas/spi/prob_spi)
- GRIMM, A.M.; V.R. BARROS and M.E. DOYLE. 2000. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate* 13: 35-58.
- GUTTMAN, N.B. 1999. Accepting the standardized precipitation index: a calculating algorithm. *Journal of the American Water Research Association* 35: 311-323.
- HAYES, M.J.; M. SVOBODA; D.A. WILHITE and O. VANYARKHO. 1999. Monitoring the 1996 drought using the SPI. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80: 429-438.
- HEIM, R.R. 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society* 83: 1149-1165.
- McKEE, T.B.; N.J. DOESKEN and J. KLEIST. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Preprints*. 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Anaheim, California. pp 179-184.
- MURPHY, G.M. 2010. El clima y el crecimiento de la producción agrícola. En: L. Reca, D. Lema y C. Flood (eds.). El crecimiento de la agricultura argentina. Medio siglo de logros y desafíos. Ed. Facultad de Agronomía, Buenos Aires. pp 117-140.
- MURPHY, G.M. y L. SERIO. 2006. Cálculo de la probabilidad mensual de alcanzar distintas categorías de sequías definidas por medio del Índice Estandarizado de Precipitación. *Actas*, XI Reunión Argentina de Agrometeorología. Asociación Argentina de Agrometeorología, La Plata. pp 72-73.
- RAVELO, A.C. 2000. Caracterización agroclimática de las sequías extremas en la región pampeana argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía* 20(2): 187-192.
- SCIAN, B. 1997. Comparación entre el índice de precipitación estandarizado y otros índices hidrológicos para la región pampeana. *Meteorologica* 22: 37-47.

- SEILER, R.A.; y L. BRESSAN. 2000. Uso del índice estandarizado de precipitación para la evaluación permanente del riesgo de inundaciones. *Revista de la Facultad de Agronomía* 20(2): 229-234.
- SERIO, L.A. y G.M. MURPHY. 2008. Umbrales de precipitación para distintas categorías del Índice Estandarizado de Precipitación en la región pampeana. *Revista Argentina de Agrometeorología* 7-8 (en prensa).
- SERIO, L.A.; P.B. MARTIN y G.M. MURPHY. 2010. Evaluación de una metodología de pronóstico estadístico para la condición hídrica del suelo en la región pampeana argentina. *Agriscientia* 27(1): 11-17.
- SIERRA, E.; R. HURTADO y L. SPESCHA. 1994. Corrimiento de las isoyetas anuales medias decenales en la región pampeana 1941-1990. *Revista de la Facultad de Agronomía* 14(2): 139-144.
- STEINEMANN, A. 2003. Drought indicators and triggers: a stochastic approach to evaluation. *Journal of the American Water Research Association* 39: 1217-1233.
- THOM, H. 1958. A note on the Gamma distribution. *Monthly Weather Review* 86: 117-122.
- VALIENTE, O.M. 2001. Sequías: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones Geográficas* 26: 59-80.
- WILHITE D.A. and M.H. GLANTZ. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* 10: 111-120.