

Evaluación de la sequía 2008-2009 en el oeste de la Región Pampeana (Argentina)¹

GUILLERMO T. D'AMBROSIO² | VANESA Y. BOHN³ ✉ | M. CINTIA PICCOLO⁴

Recibido: 03/10/2012 | Aceptado: 27/05/2013

Resumen

Se analiza la variabilidad de la precipitación y los efectos de la sequía en la extensión areal del Dique Paso de las Piedras y en la actividad agrícola del Oeste de la región pampeana (Argentina) durante los años 2008-2009. La metodología incluye la aplicación del Índice Estandarizado de Precipitación, el procesamiento digital de imágenes satelitales y el análisis de los rendimientos productivos de cuatro cultivos de la región.

El Índice Estandarizado de Precipitación ha indicado sequía meteorológica en los años 2008 y 2009. En 2009 el rendimiento de los cultivos ha disminuido entre el 25 y 65 % con respecto a años anteriores. La extensión areal del dique ha disminuido un 52 % en 2009 en relación a períodos húmedos.

Palabras clave: variabilidad de la precipitación, sequía, rendimientos productivos, imágenes satelitales, actividad agrícola.

Abstract

Evaluation of the 2008-2009 Drought in the West of the Pampean Region (Argentina).

The rainfall variability and drought effects in the Paso de las Piedras Dam and farming were analyzed in the western pampean region (Argentina) for the 2008-2009 years. The methodology includes the Standardized Precipitation Index application, the satellite image processing and the production yields analysis of four crops of the region.

The Standardized Precipitation Index was showed meteorological drought in the 2008 and 2009 years. The production of yields has decreased between 25 and 65 % during 2009 compared to previous years. The dam area has decreased 52 % in 2009, in relation with wet periods.

Keywords: rainfall variability, drought, production yields, satellite images, agriculture.

1. Los autores agradecen al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), Dirección de Comunicaciones de la provincia de La Pampa (DCLP), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina (MAGyP), al Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur (UNS) y al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). El presente trabajo se realiza en el marco del Proyecto Grupos de Investigación (PGI) Estudio Integrado de lagunas pampeanas (Provincia de Buenos Aires) (24/G059) subsidiado por la UNS.

2. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Argentina

3. Dpto. de Geografía y Turismo y Dpto. de Geología. Univ. Nacional del Sur. Argentina. vbohn@criba.edu.ar

4. Dpto. de Geografía y Turismo. Univ. Nacional del Sur; Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET). Argentina

Résumé

Evaluation de la sécheresse entre 2008 et 2009 dans l'ouest de la Région Pampeana (Argentine).

Les effets de la variabilité des précipitations et de la sécheresse dans le barrage de Paso de las Piedras et de l'agriculture ont été analysés dans la région occidentale Pampa (Argentine) pour les années 2008-2009. La méthodologie comprenait l'application Standardized Precipitation Index, le traitement d'images satellite et de l'analyse des rendements de production de quatre cultures de la région.

L'indice de précipitations normalisé a montré la sécheresse météorologique dans les exercices 2008 et 2009. La production de rendements ont baissé entre 25 et 65 % en 2009 par rapport aux années précédentes. La zone du barrage a diminué de 52 % en 2009, en relation avec les périodes humides.

Mots-clés: variabilité des précipitations, la sécheresse, les rendements de production, des images satellites, de l'agriculture.

1. Introducción

La variabilidad climática a corto plazo es originada por la suma de eventos meteorológicos producidos a diferentes escalas espaciales y temporales. Ésta se observa en períodos de días, meses y estaciones del año. En cambio, la variabilidad climática a largo plazo, se caracteriza por cambios significativos en la frecuencia y en los valores medios a una escala temporal de años o décadas (Parker y Folland, 1988).

Las sequías son consecuencia de la variabilidad climática a largo plazo. Es una condición de clima anormalmente seco respecto de las condiciones normales esperadas. Dentro de la distribución de frecuencia de precipitación para un periodo relativamente extenso, la sequía corresponde a intervalos de déficit pluviométrico respecto del valor normal. Estos fenómenos presentan un desarrollo temporal y una cobertura espacial superior a otras condiciones hidrometeorológicas como las crecidas o inundaciones (Vergara et al., 2008).

La sequía se diferencia de la aridez, por ser un fenómeno climático temporal, que puede ocurrir en cualquier región del planeta, en diferentes regímenes térmicos y de precipitación, afectando las diversas formas de vida y a los asentamientos humanos (Sanz, 2006). El concepto incluye elementos físicos y humanos en una secuencia temporal relativamente prolongada que provoca diferentes consecuencias según el área geográfica afectada (Morales et al., 1999). Actualmente, son los aspectos vinculados al hombre los que tienen un mayor peso en la valoración del fenómeno natural de la sequía. En relación a ello, un gran número de estudios realizados a nivel mundial, regional y local, han coincidido en definir y caracterizar a las sequías como un fenómeno complejo que comprende aspectos meteorológicos, hidrológicos, ambientales y socioeconómicos (Valiente, 2001). De acuerdo al tipo de consecuencias y al tiempo que dura el fenómeno, las sequías se clasifican en meteorológicas, agrícolas, hidrológicas y socioeconómicas. En relación a la sequía meteorológica, consiste en la desviación de la precipitación respecto del valor promedio durante un período de tiempo determinado (ej.: año seco). Asimismo, se la define como la falta prolongada de precipitaciones, siempre que ésta sea inferior a la precipitación media. Dependiendo del tiempo que dure la falta de precipitaciones, será la intensidad de la sequía (Russell et al., 1970).

La sequía agrícola ocurre cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permitir el normal desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. La sequía hidrológica por su parte, se produce cuando hay una deficiencia en el caudal o volumen de las aguas superficiales o subterráneas. Por último, la sequía socioeconómica se origina cuando la disponibilidad de agua disminuye afectando a las diversas actividades de la población (Wilhite y Glantz, 1985; Brown et al., 2008; Salamanca et al., 2011). En relación a ello, Olcina (2001) definió tres tipos de sequía climática para España: sequías cantábricas, ibéricas, surestinas y canarias. Las mismas fueron diferenciadas sobre la base del análisis de datos pluviométricos y efectos territoriales y económicos padecidos por la disminución de lluvias en las regiones españolas a lo largo del siglo XX. Esta caracterización de secuencias secas surgió como una necesidad, desde el punto de vista del manejo del recurso hidrológico, ante la diferencia en frecuencia y duración de las sequías en las diferentes regiones de España (Olcina, 2001).

Vicente y Cuadrat (2004) demostraron la eficiencia del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) e índices de precipitación en el estudio de períodos secos en el Valle del Ebro (España). Entre los principales resultados, detectaron una relación entre la producción de trigo y las precipitaciones. La distribución espacial así como también la duración media de los períodos más secos fue estudiada por Luengo et al. (2002) para la cuenca del Duero. Asimismo, introdujeron los conceptos de sequía, como situación prolongada en el tiempo de falta de precipitaciones y el de racha seca, como período caracterizado por la consecución de un determinado número de días sin precipitación apreciable.

Como resultado obtuvieron que, a mayor duración de las rachas secas (en días) mayor era la semejanza del área estudiada con las estaciones meteorológicas del sur del territorio peninsular español. Asimismo determinaron que el incremento de la duración de las rachas secas podría condicionar las prácticas agrícolas actuales (como consecuencia de la escasa disponibilidad del recurso hídrico) (Luengo et al., 2002).

A escala regional, Carbone y Piccolo (2004) analizaron la ocurrencia de eventos secos en la localidad de Tres Arroyos (Argentina) durante el período 1930-1975. Tras la aplicación del Índice de Severidad de Sequía de Palmer detectaron 17 meses con condiciones de máxima sequía mientras que el 34 % del período estudiado se caracterizó por sequías débiles e incipientes. Por su parte, Bohn et al. (2011) indicaron que los períodos secos más prolongados en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) se produjeron partir del año 2005 hasta fines de 2011 en el sector Oeste y durante la década de 1970 en los sectores central (1977-80), Este (1971-74) y Oeste (1971-74) del área de estudio.

Dada la importancia de los períodos secos en la actividad agrícola, el objetivo de la presente investigación es analizar la variabilidad de la precipitación en el Oeste de la región pampeana (Argentina) (Figura 1) durante períodos superiores a 30 años. Se analizarán los efectos de la sequía meteorológica ocurrida en los años 2008-2009 en relación a la superficie de espejos de agua (Dique Paso de las Piedras) y a la actividad agrícola de la región.

2. Área de estudio

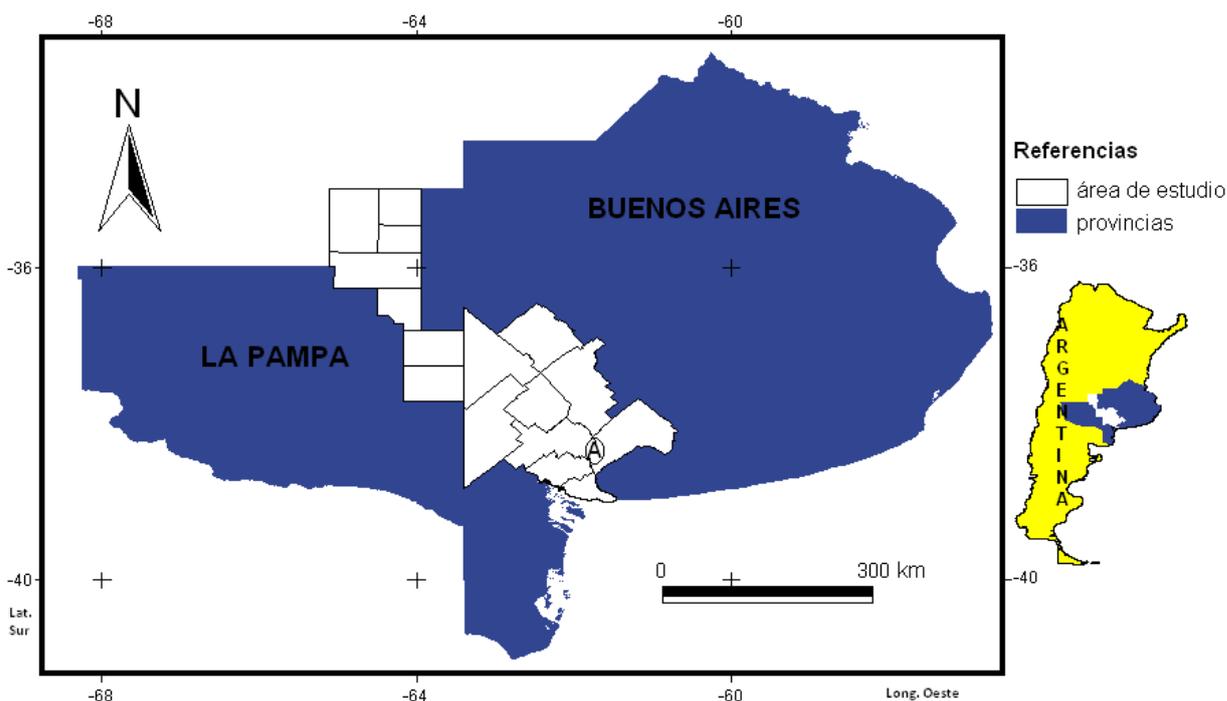
El área de estudio se localiza en el sector Sudoeste de la provincia de Buenos Aires y Noreste de la provincia de La Pampa (Argentina) (Mapa 1) y forma parte de la denominada región pampeana Argentina. Corresponde a un clima templado de transición, subhúmedo o semiárido de dominio

Atlántico, con un régimen térmico de clima continental atenuado por la influencia marina. Las temperaturas medias anuales varían entre 14 y 20° C. Durante las estaciones de verano e invierno, son frecuentes los valores extremos, presentando significantes olas de calor y de frío ocasionando problemas a la población y a sus principales actividades económicas (Campo et al., 2009).

Las precipitaciones del área de estudio están afectadas por el desplazamiento de las masas de aire que surgen de los principales centros de presión y los eventos climáticos a escala planetaria. El fenómeno ENSO (El Niño Oscilación del Sur) genera anomalías extremas positivas de precipitaciones durante “El Niño” y anomalías extremas negativas durante “La Niña”, produciendo grandes ciclos de sequías e inundaciones (Capelli et al., 1994).

La región presenta predominio de actividades ganaderas y agrícolas de rotación y secano. A lo largo de los años, la actividad humana ha ido modificando y reduciendo la vegetación natural, suplantándola por cultivos anuales (trigo, avena, girasol, maíz, sorgo y soja), forrajeras perennes y forrajeras anuales. El proceso de formación de los suelos, combinado con un clima templado y el desarrollo de loess pleistocénico, han convertido especialmente a la región pampeana argentina, en una de las seis regiones potencialmente más agroproductivas de todo el mundo (Pengue, 2001).

Mapa 1. Localización del área de estudio (provincias de Buenos Aires y la Pampa, Argentina)



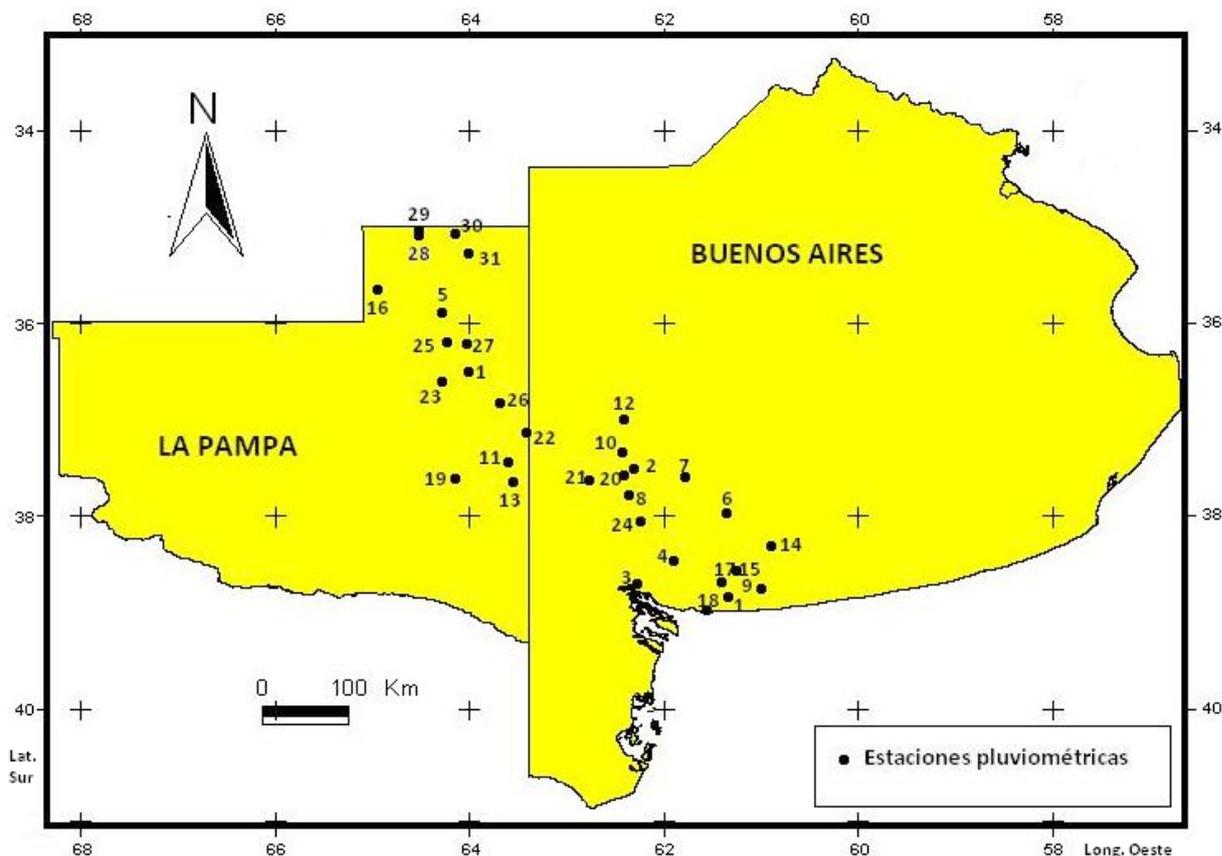
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INTA (2011). Se indica con (A) la localización del Dique Paso de las Piedras.

3. Metodología

La información pluviométrica fue obtenida de las bases de datos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Dirección de Comunicaciones de la provincia de La Pampa (DCLP). Se analizaron 31 estaciones pluviométricas de las

cuales 17 contaron con registros mensuales superiores a 30 años. Los restantes registros fueron diarios y brindaron datos correspondientes al período 2003-2009 (Mapa 2).

Mapa 2. Localización de estaciones meteorológicas en el área de estudio.



Las referencias indican: 1. Anguil, 2. Arroyo Corto, 3. Bahía Blanca, 4. Cabildo, 5. Eduardo Castex, 6. Coronel Pringles, 7. Coronel Suárez, 8. Dufour, 9. El Perdido, 10. Espartillar, 11. General M. Campos, 12. Guaminí, 13. Guatraché, 14. Indio Rico, 15. La Luna, 16. La Maruja, 17. La Reforma, 18. Pehuén C6, 19. Per6, 20. Pig6, 21. Puan, 22. Rol6n, 23. Santa Rosa, 24. Tornquist, 25. Winifreda, 26. Miguel Riglos, 27. M. Mayer, 28. Parera, 29. Quetrequ6n, 30. Falucho y 31. Ojeda.

Fuente: Elaboraci6n propia a partir de datos cedidos por INTA, DCLP y SMN.

Para el an6lisis de la sequía meteorol6gica 2008-2009 se realiz6 el trazado de las isohietas a partir de los registros pluviom6tricos del 6rea de estudio (Mapa 2) y mediante la aplicaci6n del Sistema de Informaci6n Geogr6fica (SIG) Arc View 3.2. Se aplic6 el 6ndice Estandarizado de Precipitaci6n (IEP) (McKee et al., 1993) para la detecci6n de per6odos secos, normales y h6medos. El 6ndice representa la distribuci6n y frecuencia de la precipitaci6n en un lugar determinado a una escala de inter6s, con una funci6n de densidad transformada a una funci6n normal estandarizada (media equivalente a 0 y varianza igual a 1) (McKee et al., 1993).

Respecto a la categorizaci6n de los valores de referencia del IEP, los registros con precipitaciones mayores a 1, se consideran h6medos, en tanto, los registros con precipitaciones menores a -1 se consideran secos. Los per6odos para los que el valor del IEP se encuentra entre -0.99 y 0.99 son considerados normales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice estandarizado de precipitación

Valores IEP	
2.0 o más	Extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	Muy húmedo
1.0 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Casi normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-1.5 a -1.99	Muy seco
-2 o menos	Extremadamente seco

Fuente: McKee, T.B. y otros, 1993

De acuerdo a la escala temporal, el IEP puede ser calculado mensualmente, es decir, se lo relaciona directamente con el desvío de las precipitaciones mensuales. Su aplicación en esta escala se utiliza fundamentalmente para detectar la humedad en el suelo y el stress vegetativo. El IEP para las escalas 3, 6 y 12 meses, compara la precipitación acumulada de 3, 6 y 12 meses consecutivos respecto del valor histórico (Donnari y Scian, 1993).

En la presente investigación el IEP fue aplicado a escala anual y mensual sobre la base de los datos pluviométricos correspondientes al período 1959-2009 (estaciones correspondientes al partido de Puan y al departamento de Anguil) y 1969 -2009 (estación Bahía Blanca) (Mapa 2).

En relación al estudio de los efectos de la sequía meteorológica 2008-2009 se analizaron datos de rendimiento de cuatro cultivos de la región y se analizó la variación de la superficie de la lámina de agua en el Dique Paso de las Piedras (DPP). Para el análisis del rendimiento de los principales cultivos del área de estudio se utilizó información brindada por el INTA y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina (MAGyP). Las bases de datos incluyen estimaciones agrícolas por departamento/partido, en las que se proporciona información referida a la cosecha, producción y rendimiento de las últimas 10 campañas agrícolas a partir del año 2000. Los datos de rendimientos agrícolas fueron procesados mediante planillas de cálculo y luego integrados en el SIG.

La extensión areal del DPP fue calculada para los años 2001 (húmedo), 2007 (normal) y 2009 (seco). La detección del área se realizó mediante el procesamiento digital de 3 imágenes satelitales Landsat 5 TM (Path/Row 226/087) (CONAE) correspondientes a la estación de primavera de cada uno de los años mencionados. Se utilizó el software ENVI 4.7 y el SIG. La etapa de procesamiento incluyó las correcciones geométrica y atmosférica según el método de Song et al. (2001). La detección del cuerpo de agua y el cálculo de su área (km²) fue realizada mediante clasificación no supervisada (método de paralelepípedo).

4. Resultados

4.1. Análisis de la precipitación: distribución espacial

El análisis de los valores medios anuales (Cuadro 2) demostró que las precipitaciones varían entre los 850 mm en el centro-Este del área de estudio y los 550 mm anuales en el Sudoeste (Mapa 3a). En el año 2008 se observó una disminución en las precipitaciones respecto de los valores normales (Mapa 3b): se observaron 750 mm en el sector Norte y 350 mm en el Sudoeste del área de estudio.

Cuadro 2. Valores normales de precipitación anual

Localidad	Precipitación normal (1979-2009)
Anguil	767
Bahía Blanca	628
C. Suárez	780
Pigüé	754
Tornquist	777
Puan	799
C. Pringles	823
Santa Rosa	732

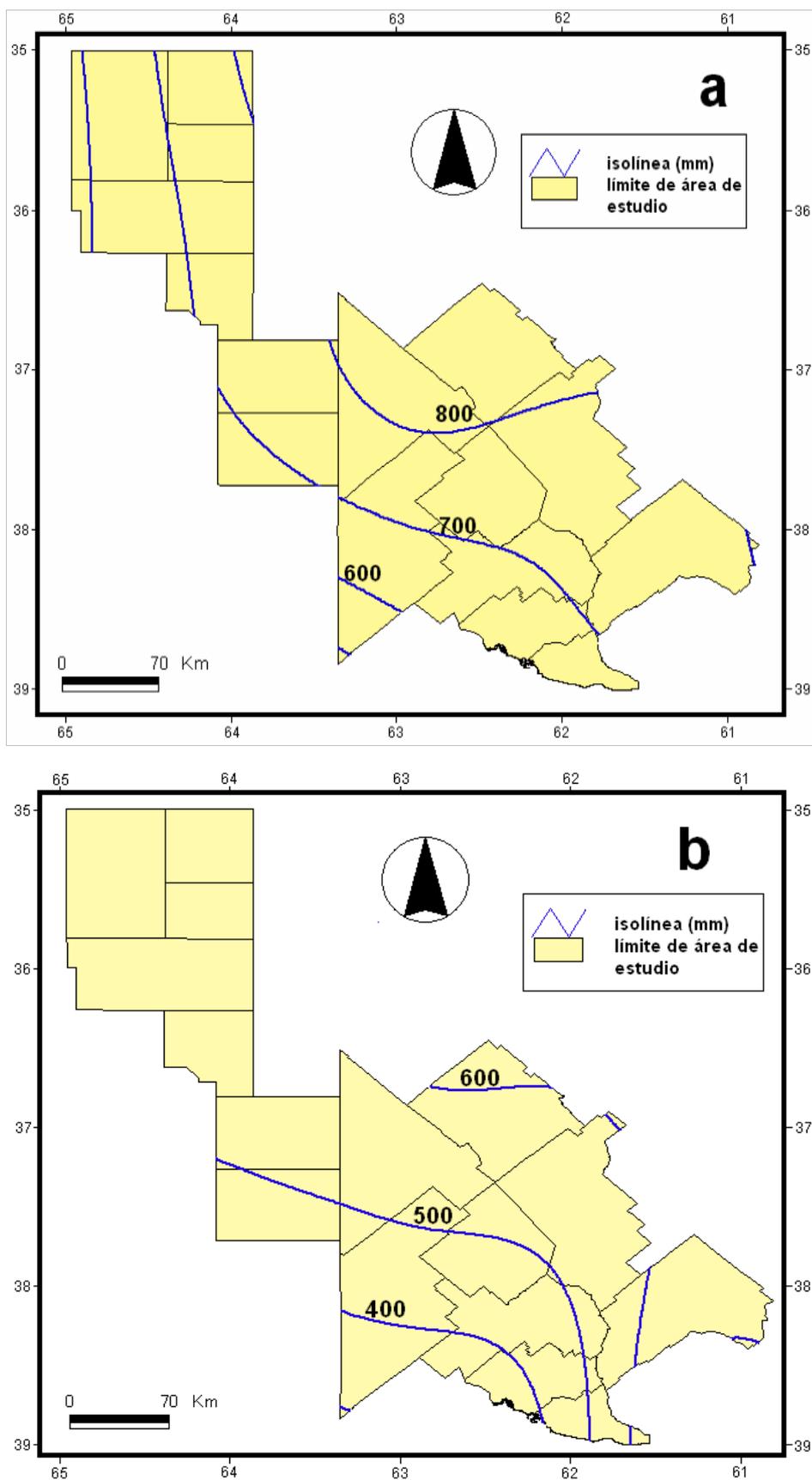
Fuente: Elaboración propia a partir de datos pluviométricos anuales (1979-2009) de algunas localidades del área de estudio (Figura 1). Datos provistos por el INTA

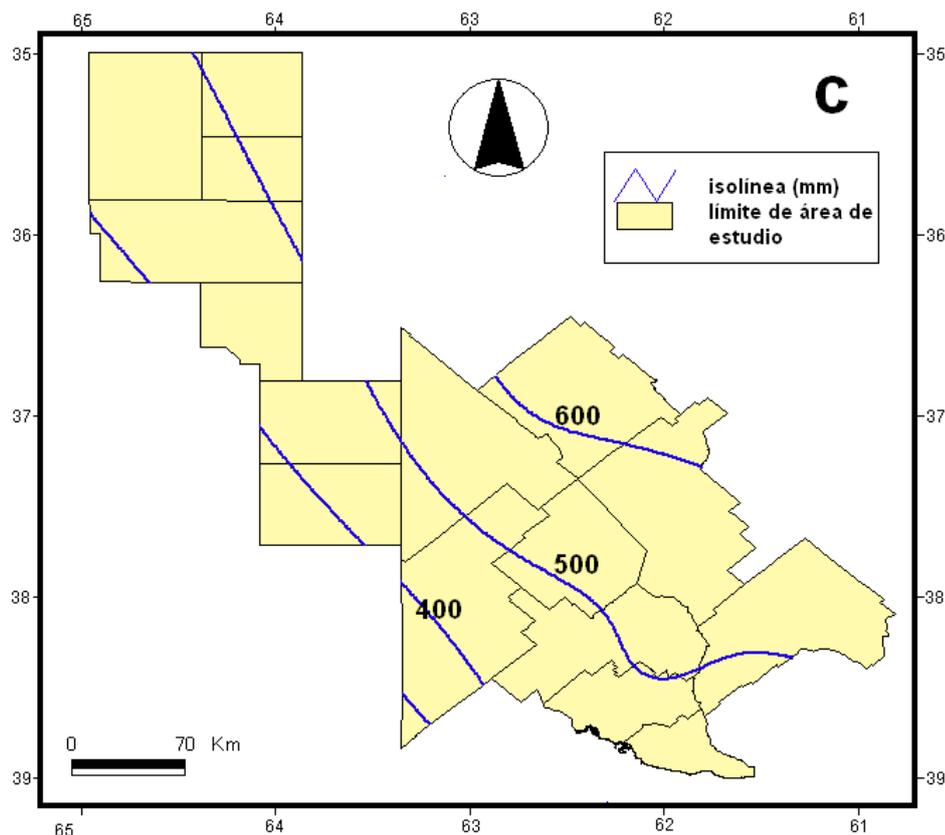
Durante el año 2009, de forma similar al comportamiento observado en 2008, los datos señalaron una disminución en las precipitaciones respecto a los valores normales. Las máximas precipitaciones ocurrieron en el Noreste, alcanzando los 700 mm/año, disminuyendo hasta los 300 mm en el Sudoeste de la región (Figura 3c). La distribución espacial de las precipitaciones mostró una disminución de las mismas en sentido Noreste-Sudoeste, de 600 mm a 350 mm (Mapa 3c).

4.2. Aplicación del índice estandarizado de precipitación

Se analizó la variabilidad de las precipitaciones, mediante la aplicación del IEP a distintas escalas temporales. El IEP a escala mensual en el Sur de la región de estudio (estación Bahía Blanca, período 1969-2009) reflejó la alternancia de períodos húmedos y secos. El 17% de los registros históricos fue clasificado como períodos *extremadamente húmedos*, *muy húmedos* y *moderadamente húmedos* mientras que el 68 % de los años fueron considerados *normales* y un 15% fue categorizado como *moderadamente secos*, *muy secos* y *extremadamente secos*. Durante el período 2008-2009 sólo se detectó un mes *moderadamente húmedo* (diciembre de 2009). El 75% correspondió a valores *normales* y los meses de abril de 2008, agosto y noviembre de 2009, fueron considerados *moderadamente secos*, *muy secos* y *extremadamente secos*, respectivamente.

Mapa 3. Distribución espacial de la precipitación



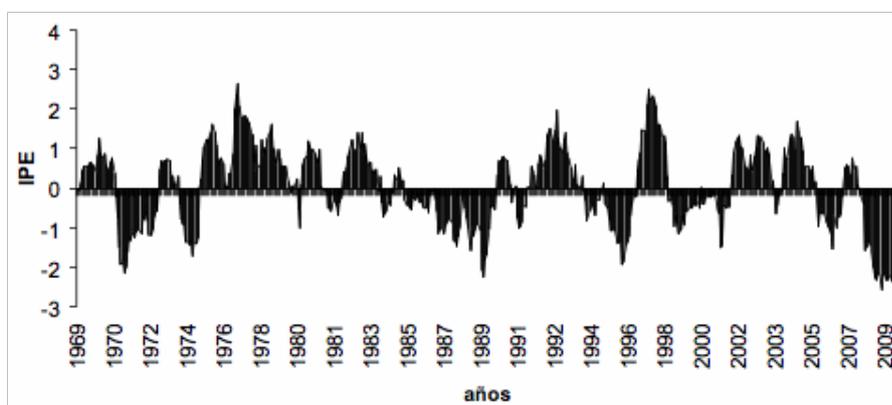


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INTA, DCLP y SMN. Las referencias indican: A. Valores normales (período 1959-2009), B. Valores anuales (2008) y C. Valores anuales (2009).

En cuanto al IEP a escala anual en la estación Bahía Blanca (período 1969-2009), se observó un mayor porcentaje de períodos húmedos y secos respecto de la escala mensual (Gráfico 1). El 46% de los años del período correspondieron a las categorías *normal* a *extremadamente húmedo* (ej.: 1980-1984) mientras que, el 54% restante mostró valores *normales* a *extremadamente secos* (ej.: 1994-1996 y 2008-2009).

El período 2008-2009, presentó un IEP correspondiente a las categorías *normal* a *extremadamente seco*. El 87% de los registros mensuales para estos dos años, presentó condiciones de sequía.

Gráfico 1. IEP (12 meses). Sector sur del área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de datos cedidos por INTA, DCLP y SMN. Estación Bahía Blanca, período 1969-2009.

El análisis del IEP a escala mensual para el sector central del área de estudio (estación Puan, período 1959-2009) mostró alternancia de períodos secos y húmedos (Gráfico 2). Los registros pluviométricos analizados mostraron un 15% de períodos *extremadamente húmedos*, *muy húmedos* y *moderadamente húmedos*.

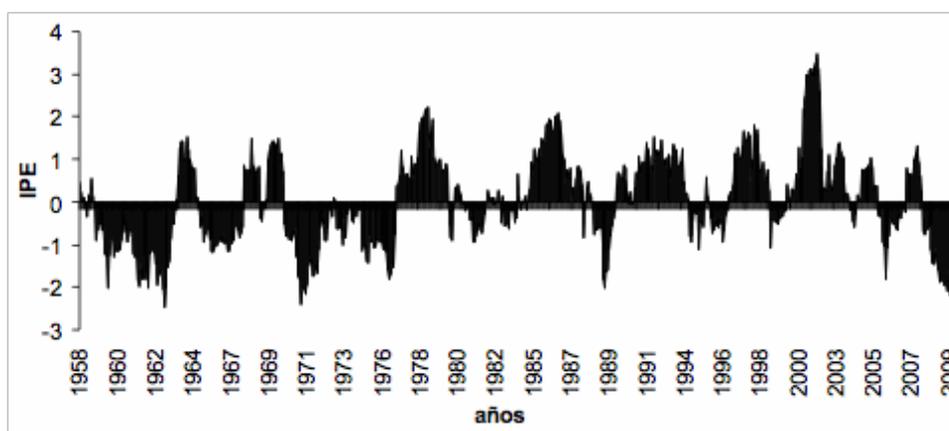
El 72% de los registros analizados correspondieron a períodos *normales*, mientras que el 13% fueron categorizados como períodos *secos*. Los meses de enero y noviembre de 1971, septiembre y noviembre de 1994 y enero de 2009 fueron categorizados como *muy secos* mientras que no se detectaron valores pluviométricos correspondientes a la categoría *extremadamente seco*.

En los años 2008 y 2009 no se registraron meses húmedos, el 79% de los registros fueron categorizados como *normal* con tendencia a una sequía *moderada*. El 21% de los datos correspondió a la clase de sequía *moderada* (ej.: enero y abril de 2008).

Tras la aplicación del IEP a escala anual para el sector central del área de estudio (estación Puan, período 1959-2009) se obtuvo que el 2,9% del período analizado se asoció a la categoría *extremadamente húmedo*, *muy húmedo* y *moderadamente húmedo*, destacándose los años 1978, 1986 y 2001. El 65% de los datos correspondió a la categoría *normal* y el 35% presentó tendencia a una *sequía moderada*. El 16% de los registros pluviométricos pertenecieron a las categorías *moderadamente secos*, *muy secos* y *extremadamente secos*.

En el período enero de 2008-enero de 2009, la aplicación del IEP a escala mensual indicó características de sequía *moderada*. Los meses de febrero-julio de 2009 se caracterizaron como *muy secos* mientras que, el período agosto-diciembre de 2009, presentó sequía extrema.

Gráfico 2. IEP (12 meses). Sector central del área de estudio

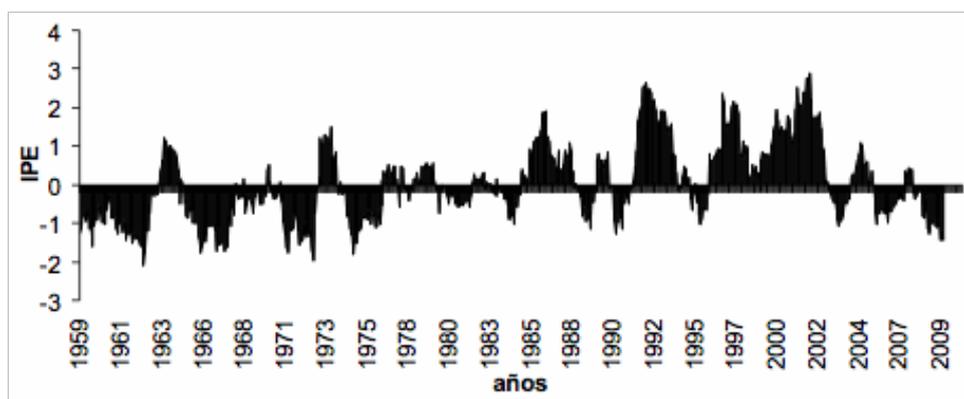


Fuente: Elaboración propia a partir de datos cedidos por INTA, DCLP y SMN.
Estación Puan, período 1959-2009.

Como resultado del análisis del IEP a escala mensual, para la estación Anguil (Noroeste del área de estudio, período 1959-2009) se observó la alternancia de períodos secos y húmedos (Gráfico 3). El 83% de los meses se caracterizó como *moderadamente húmedo*, *muy húmedo* y *extremadamente húmedo* (ej.: octubre de 2000, febrero y abril de 2001). El 9% de los registros pluviométricos correspondieron a meses *moderadamente húmedos* (ej.: julio y octubre de 1960, febrero y abril de 1998). En tanto, el porcentaje de meses con humedad moderada fue del 9,3 % mientras que el 66 % de los registros fue considerado *normal*. El 11% de los meses del período analizado correspondió a las categorías relacionadas con la sequía.

En los años 2008 y 2009, el 78% de las precipitaciones mensuales se clasificaron como *normales*. Los meses de enero, marzo y abril de 2008 y enero de 2009, se consideraron *moderadamente secos* y *muy secos*. En relación al IEP a escala anual (período 1959-2009) el 16,5% de los registros correspondieron a las categorías moderadamente húmeda, muy húmeda y extremadamente húmeda (Gráfico 3) y el 66% de los casos presentaron un IEP *normal*. Los períodos más largos con déficit hídrico fueron: 1952-1962, 1965-1967, 1971-1972, 1975-1977 y 2009.

Gráfico 3. IEP (12 meses). Sector noroeste del área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de datos cedidos por INTA, DCLP y SMN. Estación Anguil, período 1959-2009.

La aplicación del IEP a escala anual mostró que los años 2008 y 2009 experimentaron sequía meteorológica. La distribución anual de las precipitaciones en la estación Bahía Blanca fue similar entre los años 2008 y 2009. Para las estaciones de Puan y Anguil, se evidenciaron períodos normales (primeros meses del año 2008) con transición a las categorías *moderadamente seco*, *muy secos* y *extremadamente seco*.

4.3. Análisis de la variación de la extensión areal del Dique Paso de las Piedras

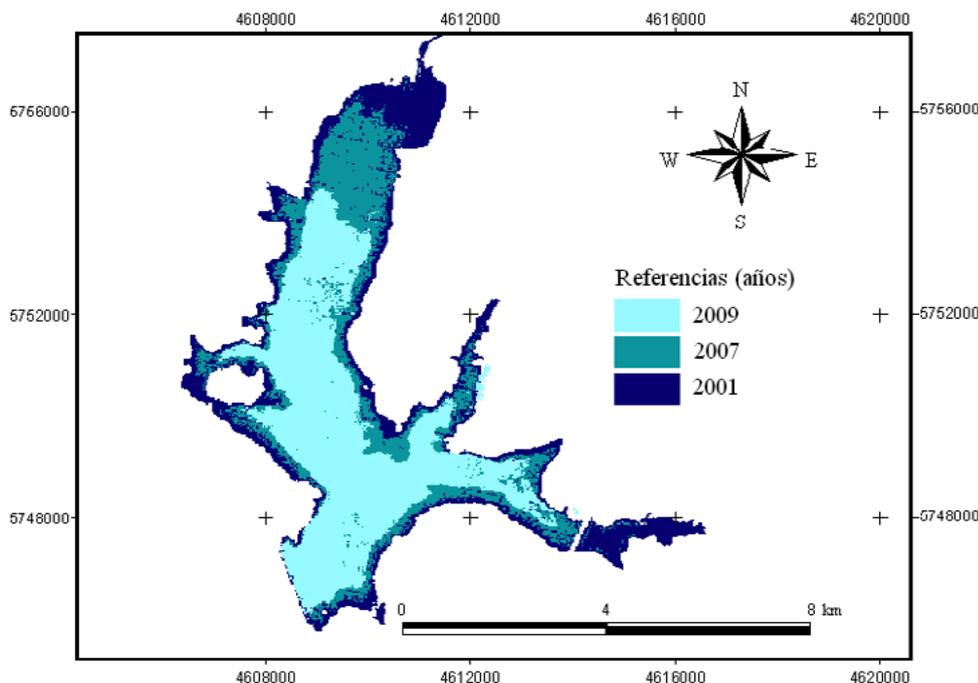
El Dique Paso de las Piedras (DPP) (Mapa 1) provee de agua potable a núcleos urbanos del Sur del área de estudio. Su profundidad y superficie máximas han sido estimadas en 28 m y 40 km², respectivamente (Marini, 2009). Durante el año 2009 el DPP fue afectado por la sequía meteorológica ocurrida en toda la región, lo cual se manifestó en una considerable disminución de la superficie cubierta por agua con respecto a períodos húmedos y normales (Marini, 2009).

Con el objetivo de evaluar la variación multitemporal del área del DPP se seleccionaron años correspondientes a períodos húmedos (2001), normales (2007) y secos (2009). Dicha selección se realizó a partir del análisis de las precipitaciones anuales en las estaciones pluviométricas de la región. En la estación ubicada en cercanías del DPP, las precipitaciones de los años 2001 y 2007 alcanzaron los 1009 mm y los 839 mm, respectivamente. Con montos inferiores, en el año 2009 las precipitaciones anuales fueron de 652 mm. Las máximas precipitaciones se observaron en noviembre, diciembre y marzo con un total de 436 mm. En los meses restantes, las precipitaciones fueron inferiores a los 60 mm/mes.

Como resultado del procesamiento digital de las imágenes satelitales correspondientes a los años 2001 (06/12), 2007 (25/09) y 2009 (10/11) se obtuvo la variación areal del DPP en períodos pluviométricamente diferentes. En el año 2001 la superficie de agua fue superior a la de los años

2007 y 2009. En ese año la superficie ocupada por la lámina de agua del DPP superó los 29 km² mientras que en el año 2007 sólo alcanzó los 20,54 km² (una disminución del 30% aproximadamente). En el año 2009, considerado como año seco, la superficie ocupada por agua fue de 14,05 km², experimentando una reducción de 52% en relación con al año húmedo (2001) y de 31 % en relación al año normal (2007) (Mapa 4).

Mapa 4. Variación espacio-temporal del Dique Paso de las Piedras



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Landsat 5 TM (CONAE) correspondiente a la primavera de los años 2001, 2007 y 2009.

4.4. Rendimiento de los principales cultivos durante la campaña 2009

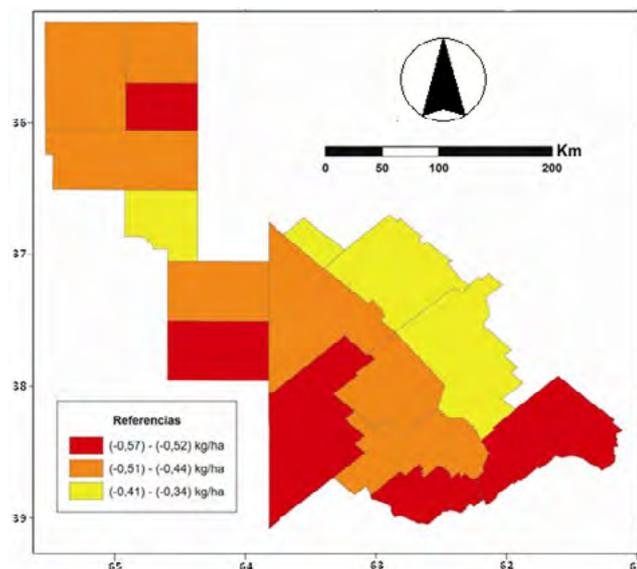
La sequía meteorológica ocurrida en el año 2009 generó pérdidas económicas a los agricultores como consecuencia del bajo rendimiento de los cultivos. La producción de trigo para la campaña 2009 presentó rindes inferiores al 35% respecto de las anteriores campañas (2000-2009) (Mapa 5). En el sector Sur del área de estudio se registró un porcentaje de variación de -57% en los rendimientos productivos. En dicha zona el rendimiento del trigo fue el más bajo. En el centro y Norte del área de estudio los valores porcentuales del rendimiento del trigo se presentaron por debajo del 50% respecto de las últimas 10 campañas (2000-2009).

El rendimiento del trigo se correlacionó con las precipitaciones anuales correspondientes a los años 2004 - 2009. En el sector Sur del área de estudio el rendimiento máximo (2172 kg/ha) del trigo se produjo en 2004 (año en el que las precipitaciones fueron superiores a la normal: 947 mm/año). En tanto, para los años 2008 (670 kg/ha) y 2009 (600 kg/ha) se registraron los valores mínimos en el rendimiento, coincidiendo con las escasas precipitaciones.

En el sector Noreste del área de estudio los máximos rindes (2600 kg/ha) ocurrieron en el año 2004 (precipitación anual=898 mm). En tanto, se observó la disminución de dichos rendimientos en los años 2008 y 2009 con una producción de 2000 kg/ha y 1482 kg/ha, respectivamente. Una situación similar se observó en el Norte y Noroeste de la región. Los rendimientos máximos se

dieron en el año 2004 alcanzando los 2201 kg/ha mientras que, durante los años 2008 y 2009 dicha producción fue inferior a los 800 kg/ha (Mapa 5).

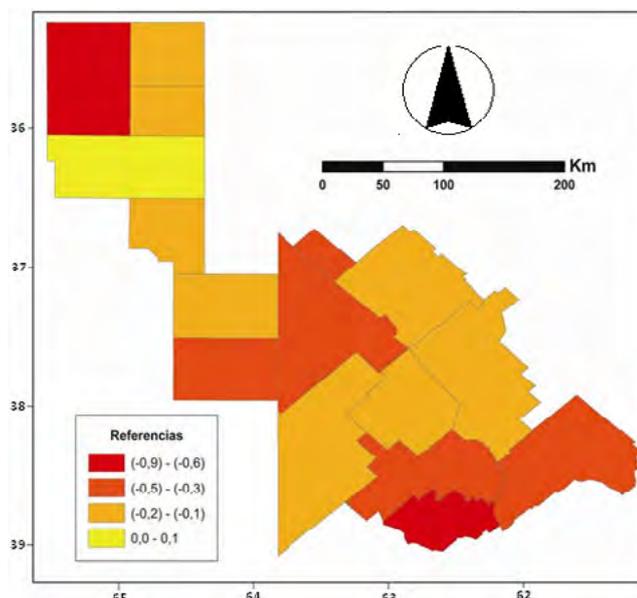
Mapa 5. Rendimiento del trigo (campaña 2009)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos cedidos por INTA y MAGyP. Diferencia (estandarizada) en el rendimiento del trigo en la campaña 2009, en relación con el valor medio de las últimas 10 campañas (2000-2009).

En relación al cultivo del girasol (Mapa 6) también se observó un descenso de su rendimiento durante los años 2008-2009. En el sector Sur del área de estudio se registraron rendimientos inferiores al 60% mientras que en el sector Norte el porcentaje en el rendimiento del girasol durante ambos años disminuyó entre un 50% y un 30% respecto del valor promedio.

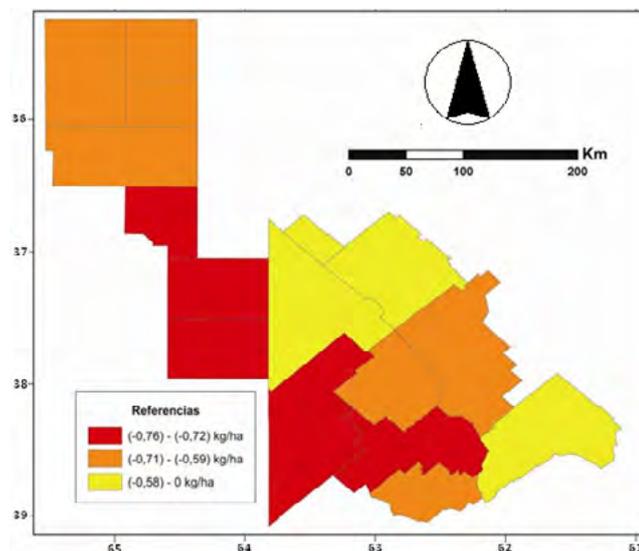
Mapa 6. Rendimiento del girasol (campaña 2009)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos cedidos por INTA y MAGyP. Diferencia (estandarizada) en el rendimiento del girasol en la campaña 2009, en relación con el valor medio de las últimas 10 campañas (2000-2009).

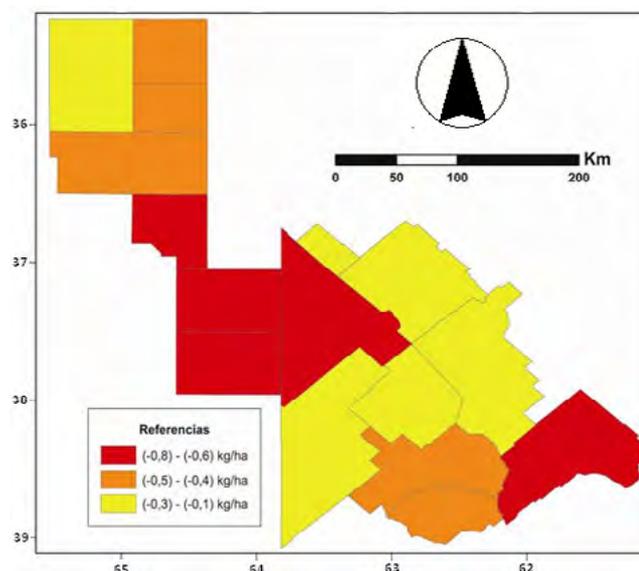
Este fenómeno también fue observado en el rendimiento del cultivo de avena (Mapa 7). En el sector Norte del área de estudio sólo se alcanzó el 30% del rendimiento promedio, con un porcentaje de variación negativo del 76% y 72%.

Mapa 7. Rendimiento de avena (campaña 2009)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos cedidos por INTA y MAGyP. Diferencia (estandarizada) en el rendimiento de la avena en la campaña 2009, en relación con el valor medio de las últimas 10 campañas (2000-2009).

Mapa 8. Rendimiento de cebada cervecera (campaña 2009)

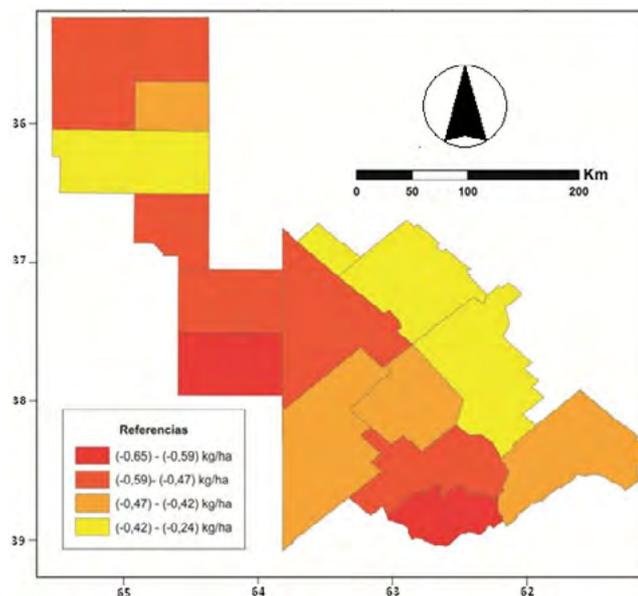


Fuente: Elaboración propia a partir de datos cedidos por INTA y MAGyP. Diferencia (estandarizada) en el rendimiento de la cebada cervecera en la campaña 2009, en relación con el valor medio de las últimas 10 campañas (2000-2009).

El rendimiento de la cebada cervecera durante la campaña 2009 fue inferior al promedio (Mapa 8). La variación en los rindes fluctuó negativamente entre el 80 % y el 60 % en el centro y Norte del área de estudio mientras que en el Sur la variación fue de -40 % / -50 %. En valores medios, los cultivos de trigo, girasol, avena y cebada cervecera en la campaña 2009 tuvieron una variación

porcentual negativa del 60 % aproximadamente respecto del valor promedio. El trigo experimentó el menor rendimiento de los cuatro cultivos, con una disminución del 75 % como consecuencia de la ocurrencia de la sequía meteorológica 2008-2009 (Mapa 9).

Mapa 9. Diferencia total de los cuatro cultivos (campaña 2009)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos cedidos por INTA y MAGyP. Diferencia total de los cuatro cultivos analizados en la campaña 2009, en relación con el valor medio de las últimas 10 campañas (2000-2009).

5. Conclusiones

El área de estudio se identifica como una extensa área semiárida localizada dentro de la región pampeana argentina, bajo la influencia de un clima de transición y caracterizado por una gran variabilidad climática y la alternancia de períodos húmedos y secos. La disminución en las precipitaciones de los años 2008 y 2009 fue la causante de una de las mayores sequías meteorológicas registradas en los últimos 50 años, en dicha región.

Las estaciones meteorológicas ubicadas al Sur del área de estudio registraron una mayor disminución de las precipitaciones en el año 2008 en comparación con el año 2009. Aún así, en ambos años se detectaron 10 meses bajo condiciones de déficit pluviométrico. En el centro del área de estudio, a diferencia de las estaciones ubicadas en el Sur, la sequía meteorológica fue más intensa en el año 2009 respecto del año 2008. Se registró un período de 10 meses con déficit pluviométrico, similarmente al sector Sur. Por último, en las estaciones meteorológicas ubicadas en el Norte del área de estudio los registros pluviométricos indicaron que en el año 2008 la sequía meteorológica fue de menor intensidad. En el año 2009 se detectó una considerable disminución de las precipitaciones, ocasionando una sequía meteorológica que mostró un período de 10 meses con deficiencias hídricas importantes.

Además se observó que en los años 2008 y 2009 las precipitaciones se concentraron en los meses de primavera y otoño, dejando en evidencia la escasez de precipitaciones durante el resto del año. Esta variabilidad originó que se registraran meses *moderadamente secos*, *muy secos* y hasta *extre-*

madamente secos, provocando una situación de sequías meteorológicas que afectaron períodos de varios meses.

La disminución de las precipitaciones y el déficit hídrico resultante ocasionaron consecuencias negativas sobre las actividades agrícolas. Debido a que el área de estudio es una zona con predominio de cultivos de secano, el rendimiento de algunos cultivos disminuyó en forma notoria, principalmente en el año 2009. Este hecho se relaciona con el concepto de sequía agrícola dado que a causa de la disminución de las precipitaciones, dicha situación se manifestó en la disminución del rendimiento de los cultivos.

Entre las consecuencias de la disminución de las precipitaciones durante el período 2008-2009, se detectaron graves problemas en el abastecimiento de agua en núcleos urbanos del área de estudio (Marini, 2009). La disminución registrada en la extensión areal del DPP como consecuencia de la sequía meteorológica generó una sequía hidrológica.

Teniendo en cuenta que en esta zona las sequías meteorológicas son frecuentes y que además perjudican a gran parte de la población, es importante tener en cuenta la periodicidad y frecuencia de estos eventos extremos. Es necesaria la planificación para la toma de decisiones acertadas, con el fin de analizar alternativas viables y prevenir situaciones negativas que afectan a los aspectos ambientales, económicos y sociales de la región. En relación con futuros períodos de años secos, el uso eficiente del agua de origen pluvial aparece como una de las mejores alternativas para la planificación agrícola. En regiones de cultivo de secano, el agua es el principal limitante para la producción ya que limita el crecimiento y la respuesta de los cultivos a la fertilización. El manejo adecuado de las coberturas vegetales aledañas a las zonas de cultivo es otra de las opciones que favorecen a mitigar el efecto de los períodos secos dado su importante rol en el escurrimiento del agua y en el aporte de nutrientes a los suelos.

6. Referencias bibliográficas

- Bohn, Vanesa Yael, Piccolo, María Cintia y Perillo, Gerardo M.E (2011). "Análisis de los períodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina)". *Revista de Climatología*, 11, 31-43.
- Brown Manrique, Oscar, Gallardo Ballat, Yurisel y Pérez Duarte, Wilfredo (2008). "Propuesta de nuevos índices para la evaluación de la sequía agrícola en ecosistemas agrarios". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17 (4), 54-59
- Campo, Alicia, Ramos, María Belén y Zapperi, Paula (2009). "Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense, Argentina". *EGAL Encuentro de Geógrafos de América Latina*. Montevideo, Uruguay.
- Capelli de Steffens, Alicia y Campo de Ferreras, Alicia (1994). *La transición climática en el sudoeste bonaerense*. Bahía Blanca: SIGEO. Universidad Nacional del Sur.
- Carbone, María Elizabeth y Piccolo, María Cintia (2004). "Análisis de los períodos secos y húmedos en la cuenca del Arroyo Claromecó, Argentina". *Papeles de Geografía*, 40, 25-36.
- Donnari, Margarita y Scian, Beatriz (1993). "Sequías edáficas en Bordenave, Método de Palmer". *Revista geofísica*, 39, 85-99.
- Luengo Ugidos, Miguel Ángel, Ceballos Barbancho, Antonio, Martínez Fernández, José y Yuste Yuste, Carlos (2002). "Las rachas secas en el sector central de la cuenca del Duero". *Investigaciones Geográficas*, 27, 65-82.
- Marini, Fabián (2009). "Sequía en el área de influencia de la EEA Bordenave. Evolución del índice verde durante el 2009". *EEA Bordenave. Bordenave: INTA- centro regional Buenos Aires Sur*. Informe técnico.
- Mc Kee, Thomas, Doesken, Nolan y Kleist, John (1993). "Drought monitoring with multiple time scales". Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, 223-236.

- Morales Gil, Alfredo, Olcina Cantos, Jorge y Rico Amorós, Antonio (1999). "Diferentes percepciones de la sequía en España: adaptación, catastrofismo e intentos de corrección". *Investigaciones Geográficas*, 22, 5-46.
- Olcina Cantos, Jorge (2001). "Tipología de sequías en España". *Ería*, 56, 201-227.
- Parker, David y Folland, Chris (1988). "The nature of climatic variability". *Meteorological Magazine*, 117, 201-210.
- Pengue, Walter (2001). "Impactos de la expansión de la soja en Argentina". *Biodiversidad*, 29, 7-14.
- Russell, Clifford, Arey, David y Kates, Robert (1970). *Drought and water supply*. Baltimore, EE.UU: Hopkins University Press.
- Salamanca Mazuelo, Luis, Quiroga Becerra de la Roca, Roger y Zamora Auza, Bárbara (2011). "Ochenta y cinco años de la historia de desastres en Bolivia (1920-2005)". *Revista Virtual REDESMA*, 5 (2), 15-31.
- Sanz Donaire, Juan José (2006). "Indicadores pluviométricos de sequía para España (1965-2004)". *Observatorio Medioambiental*, 9, 187-213
- Song, Conghe, Woodcock, Curtis, Seto, Karen, Lenney, Marx y Macomber, Scott (2001). "Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects?". *Remote Sensing of Environment*, 75, 230-244.
- Valiente, Marcos (2001). "Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación". *Investigaciones Geográficas*, 26, 59-80
- Vergara, Graciela, Casagrande, Guillermo y Arnaiz, Juan Pablo (2008). "Caracterización agroclimática de las sequías (1970-2005) en tres localidades de la provincia de La Pampa, Argentina". Santa Rosa: Facultad de agronomía. *Cátedra de climatología agrícola*, 77-80.
- Vicente Serrano, Sergio y Cuadrat Prats, José (2004). *Seguimiento espacio temporal de las sequías mediante sistemas de información geográfica: aplicación y validación en el sector central del valle del Ebro*. Madrid: Ministerio del Interior.
- Wilhite, Donald y Glantz, Michael (1985). "Understanding the drought phenomenon: The role of definitions". *Water Int.*, 10, 111-120.

Sobre los autores/as

GUILLERMO TOMAS D'AMBROSIO

Licenciado en Geografía de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Argentina. Actualmente es estudiante avanzado de la carrera de especialización: "Teledetección y sistemas de información geográfica aplicados al estudio del medio ambiente". Universidad Nacional de Luján (Argentina).

VANESA YAEL BOHN

Licenciada en Geografía (UNS), Magíster Profesional en Levantamiento de Recursos Hídricos. Manejo y conservación de cuencas (Universidad Mayor de San Simón, Bolivia) y Doctora en Geografía (UNS). Actualmente se desempeña como Asistente de docencia en la Universidad Nacional del Sur (UNS, Argentina).

MARÍA CINTIA PICCOLO

Licenciada en Ciencias Meteorológicas (Universidad de Buenos Aires, Argentina) y PhD en Oceanografía (Old Dominion University, Estados Unidos). Actualmente se desempeña como investigadora Superior del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina), Secretaria de Ciencia y Tecnología y Profesora Titular de la Universidad Nacional del Sur (UNS, Argentina).