



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA Y TURISMO**

TESIS DE LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

**APLICACIÓN DEL ÍNDICE ESTANDARIZADO
DE PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN
EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA BONAERENSE
(1970-2012)**

ANDREA SOLEDAD BRENDEL

Director: Dra. Bohn, Vanesa Yael

Co-Director: Dra. Piccolo, María Cintia

BAHÍA BLANCA

2015

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a todas aquellas personas que colaboraron en la realización de esta Tesis. En primer lugar, a mi Directora Dra. Vanesa Bohn por el apoyo y dedicación constante en el desarrollo de esta Tesis y por escucharme y aconsejarme en todo momento. A mi Co-directora, Dra. María Cintia Piccolo por la buena predisposición, el tiempo dedicado y la enseñanza. A todos los docentes del Departamento de Geografía y Turismo.

Al Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) por la posibilidad de desarrollar las tareas de investigación a través de la Beca Estímulo a las Vocaciones Científicas. Al Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur por el apoyo recibido y por haberme hecho sentir como en casa. Al personal administrativo del Departamento, Juliana, Silvita, Daniel, Paula, Alejandro. A Cecilia y Stella, gracias por la buena onda, por ser excelentes personas y por acompañarme siempre.

A mi papá que hoy físicamente no está pero sí en mi corazón. Gracias por haber sido el mejor papá, el mejor consejero y por haber luchado siempre a pesar de las adversidades. Gracias por darme todo tu amor, por ser el mejor papá. A largo de la carrera, fuiste mi guía. Se que hoy desde donde estés, vas a compartir esta alegría conmigo.

A mi hermosa familia por todo el amor recibido, hermanos, tíos, primos, sobrinos y demás.

A mis padrinos Mabel y Oscar por acompañarme desde el principio y ser mi oído. Por darme ese abrazo cuando lo necesitaba y aconsejarme siempre, por darme todo su amor y calidez.

A mi sobrina y ahijada Gemma, por haber cambiado mi vida y hecho la tía y madrina más feliz del mundo. A Francesco y Benjamín, gracias por dejarme ser tía y por darme todo su cariño. Mis sobrinos, son lo más lindo que tengo.

A mis grandes amigos de toda la vida. Los de Coronel Suárez por haber compartido tan lindos momentos durante nuestra niñez y adolescencia. También a mis amigos de Bahía Blanca por haberme acompañado y estado a mi lado en todo momento. A mis amigas de la residencia, gracias por haber compartido este largo camino y ayudarme a cumplir mis objetivos.

A Diego por su apoyo incondicional, por darme todo su amor y hacerme la mujer más feliz.

A todas las personas que me acompañaron a lo largo de la carrera, que me alentaron a seguir adelante y hoy comparten mi felicidad. No puedo pedir más nada, soy completamente feliz!!!

A mi papá...

ÍNDICE

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Objetivos e hipótesis de trabajo
- 1.2. Método de trabajo

Capítulo 2. AREA DE ESTUDIO Y CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

- 2.1. Evolución ambiental de la RESAB
- 2.2. Importancia de los estudios históricos-ambientales

Capítulo 3. ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN (SPEI)

- 3.1. Evolución del Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (período 1970-2012) en el área de estudio
- 3.2. Análisis anual e interanual de las precipitaciones

Capítulo 4. RENDIMIENTO DE TRIGO Y SU RELACIÓN CON LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN

- 4.1. Análisis cartográfico de los rendimientos de trigo
- 4.2. Análisis de la superficie sembrada, superficie cosechada y rendimiento del cultivo de trigo y su relación con la variabilidad de la precipitación
- 4.3. Análisis del SPEI en relación con los rendimientos de trigo

CONCLUSIÓN

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Región Semiárida Bonaerense. Distribución de las precipitaciones y límites administrativos

Figura 2. Principales áreas productoras de trigo en Argentina

Figura 3. El trigo en el área del INTA Bordenave

Figura 4. Exportaciones de granos, subproductos y aceite en el puerto de Bahía Blanca

Figura 5. Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona N de la RESAB - estación Coronel Suárez (escala 3 meses)

Figura 6. Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona N de la RESAB- estación Guaminí (escala 3 meses)

Figura 7. Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona central de la RESAB - estación Bahía Blanca (escala 3 meses)

Figura 8. Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona central de la RESAB - estación Puan (escala 3 meses)

Figura 9. Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona Sur de la RESAB - estación Villarino (escala 3 meses)

Figura 10. Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona Sur de la RESAB - estación C. Patagones (escala 3 meses)

Figura 11. Distribución temporal y espacial del SPEI en la RESAB

Figura 12a. Porcentaje de cada categoría de SPEI en el sur del área de estudio (período 1970-2012)

Figura 12b. Porcentaje de cada categoría de SPEI en el norte del área de estudio (período 1970-2012)

Figura 13. Precipitación normal (período 1979-2009)

Figura 14. Valor interanual de la precipitación en el área de estudio (período 2000-2012)

Figura 15. Rendimiento de trigo durante el período 2000-2012

Figura 16a. Anomalías positivas de rendimiento en la RESAB

Figura 16b. Anomalías negativas de rendimiento en la RESAB

Figura 17. Precipitación anual, superficie sembrada y superficie cosechada. Centro del área de estudio (período 2000/2012)

Figura 18. Precipitación anual y rendimiento de trigo. Centro del área de estudio (período 2000/2012)

Figura 19. Precipitación anual, superficie sembrada y cosechada. Norte del área de estudio (período 2000/2012)

Figura 20. Precipitación anual y rendimiento de trigo. Norte del área de estudio (período 2000/2012)

Figura 21. Precipitación anual, superficie sembrada y cosechada. Norte del área de estudio (período 2000/2012)

Figura 22. Precipitación anual y rendimiento de trigo. Sur del área de estudio (período 2000/2012)

Figura 23. Relación entre las categorías del SPEI húmedas (2001) (A) y secas (2008) (B) y los rendimientos de trigo

Tabla 1. Valores del SPEI

Tabla 2. Participación del trigo en la cosecha de granos en el área de la estación INTA Bordenave

Tabla 3. Porcentaje exportado de trigo entre 1891-1913

Tabla 4. Superficie sembrada (ha) de los principales cultivos en la provincia de Buenos Aires

Tabla 5. Producción de los principales cultivos en la región pampeana

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las pérdidas registradas en la agricultura y en la ganadería están aumentando en diversas regiones de todo el mundo, como consecuencia de eventos climáticos extremos más frecuentes e intensos, asociados a una mayor variabilidad climática (Occhiuzzi *et al.*, 2001). La variabilidad climática de una zona depende de numerosos factores. Es una sumatoria de eventos meteorológicos que se producen en diferentes escalas temporales (décadas, años, estaciones) y espaciales. 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. Una de las principales manifestaciones son los períodos de sequías e inundaciones (Parker y Folland, 1988).

En gran parte del continente americano, la variabilidad climática está relacionada con el fenómeno ENSO (El Niño Oscilación del Sur) (Aceituno, 1998). Este es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del océano Pacífico tropical. Este calentamiento oscilante y el patrón de enfriamiento es conocido como el ENSO afectando directamente a la distribución de las precipitaciones (INTA, 2002). El Niño y la Niña son las fases extremas del ciclo ENSO y entre estas dos existe una tercera fase llamada “Neutral”. Ambos eventos influyen en las masas de aire que ingresan en América del Sur, produciendo anomalías extremas positivas de precipitación durante “El Niño” y anomalías extrema negativas o escasez en las precipitaciones durante “La Niña”.

Los ciclos de sequía e inundación constituyen uno de los fenómenos climáticos de mayor impacto en la hidrología y en la actividad agrícola de la región pampeana argentina (Bohn *et al.*, 2011). La sequía meteorológica es una condición de clima anormalmente seco respecto de las condiciones normales esperadas. Dentro de la distribución de frecuencia de precipitación para un período 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 ocurrencia de una sequía depende de la evapotranspiración, el déficit de las precipitaciones y del condicionamiento impuesto por los cambios en la presión causantes de las alteraciones en la circulación general de la atmósfera.

En la Argentina se asocia a condiciones predominantemente anticiclónicas y a cambios en la cobertura nubosa que persisten durante un cierto período de tiempo (Piccolo *et al.*, 2002).

La actividad agropecuaria se considera riesgosa debido a la dependencia de la misma en relación con elementos del clima así como también los largos períodos que toma el proceso productivo (Silva *et al.*, 2002). Las recurrentes pérdidas económicas agrícolas en el país y en el mundo permiten suponer aún una adaptación insuficiente a los eventos climáticos extremos (Wandel, 2006).

Los cambios climáticos no sólo inciden en la rentabilidad agropecuaria a través de su impacto directo sobre los rendimientos, sino también en los usos del suelo, el avance de los cultivos, entre otros (Campo *et al.*, 2012). Numerosos estudios, coinciden en afirmar que dentro del clima, son las precipitaciones y su variabilidad, el factor que genera mayor incertidumbre en la producción agropecuaria (Sebalt, 2002). Las mayores reducciones del rendimiento de trigo se asocian a deficiencias en la precipitación durante la siembra y en las etapas de floración y pre-floración (Barelli *et al.*, 2008). El rendimiento potencial de trigo en la región pampeana está condicionado principalmente por las variaciones climáticas (Magrin y Travasso, 1997). Al sur de la llanura chaqueña durante el período 2008-2009 hubo una disminución de las precipitaciones del 30 % respecto de la media. Esta situación afectó negativamente a los rendimientos de los cultivos y a la disminución del ganado vacuno, lo cual produjo emergencia agropecuaria en toda la zona.

La sequía de los años 2008 y 2009 tuvo su origen en el fenómeno “La Niña”, presentando escasez de precipitaciones en Brasil, Uruguay y Chile y en gran parte de la región pampeana. Las fases del ENSO como principal componente de la variabilidad interanual explican parte de las variaciones de rendimiento de los principales cultivos en la región pampeana. Esta región se caracteriza por una alta variabilidad en las precipitaciones. En ella, la producción de cultivos se realiza en mayor medida bajo condiciones de secano. La conjunción de estos factores y la dependencia de la productividad de los principales cultivos a las condiciones hídricas determinan que la producción de los sistemas agrícolas sea altamente dependiente de las condiciones climáticas durante el ciclo productivo (Hall *et al.*, 1992). Los rendimientos de trigo en la Región Semiárida Bonaerense (RESAB) se encuentran substancialmente acotados

por variables climáticas (principalmente la precipitación y por el tipo de suelo existente) (Carbonell, 2010).

Campo *et al.* (2009) indicaron que en la RESAB se produjeron importantes pérdidas económicas a causa de los bajos rendimientos en las cosechas y la muerte del ganado. Entre los años 1987 y 1988 se produjo un importante déficit de lluvias, lo que demuestra que este tipo de fenómeno meteorológico presenta ciclos de ocurrencia en la zona. Por su parte, D'Ambrosio (2011) estudió la sequía 2008-2009 en el oeste de la RESAB y concluyó en que este evento produjo la disminución de los rendimientos de los principales cultivos y la disminución areal del dique Paso de las Piedras, ocasionando déficit en el abastecimiento de agua de los núcleos urbanos de la región. La variabilidad en las precipitaciones interanuales e intra-anales inherentes a la región desestabiliza la programación agrícola-ganadera a futuro, más aún ante eventos climáticos extremos (Scian, 2003). Existen numerosos índices que permiten detectar eventos secos y húmedos y sus características espacio-temporales.

Entre los más destacados se encuentran el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (ISSP) utilizado en la Región Semiárida Pampeana por Scian y Donnari (1997) y el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) aplicado por McKee *et al.* (1993), Bohn *et al.* (2011) y Ferrelli *et al.* (2011) en el mismo área. Este último ha sido actualizado por el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) (Vicente Serrano *et al.*, 2010) que incorpora la variable de la evapotranspiración potencial. El SPI y el ISSP se basan en que la precipitación es la principal determinante de la variación de la sequía mientras que el SPEI no solo toma en cuenta la precipitación sino también la temperatura. Esto es de suma importancia debido a que el aumento de temperatura registrada en los últimos años en el mundo afecta marcadamente la severidad de las sequías. Posee carácter multiescalar y permite determinar el inicio, duración y magnitud de la sequía con respecto a las condiciones normales en una variedad de sistemas naturales como tierra de cultivos, recursos hídricos, ecosistemas, etc. (Vicente-Serrano, 2010)

A escala mundial, el SPEI ha sido aplicado principalmente en España y con menos énfasis en otras regiones de África, Canadá, Australia (Vicente Serrano *et al.*, 2010). En la Península Ibérica fue aplicado por Salguero *et al.* (2012) para analizar los patrones espaciales y temporales de la sequía en diferentes escalas temporales. Como resultado obtuvieron que

para todas las escalas temporales estudiadas se incrementó la variabilidad espacio-temporal de la sequía, a partir de la década de 1930. Vicente-Serrano (2013) analizó la evolución de las sequías pluviométricas en España, durante el período 1910-2011, mediante el uso del SPEI. Como resultado halló 6 regiones con diferentes patrones espaciales. Además destacó que, en ese país, se registró un aumento en la duración y magnitud de los eventos de sequía, incrementando la aridez. Anderegg *et al.* (2012) utilizó el SPEI para analizar el impacto de las sequías sobre la producción primaria neta y la mortalidad de los bosques, en el oeste de Estados Unidos.

Vicente-Serrano *et al.* (2012) realizaron una evaluación global de diferentes índices de sequía para la cuantificación de los impactos en caudales, humedad del suelo, crecimiento de los bosques y rendimiento del cultivo de trigo. Para ello utilizaron el SPEI en conjunto con el SPI y el ISSP. Debido a que los distintos sistemas hidrológicos, ecológicos y agrícolas responden a las sequías climáticas a diferentes escalas de tiempo, el SPEI fue calculado a escalas temporales de 1 a 48 meses. Independientemente del sistema analizado, comprobaron que el SPEI mostró una mayor eficacia en seguimiento de las condiciones de sequía frente a los índices restantes. Además dichos autores afirmaron que los rendimientos mundiales del cultivo de trigo obtuvieron una correlación mayor con el SPEI (49,5 %) que con el SPI (34,3 %). Los países caracterizados por cultivos de secano en condiciones semiáridas presentaron mayores correlaciones con el SPEI frente a las obtenidas con respecto al SPI.

Vicente-Serrano *et al.* (2012) aplicaron el SPEI en Canadá, norte de México, noreste de Brasil, Sahel, noroeste de Australia, sur de África y la Argentina para estudiar los efectos de la sequía sobre la vegetación a diferentes escalas temporales. Los resultados hallados indicaron que en Canadá la sequía en los meses de verano determina la actividad vegetal siendo la respuesta de la vegetación sensible a escalas de tiempo cortas. Por el contrario en la Argentina, la influencia de la sequía es mayor en escalas de tiempo largos (> 8 meses). Estos autores han comprobado que los biomas característicos de zonas áridas y húmedas se ven afectados por la sequía y que la escala temporal de estudio juega un papel clave al determinar la sensibilidad de los biomas a este fenómeno. Los biomas áridos y húmedos responden a las sequías calculadas a escalas temporales cortas, debido a que las plantas tienen mecanismos que les permiten adaptarse rápidamente a la variación en la disponibilidad de agua. Por el contrario, los biomas

subhúmedos responden a la sequía a escalas de tiempo más largas, debido a que la vegetación presenta mayor tolerancia al déficit de agua.

A escala nacional son escasas las investigaciones utilizando este índice, debido a su reciente publicación y a la preferencia por otros índices existentes (Índice de Humedad de Cultivos (CMI), ISSP, SPI). A escala regional, Bohn *et al.* (2014) aplicaron el SPEI en complemento con el índice Oceánico del Niño (en inglés: ONI) y el análisis de las precipitaciones (2002-2011). Dichas metodologías fueron aplicadas para el estudio de los efectos del uso de la tierra y la variabilidad climática en lagunas de la región pampeana argentina. Entre los principales resultados hallaron que el aumento en el desarrollo areal de las lagunas presentó relación con los eventos de El Niño Oscilación Sur.

1.1. Objetivos e hipótesis de trabajo

El objetivo general de este estudio es aplicar el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) en la Región Semiárida Bonaerense (RESAB) para detectar su distribución espacial y temporal durante el período 1970-2012.

Los objetivos específicos son:

- Analizar fuentes bibliográficas y cartográficas del área de estudio.
- Comprender la importancia del cultivo de trigo en la región desde la historia ambiental.
- Analizar los efectos de los períodos secos, húmedos y normales sobre los rendimientos productivos del cultivo de trigo en la RESAB.
- Elaborar, cuantificar y analizar mapas de eventos extremos (secos y húmedos) en relación con los rendimientos productivos de trigo en la RESAB.

Por lo expuesto, se plantean las siguientes hipótesis de trabajo:

“En relación con los parámetros climatológicos de temperatura y precipitación, los períodos normales son los más frecuentes en la RESAB. La proporción de períodos secos y húmedos es desigual entre el norte y el sur del área de estudio”.

“Los rendimientos productivos del principal cultivo de la RESAB, el trigo, son un indicador de la alternancia de períodos secos y húmedos”.

1.2. Método de trabajo

Para el análisis de la variabilidad de la precipitación se analizaron datos pluviométricos anuales (período 2000-2012) (SMN, INTA). Las estaciones analizadas fueron las siguientes: Bahía Blanca, Puan, C. Suárez, Guaminí, C. Patagones y Villarino (Figura 1).

Para la identificación de eventos extremos en el área de estudio se aplicó e interpretó el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) (Vicente Serrano *et al.*, 2010). La serie de datos fueron obtenidos de la página Web del SPEI, durante el periodo 1970-2012, a una escala espacial de 0,5° (<http://sac.csic.es/spei/home.html>). El SPEI es un índice climático mensual calculado a partir de la diferencia entre la precipitación acumulada en un período de tiempo y la evapotranspiración potencial. Este índice se puede obtener calculado para diferentes escalas de tiempo. Tiene carácter multi-escalar y es utilizado por diferentes disciplinas científicas para detectar, monitorear y analizar las sequías. Respecto a la categorización de los valores de referencia del SPEI, los mismos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Categorías del Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración

SPEI	CATEGORÍAS
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
-2,0 o menos	Extremadamente seco

Fuente: McKee *et al.* (1995).

Según Mckee *et al.* (1995) las condiciones de humedad en el suelo responden a anomalías de precipitación para una escala temporal relativamente corta de 1, 3 y 6 meses, mientras que el agua de las corrientes superficiales, subterránea y reservorios reflejan anomalías de lluvia de períodos más largos: escalas temporales de 12, 24 y 48 meses. Por este motivo se evaluó la escala temporal de 3 meses para el período 1970-2012.

Se analizó la variación espacial y temporal del SPEI en la zona de estudio para la determinación de períodos secos, húmedos y normales. La región fue dividida en subzonas: norte, entre la isohieta de 800 y 700 mm (estaciones correspondientes a C. Suárez y Guaminí); central entre la isohieta de 600 y 700 mm (estaciones correspondientes a Bahía Blanca y Puan) y sur, entre la isohieta de 600 y 400 mm (estaciones de C. Patagones y Villarino) a los fines de facilitar el análisis.

Además se graficó la serie 1970-2012 y se analizaron todas las categorías tanto de humedad como de sequía calculando el porcentaje sobre el total de cada una de ellas. En relación con el estudio de los efectos de la variabilidad de la precipitación sobre la intensidad del uso agrícola, se analizaron datos de superficie sembrada y superficie cosechada y los rendimientos del cultivo de trigo para los partidos de la Región Semiárida Bonaerense (campañas 2000/2001 a 2012/2013). Los datos de estimaciones agrícolas fueron obtenidos del Sistema Integrado de Información Agropecuaria que depende del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP) (www.siaa.gov.ar).

CAPÍTULO 2

AREA DE ESTUDIO Y CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

2.1. Evolución ambiental de la RESAB

El área de estudio comprende el sector bonaerense de la Región Semiárida Pampeana (RESAP). Los partidos que la componen son: Adolfo Alsina, Coronel Suárez, Coronel Pringles, Coronel Dorrego, Monte Hermoso, Bahía Blanca, Coronel Rosales, Saavedra, Tornquist, Puan, Guaminí, Carmen de Patagones y Villarino (Figura 1). La RESAP es un territorio transicional entre la región pampeana húmeda y la patagonia argentina y como tal está sujeta a las variaciones pluviométricas anuales estacionales, con una elevada incidencia de las anomalías climáticas, protagonizadas por intensas sequías, heladas y fuertes vientos, asociadas a una actividad antrópica propiciante que genera una situación ambiental desfavorable (Sánchez *et al.*, 2014).

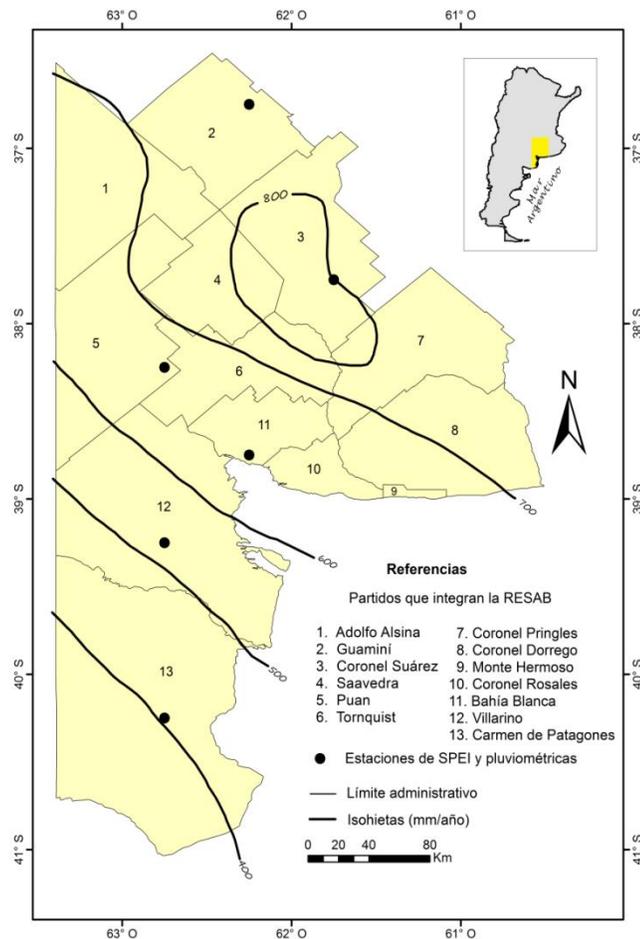
Desde el punto de vista geomorfológico forma parte de la llanura Pampeana con una suave inclinación norte-sur desde Sierra de la Ventana hasta la línea de costa. Está formada por sedimentos no consolidados de edad cuaternaria, aportados en su mayor parte por el viento y redistribuidos por acción hídrica. La vegetación nativa es el pastizal pampeano, con algunas comunidades de “espinal” comúnmente conocido como “monte xerófilo” que persiste en los sectores de mayor pendiente. En la faja medanosa del litoral aparecen herbáceas psamófilas y en depresiones donde la salinidad es alta están presentes las halófilas (Cabrera, 1976).

El clima es frío subhúmedo o semiárido (Díaz y Mormeneo, 2002) con máximas precipitaciones en primavera y otoño. Se presentan variaciones espaciales en las temperaturas y en las precipitaciones en relación a la continentalidad, exposición a los flujos de aire dominantes, orientación de la costa y corrientes oceánicas. Las temperaturas medias anuales están comprendidas entre 14°C y 20°C. Las precipitaciones no siempre suficientes en los sectores occidentales para el cultivo sin riego, otorgan un carácter subhúmedo a esta variedad de clima templado, denominado también de transición (Campo *et al.*, 2004). La región no presenta barreras transversales a la circulación atmosférica. Por tal motivo, el territorio se encuentra sometido a la acción de masas de aire, tanto del sur como del norte, que ejercen su influencia durante todo el año. Este hecho puede producir cambios bruscos a escala estacional,

que en muchos casos, resultan muy perjudiciales para la agricultura. Entre los factores más adversos se encuentran las heladas, las que se caracterizan por su variabilidad (INTA, 1989).

Los suelos de la región son aptos para la agricultura y la ganadería, dicha aptitud decrece en relación con el gradiente de isohietas anuales (de noreste a sudoeste). El mismo varía entre los 900 mm al noreste y los 600 mm al sudoeste con notables desplazamientos en esta dirección durante los últimos años, con avances y retrocesos que coincidieron con las fases húmedas y secas del ciclo pluviométrico (Viglizzo *et al.*, 2005). La RESAB posee una superficie estimada de 6.500.000 ha y cuenta con aproximadamente 550.000 habitantes, representando el 4 % de la población provincial.

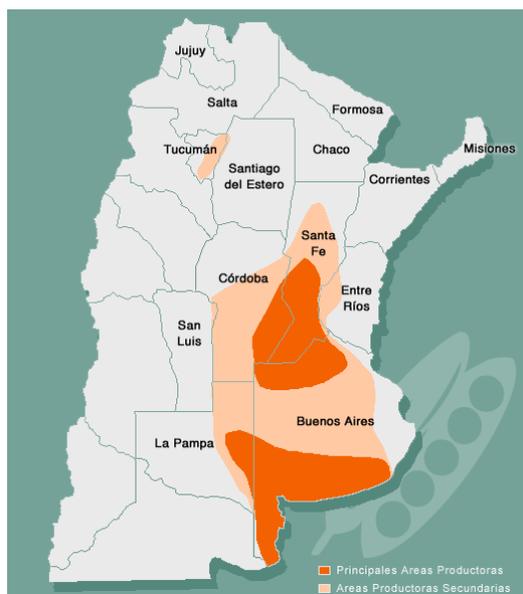
Figura 1
Región Semiárida Bonaerense. Distribución de las precipitaciones y límites



Fuente: elaborado por Andrea Brendel, 2014.

En cuanto a la agricultura, el trigo es el principal cultivo de cosecha y es la base de los sistemas productivos de la región y aporta el 12 % y el 18 % del total de la producción nacional y provincial respectivamente (Coma, 2010). La RESAB es considerada una de las principales zonas productoras de trigo (Figura 2). El 66 % del total de granos que se cosechan en la RESAB (no incluye los partidos de Villarino y Patagones porque pertenecen a la jurisdicción del INTA Hilario Ascasubi) pertenecen al cultivo de trigo (Tabla 2). Son los partidos con menores posibilidades de diversificación agrícola los que muestran una mayor dependencia al trigo, dada la poca participación que tienen las otras actividades de cosecha (Coma, 2010).

Figura 2
Principales áreas productoras de trigo en la Argentina



Fuente: INTA, 2014.

Tabla 2
Participación del trigo en la cosecha de granos en el área de la estación INTA Bordenave

B. Blanca	86%
Tornquist	81%
Puan	76%
C. Rosales	74%
C. Pringles	71%
Saavedra	70%
C. Suarez	63%
A. Alsina	51%
Guamini	41%
Regional	66%

Fuente: Coma, 2010.

2.2. Importancia de los estudios históricos-ambientales

Desde sus orígenes la geografía ha estado vinculada de forma estrecha con la noción de ambiente, o más precisamente, con su dimensión territorial. La historia ambiental y los procesos de ocupación del espacio presentan en los últimos años un notable interés, debido a deterioro progresivo y acelerado de ambientes y recursos naturales y la consecuente generación de nuevos y mayores riesgos ambientales (Coates, 1998; Boada y Sauri, 2002). Los estudios de carácter histórico son una herramienta indispensable en el análisis sistémico; en ellos se intenta reconstruir la evolución de los procesos que determinan el funcionamiento del sistema, donde las relaciones entre la función y la estructura son clave para la comprensión de los procesos y fenómenos. Como resultado, el aporte de la historia ambiental es fundamental en el análisis de los procesos resultantes. Desde esta visión se caracteriza espacial y temporalmente la relación sociedad-naturaleza a partir del modelo agroexportador y con énfasis en la explotación del trigo como eje organizador de la región. Para comprender esta dimensión se analizaron diferentes cortes temporales.

Inicio y expansión del cultivo de trigo en la región pampeana y en el sudoeste bonaerense

El crecimiento y la evolución del cultivo de trigo en la Argentina y en particular en la región, representó mucho más que un fenómeno agronómico y económico. Estuvo estrechamente relacionado con el nacimiento de un país netamente agrícola y al surgimiento de una nueva sociedad y cultura, que a pesar del tiempo transcurrido y de las problemáticas acontecidas, sigue siendo la actividad económica de mayor viabilidad de los partidos del sudoeste bonaerense.

- ***Período de prosperidad (1850-1913): el modelo agroexportador***

La expansión del cultivo de trigo en la Argentina comenzó a partir de 1850 y finalizó con las primeras consecuencias económicas de la Primera Guerra Mundial. Esta producción no sólo produjo una profunda transformación en el agro argentino, sino que más precisamente, fue el fundador de la agricultura extensiva en Argentina. El trigo fue el cultivo pionero de la colonización agrícola de la región pampeana (Miralles y González, 2009). Su desarrollo no sólo aportó beneficios económicos, sino que también y de la mano del inmigrante europeo, cambió radicalmente la estructura social y cultural de los pueblos argentinos (Ministerio de Agricultura, 2014).

La posición de la Argentina (desde 1880 hasta la crisis de 1930, período caracterizado por el desarrollo del modelo agroexportador) en el sistema de división internacional del trabajo quedó definida como un país productor y exportador de bienes agropecuarios e importador de productos manufacturados. El carácter primario de esta economía se basó en las exportaciones de lanas, carnes y cereales (principalmente trigo) que rápidamente se convirtieron en el factor de desarrollo del país, denominado a nuestro país “el granero del mundo”. Las características sobresalientes de este tipo de economía fueron la dependencia económica del mercado externo, el latifundio como unidad de producción agropecuaria, gran intervención del Estado para garantizar el orden político y jurídico, participación de capitales extranjeros en infraestructura y servicios y la inmigración extranjera, que proporcionó la fuerza de trabajo necesaria para llevar adelante el modelo (Alonso *et al.*, 1997).

La región triguera por excelencia se ubicaba en las provincias de Santa Fe, Buenos Aires, Entre Ríos y Córdoba, y el Territorio Nacional de La Pampa donde se localizaba el 80% de la producción. El trigo comenzó a expandirse y en 1878, las exportaciones de trigo superaron por primera vez a las importaciones. Los factores que facilitaron esta expansión fueron las sucesivas campañas con condiciones climáticas muy favorables para el desarrollo de los cultivos, los altos precios recibidos por los productores y un aumento en el consumo interno debido al gusto europeo de los inmigrantes por el consumo de pan (Ministerio de Agricultura, 2010). La última década del siglo XIX marcó el inicio del desplazamiento del cultivo de trigo hacia el sur y oeste de la provincia de Buenos Aires). En la Tabla 3 se observa el porcentaje exportado de la producción de trigo entre 1891-1913.

Tabla 3
Porcentaje exportado de trigo entre 1891-1913

Años	Porcentaje de la producción total de trigo en Argentina exportado, 1891 - 1913	Producción por período (en miles de tn.)
1891 – 1894	61,6	5.656
1895 – 1899	49,4	8.103
1900 – 1904	58,8	12.688
1905 – 1909	64,8	21.509
1909 – 1913	56,0	47.956

Fuente: extraído de Martiren y Rayes, 2013.

El trigo fue en esta etapa, el cultivo de mayor exportación. En el sudoeste de la provincia de Buenos Aires no sólo se generaba una parte importante de la producción exportable sino que también se realizaron grandes inversiones de capitales nacionales y extranjeros, lo que trajo aparejado un acelerado crecimiento urbano. Según Glave (2006) entre 1875-1925 se registraron precipitaciones por encima del valor normal en toda la región del sudoeste bonaerense, todavía cubierta por una densa cobertura de vegetación xerófila y por vegetación gramíneas de gran altura (paja vizcachera). Entre los años 1884 y 1900, se construyeron las principales vías férreas hacia la ciudad de Bahía Blanca. Este hecho dio lugar a la fundación de diversos pueblos a la vera del ferrocarril. Así surgieron Coronel Suárez, Lamadrid, Pigué, Saavedra, Tornquist, Coronel Pringles, Saldungaray, Cabildo y otros. Por esos años, la ganadería comenzó a tomar desarrollo y con la fundación de la mayoría de los pueblos de la región a principios del siglo XX, la agricultura inició su expansión. El uso de los suelos para cultivos de invierno (principalmente trigo), dio comienzo a la deforestación para un mejor aprovechamiento de las tierras y para obtener abundantes cosechas.

Entre 1900 y 1925, el ferrocarril incrementó el tendido de vías hacia La Pampa y al sur de la provincia de Buenos Aires, colonizando nuevas tierras para la agricultura y la ganadería. Así se sumaron poblaciones como Argerich, Mayor Buratovich, Pedro Luro, Stroeder, Médanos, Algarrobo, Río Colorado, San Germán, Villa Iris, Jacinto Arauz, Bernasconi y otros. La fundación de la mayoría de estos pueblos coincidió con la fase subhúmeda (1900-1925), donde hubo un desarrollo rápido y pujante. Posiblemente, las abundantes precipitaciones estimularon el crecimiento sostenido y de gran futuro (Glave, 2006). En la Tabla 4 se puede observar la superficie sembrada de los principales cultivos en la provincia de Buenos Aires. En 10 años, el cultivo de trigo se expandió exponencialmente.

Tabla 4
Superficie sembrada (ha) de los principales cultivos en la provincia de Buenos Aires

	Trigo	Lino	Maíz
1895	367.446	64.756	669.007
1905	2.409.056	263.248	1.267.297

Fuente: adaptado de Carrasco, 1989.

En relación con ello, Gaignard (1989) mencionó: *“la agricultura pampeana no podía existir sin transportes terrestres de gran volumen capaces de conducir la producción a los centros urbanos de consumo y a los puertos de exportación. El ferrocarril instaurado en su mayoría por capitales británicos, ofreció la solución técnica desde mediado de siglo XIX y constituyó la condición previa de la valorización del espacio. La red argentina pasa de 1.737 km en 1875 a 36.000 km en 1925 La suavidad del relieve y la troncha ancha elegida por los británicos tornaba fácil, barata y rápida la construcción. Existían 3 tipos de trochas: la troncha ancha, la universal y la angosta. Casi la totalidad de la red pampeana era de troncha ancha, pues, en sus orígenes los ingenieros británicos tenían ya la experiencia de las llanuras de Rusia y Ucrania.*

En la Tabla 5 se observa la cantidad de toneladas de maíz y trigo exportadas por el ferrocarril en el año 1904, en la región pampeana.

Tabla 5

Producción de los principales cultivos en la región pampeana

	Producción	Toneladas transportadas por el ferrocarril	% trasportado por el ferrocarril
Trigo	3.529.100	2.952.870	83,7
Maíz	4.450.000	2.385.751	53,7

Fuente: modificado de Zarrilli, 2010.

El proceso de ocupación de la tierra, el auge inmigratorio que se produjo durante la década del 1880 y la llegada del ferrocarril a Bahía Blanca en el año 1884 fueron los factores que sustentan el proceso de ocupación de esta área geográfica. La fundación de los pueblos del sudoeste bonaerense coincidió con una fase subhúmeda (1900-1925) que impulsó un desarrollo rápido de la actividad productiva triguera y el asentamiento poblacional. Luego, durante los últimos años de este gran período húmedo, las estancias comenzaron un proceso de instalación de arrendatarios y aparceros en sus tierras, en parcelas de alrededor de 200 a 500 hectáreas, dando lugar a la entrada de nuevos agricultores de diversas procedencias, con el fin de sembrar trigo como principal cultivo (Glave, 2006).

- **Período de decadencia**

1913- 1930: del “granero del mundo” a la crisis del modelo agroexportador

El escenario cambió con la Primera Guerra Mundial, la cual provocó un shock externo desfavorable, que anticipaba los cambios en el decenio de 1930. La contienda significó la disminución de la afluencia de capitales y la caída en la demanda de los productos primarios exportados. En 1929 se produjo una fuerte caída de la Bolsa de Nueva York, cuyos valores bajaron más de un 60 %. Este hecho significó una depresión económica y financiera mundial durante los primeros años de la década de 1930, extendiéndose geográficamente desde Estados Unidos al resto del mundo capitalista.

La crisis derivó en una conjunción de situaciones adversas para las economías abiertas como en la Argentina, determinadas por un descenso en el precio y el volumen de las materias primas exportadas. Las políticas económicas en la Argentina desde 1930 comenzaron a vislumbrar un carácter autárquico, de modo de disminuir la dependencia al sistema de exportaciones e importaciones, favoreciendo una estructura económica más diversificada (Genchi *et al.*, 2013). Con la crisis del año 1929, disminuyó el volumen de las exportaciones de cereales (principalmente trigo) y carnes lo que desencadenó en la crisis económica argentina. Dicha crisis repercutió más fuerte en el sur pampeano que en el resto del país. El ritmo de incorporación de las tierras a la producción agropecuaria, fue cada vez menor debido a la falta de inversiones en caminos, alambrados, etc. y la productividad disminuyó como consecuencia de las escasas inversiones en mecanización y tecnología para mejorar los rendimientos del sistema productivo.

A partir de 1930, la región se caracterizó por la disminución en los montos de precipitación (Scarpati y Capriolo, 2012) extendiéndose este período hasta aproximadamente 1980. La migración campo-ciudad en mucho de los partidos de la región se acrecentó debido a los bajos rendimientos de los cultivos.

Mediados de 1930 a 1960: el retroceso agrícola en la región pampeana

La nueva coyuntura económica internacional, a partir de la crisis de 1930, marcó el fin del predominio en nuestro país del modelo agroexportador y el resurgimiento de un nuevo modelo

basado en la sustitución de importaciones industriales (1935-1954). Barsky (1988) considera que entre 1930 y 1960 hubo un estancamiento agrario en la totalidad la región pampeana, cuyo principal indicador es la caída de las exportaciones agropecuarias, debido al escaso desarrollo tecnológico, cambios de políticas agrarias, modificación del sistema de arrendamiento y al factor climático (sequía).

En la región pampeana y específicamente en el sudoeste bonaerense, a partir de 1950 comienza un período seco (que se extiende hasta 1795 aproximadamente). Las precipitaciones disminuyeron notablemente, bajaron las temperaturas en el invierno y los vientos aumentaron su velocidad. Esto influyó negativamente en la superficie cosechada de trigo. Los veranos fueron cálidos y secos, motivo por el cual muchos suelos de la región incrementaron la susceptibilidad a la erosión eólica (Glave, 2006). Se estimó que un 47 % de los suelos estaban afectados por erosión eólica. Este autor explica que en este período el gobierno peronista incentivaba al productor a sembrar trigo. El desmonte en La Pampa y en el sudoeste bonaerense y la utilización de prácticas inadecuadas como el arado de reja, expuso a los suelos a un rápido deterioro. La colonización de las grandes estancias y la subdivisión de los campos en pequeñas superficies, obligaban a los agricultores a utilizar intensamente los frágiles suelos de la zona.

Como consecuencia de la sequía del año 1952 la Argentina sólo exportó 63.000 toneladas de trigo, ocasionando grandes pérdidas económicas (promedio de exportaciones de trigo por año: 12 millones de toneladas). Debido al incremento de la erosión y de las pérdidas de las cosechas por el período seco en la región, muchos productores tuvieron que emigrar en busca de mejor calidad de vida. Ante la necesidad de subsistir frente a los fenómenos climáticos y económicos, muchos pequeños y medianos productores formaron cooperativas como única herramienta para poder subsistir.

En 1956, se creó el Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA) que eliminó el estancamiento de la producción agropecuaria y dio origen a un crecimiento de esta actividad. Este organismo incorporó al mercado nuevas variedades de trigo y los rendimientos de la región aumentaron. Además, esta institución desarrolló nuevas tecnologías de manejo y conservación de suelos para la región, acompañadas de nuevos equipos de labranza y siembra conservacionista (Glave, 2006).

1970- actualidad. El trigo: decreciente ocupación y única alternativa de producción rentable para el sudoeste bonaerense.

Durante los últimos años la Argentina exportó en promedio 14 millones de toneladas de trigo (Nisi, 2009) y actualmente ocupa el sexto lugar mundial en exportaciones de trigo. En la Argentina, la superficie sembrada con trigo, que se encontraba relativamente estabilizada desde mediados de década de 1990 hasta mediados de la década de 2000, mostró un importante retroceso desde esta última fecha hasta la actualidad. De acuerdo a estimaciones oficiales, la superficie implantada promedio fue de 6,3 millones de hectáreas entre las campañas 1996/97 y 2000/01, de 6,2 millones de hectáreas en el quinquenio siguiente y de 4,9 millones de hectáreas en el último quinquenio. Considerando estos quince ciclos se observa una reducción punta a punta del 23 % en el área sembrada.

La superficie sembrada con trigo se redujo desde la campaña 2001/02 en 2,5 millones de hectáreas como consecuencia de su menor rentabilidad relativa con respecto a otras producciones agropecuarias. La producción de trigo fue récord en 1982/83, con 7,4 millones de hectáreas sembradas, y con 16,4 millones de toneladas producidas en 2007/08, en tanto que en el período 2013/14 se redujo a 3,65 millones de hectáreas sembradas, con 9,5 millones de toneladas producidas (La Nación, 2014). Si bien en se deben tener en cuenta los fenómenos climáticos (como sequías e inundaciones) que podrían explicar parte del retroceso del área sembrada, también han habido una gran transferencia de recursos que han hecho los productores de trigo hacia otros sectores de la economía argentina (soja principalmente). Además se suma la intervención sobre el mercado del cereal que rige desde el 2006 (retención a las exportaciones). Este esquema ha tenido sin dudas consecuencias negativas sobre los incentivos a producir trigo.

Sudoeste bonaerense

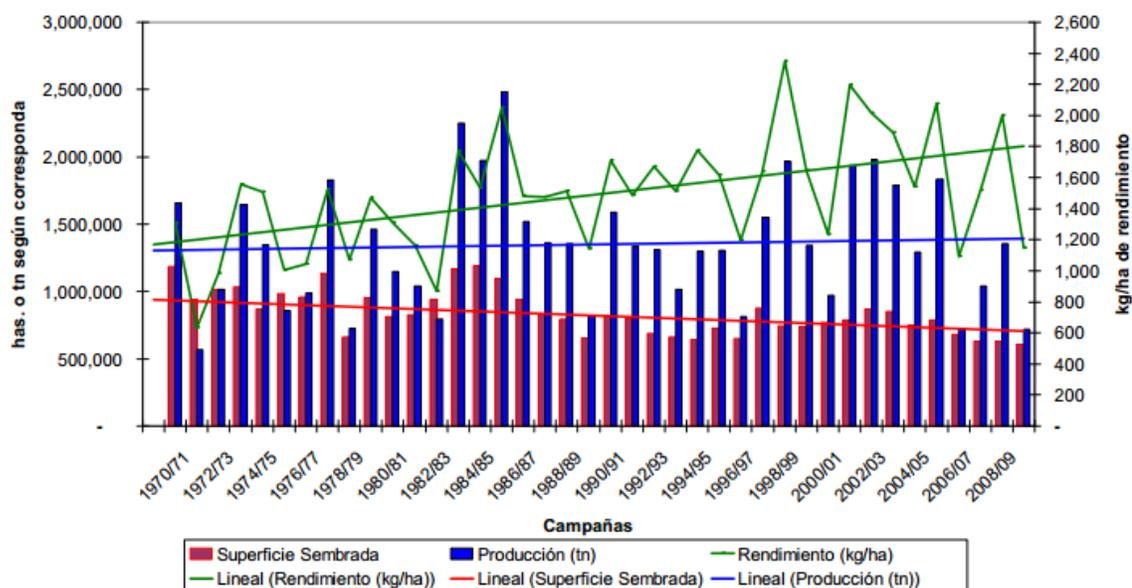
A partir de 1975 y hasta 2005 se instaló en la región un período de abundantes precipitaciones que originaron inundaciones en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y La Pampa (Glave, 2006). La fase húmeda provocó una acelerada pérdida de suelos por erosión hídrica, en contraste con la erosión eólica que desapareció en la mayor parte de la región. La pérdida de fertilidad por lavado de los suelos y escurrimiento se incrementó

en toda la región y surgió la necesidad de utilizar gran cantidad de fertilizante para producir más trigo y obtener mejores pasturas. Los suelos se volvieron compactos y disminuyó la capacidad de infiltración de las precipitaciones.

En el sudoeste bonaerense, a partir de 1970 la superficie sembrada con el cultivo de trigo comenzó a decrecer (Figura 3). Este aspecto pudo estar incentivado además de las condiciones climáticas adversas a partir de 2005, por las expectativas zonales puestas en otro tipo de cultivo de cosecha (oleaginosas), retenciones a las exportaciones y bajos precios del cereal. Coma (2010). A pesar de esto, este cultivo es actualmente el principal recurso agrícola del área. Es importante destacar que el trigo es y ha sido la base económica de los partidos que integran la región y que representa con su producción triguera un gran porcentaje de la economía provincial. Cuando se analiza la participación de la producción del trigo dentro cada uno de los partidos que integran la región, aparecen diferencias según la localización sea subhúmeda o semiárida; pero en el conjunto este cereal participa con el 66 % del total de los granos que se cosechan (Coma 2010). Los partidos ubicados al sur del área de estudio, son los que tienen menores posibilidades de diversificación agrícola, lo que muestra una mayor dependencia al cultivo de trigo.

Figura 3

El trigo en el área del INTA Bordenave



Fuente: Coma, 2010.

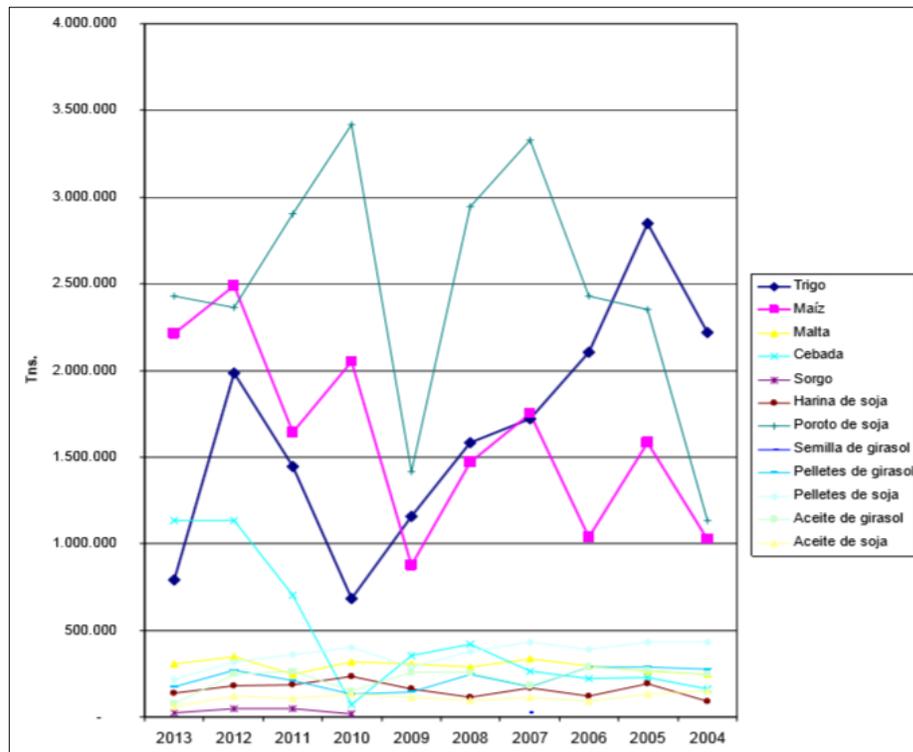
Con respecto a la problemática de las retenciones a las exportaciones y a las condiciones climáticas desfavorables que se han dado en la RESAB, en un comunicado titulado “los indignados del sudoeste bonaerense” varios agricultores expresaron: *“desde hace seis años el gobierno interviene en la comercialización del trigo, impidiendo la venta del producto y cuando la autoriza, genera una injusta, irrazonable, inequitativa y perniciosa transferencia de recursos a favor de los grupos concentrados de la molinería y de las exportadoras y en evidente perjuicio de nosotros los productores”* (INFOCAMPO, 2014).

Otro productor rural de Cnel. Pringles expresó: *“reclamamos que se elimine las retenciones de trigo para promover la siembra 2010/11 del cereal luego de que las últimas tres campañas resultaron desastrosas en términos productivos por las restricciones hídricas. Nosotros no precisamos dinero (en referencia a los subsidios oficiales); necesitamos que se eliminen las retenciones a nuestro principal producto agrícola. En esta zona hemos sido muy castigados climáticamente en los últimos años y sería importante poder conversar este tema con el gobierno nacional”* (INFOCAMPO, 2009).

El INTA analizó los valores de exportación de trigo y otros granos (Figura 4) cedidos por el Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca (2014). Como principal resultado, indicaron que el trigo tuvo una tendencia decreciente en los valores de exportación. De 2,2 millones de toneladas exportadas en 2004 disminuyó a 0,8 millones de toneladas en 2013. Esto significó una pérdida del 63,6 % en el volumen exportable de la región. Sin embargo, las exportaciones de la soja se incrementaron durante ese período. Entre los factores más importantes se destacan los menores registros de precipitación ocurridas en la región a partir de 2004/2005, que incidieron negativamente sobre la productividad agrícola de una importante parte de los territorios, retenciones a las exportaciones, etc. Las consecuencias ocurren particularmente en todo territorio semiárido circundante a Bahía Blanca, que inmerso en una cultura de cosecha fina (trigo como principal cultivo) desde hace años tiene una grave problemática como lo es la pérdida económica y la venta de mercadería. Todo esto acompañado de una tendencia decreciente en la superficie destinada a esa producción.

Figura 4

Exportaciones de granos, subproductos y aceite en el puerto de Bahía Blanca



Fuente: Coma, 2010.

En síntesis, se puede afirmar que el área de estudio fue incorporada a la dinámica de acumulación del espacio pampeano, a partir del modelo agroexportador. A partir de allí, la producción de trigo promovió y dinamizó el desarrollo de la región generando grandes transformaciones territoriales y socioeconómicas. El cultivo de trigo es y ha sido el principal cultivo de la región, que no siempre ha tenido un crecimiento sostenido, pero que a pesar de los factores climáticos, políticos, económicos, etc., persiste en el espacio rural bonaerense y genera el desarrollo económico de las producciones agrícolas regionales.

CAPITULO 3

ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN (SPEI)

3.1. Evolución del SPEI (período 1970-2012)

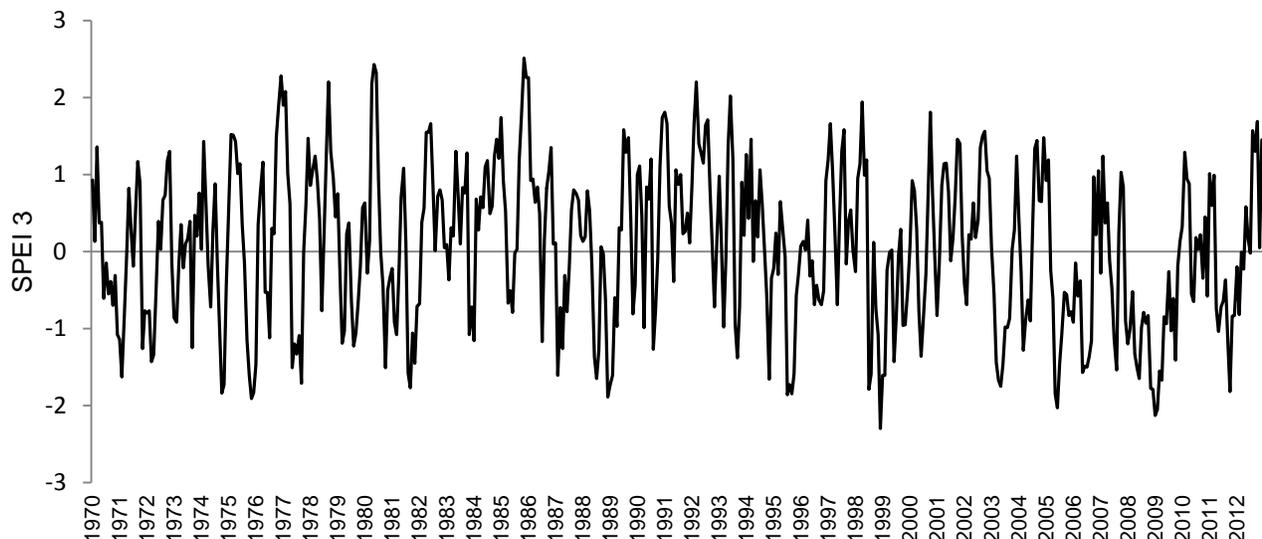
Como resultado del análisis del SPEI (escala 3 meses) se obtuvo la tendencia de la precipitación en la RESAB. El sector norte (estación C. Suárez y Guaminí) reflejó alternancia de períodos secos y húmedos. Por su parte, la Estación C. Suárez obtuvo un 20 % de períodos húmedos en relación con el total de registros. El 17 % de los valores correspondieron a períodos secos y los períodos normales representaron el 63 % de los registros. En relación con las condiciones de humedad, la situación de moderada humedad representó el 13 %. El 5 % y 2 % pertenecieron a las categorías “muy húmedos” y “extremadamente húmedos” respectivamente (Figura 5).

El mayor porcentaje en relación con la sequía correspondió a la categoría de “moderadamente seco” (9 %) mientras que los porcentajes restantes correspondieron a las situaciones de “muy seco” (7 %) y “extremadamente seco” (1 %). Las condiciones de extrema humedad ($SPEI \geq 2$) se observaron en los meses de diciembre de 1976, febrero de 1977, septiembre de 1978, abril-junio de 1980, noviembre-diciembre de 1985 y enero de 1986 y marzo de 1992. Por su parte, las condiciones de extrema sequía ($SPEI \leq -2$) se dieron en diciembre de 1998, junio de 2005 y enero-febrero de 2009. La cantidad de meses con extrema humedad fueron mayores que los de extrema sequía para esta zona y el máximo valor perteneciente a la categoría “extremadamente húmedo” ocurrió en el mes de noviembre de 1985 con un valor de SPEI de 2,52.

El máximo valor de sequía extrema se dió en el mes de diciembre de 1998 con un SPEI de -2,30 (Figura 5). Los años 2008 y 2009 fueron secos. En la mayoría de los meses los valores de SPEI fueron menores a -1. Enero y febrero de 2009 presentaron los máximos valores de SPEI de esos años.

Figura 5

Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona N de la RESAB- estación Coronel Suárez (escala 3 meses)

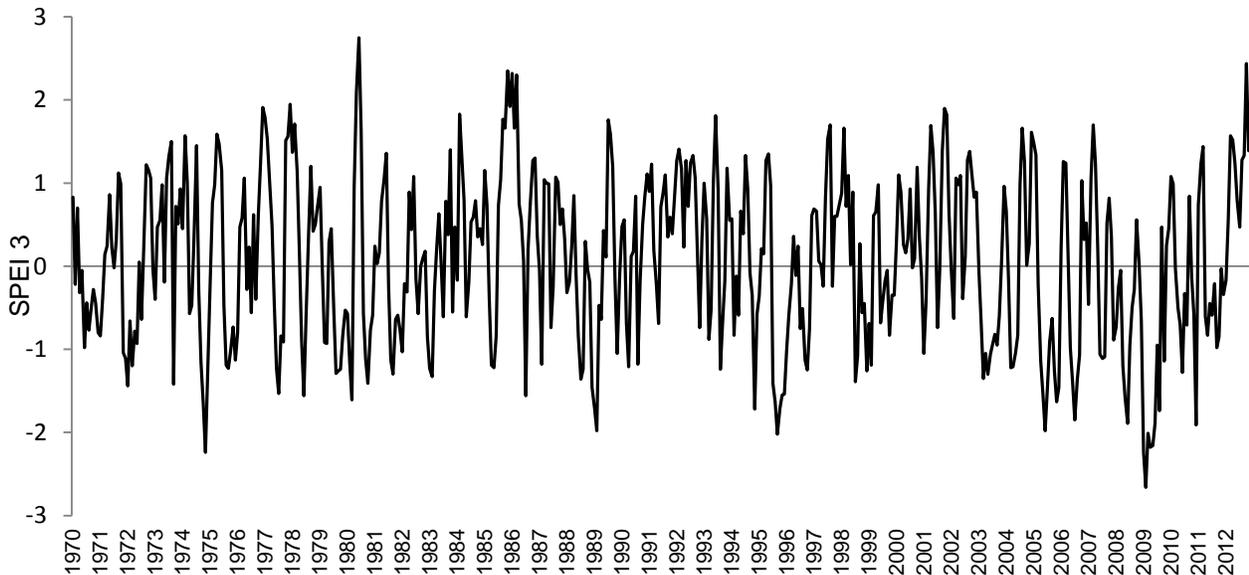


Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de <http://sac.csic.es/spei/home.html>, 2013.

En la estación Guaminí, el 21 % de los valores correspondió a períodos húmedos, el 17 % correspondió a sequía mientras que el 62 % de los valores correspondió a situaciones normales. Teniendo en cuenta el total del período analizado, este sector presentó valores similares en las diferentes categorías del SPEI, el 1 % correspondió a la categoría de extrema humedad y sequía, respectivamente. Las categorías “muy húmedo” y “muy seco” obtuvieron un 6 % y 4 % respectivamente. Las situaciones de humedad moderada y sequía moderada ocurrieron en un 14 y 12 %. Tomando en cuenta los valores extremos, los correspondientes a situaciones de humedad se dieron en los meses de mayo-junio de 1980, noviembre de 1985, enero y marzo de 1986 y octubre de 2012. El valor extremo de humedad correspondió a junio de 1980 (SPEI= 2,75). La situación de sequía prolongada se manifestó durante el período enero-mayo de 2009, con SPEI superior en febrero (SPEI= -2,66) mientras que los meses de noviembre de 1974 y septiembre de 1995 se clasificaron como de extrema sequía (Figura 6). Durante todo el año 2008, al igual que el 2009, los valores de SPEI mostraron condiciones de sequía.

Figura 6

Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona norte de la RESAB- estación Guaminí (escala 3 meses)



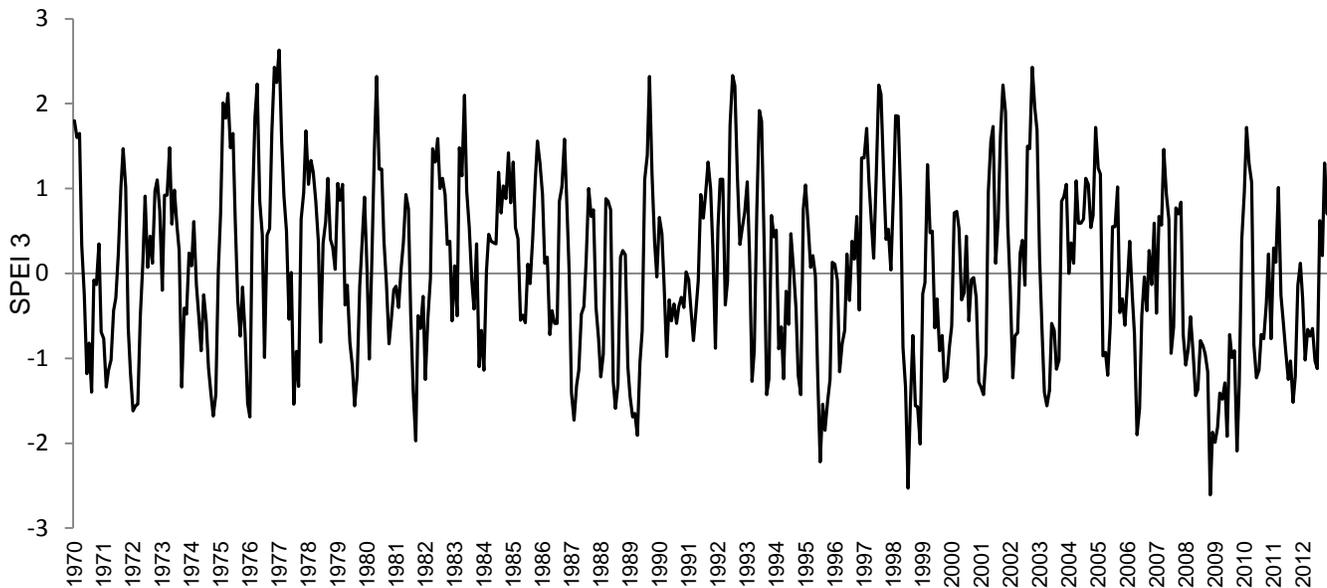
Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de <http://sac.csic.es/spei/home.html>, 2013.

Las estaciones localizadas entre las isohietas de 700 y 600 mm/año también reflejaron alternancia de períodos secos y húmedos. Para el caso de la estación Bahía Blanca, el 62 % de los valores fueron considerados “normales” y el 19 % de los valores correspondieron tanto a períodos de humedad como de sequía. La situación mostró predominio de períodos normales, moderadamente secos (12 %) y moderadamente húmedos (11 %). Las demás categorías presentaron 3 % y 1 % de extrema humedad y sequía y 5 % de períodos considerados “muy húmedos” y “muy secos”. Los valores extremos de humedad se dieron en los meses de febrero y abril de 1975, abril-noviembre y diciembre de 1976, enero de 1977, mayo de 1980 y 1983, septiembre de 1989, julio y agosto de 1992 y 1977, octubre de 2001 y 2002. El valor más alto de esta categoría ocurrió en enero de 1977 (SPEI= 2,63). Las situaciones de extrema sequía se dieron en julio de 1995 y julio de 1998, diciembre de 1998, noviembre de 2008 (Figura 11a) y octubre de 2009 (Figura 7). Al igual que en la zona Norte, las situaciones de sequía más prolongada ocurrieron en los años 2008 y 2009. El año 2001, se presentó como húmedo

debido a que en la mayoría de los meses los valores de SPEI estuvieron por encima de 0,99. Octubre de ese año presentó valores de extrema humedad (SPEI=2,22) (Figura 11d).

Figura 7

Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona central de la RESAB- estación Bahía Blanca (escala 3 meses)



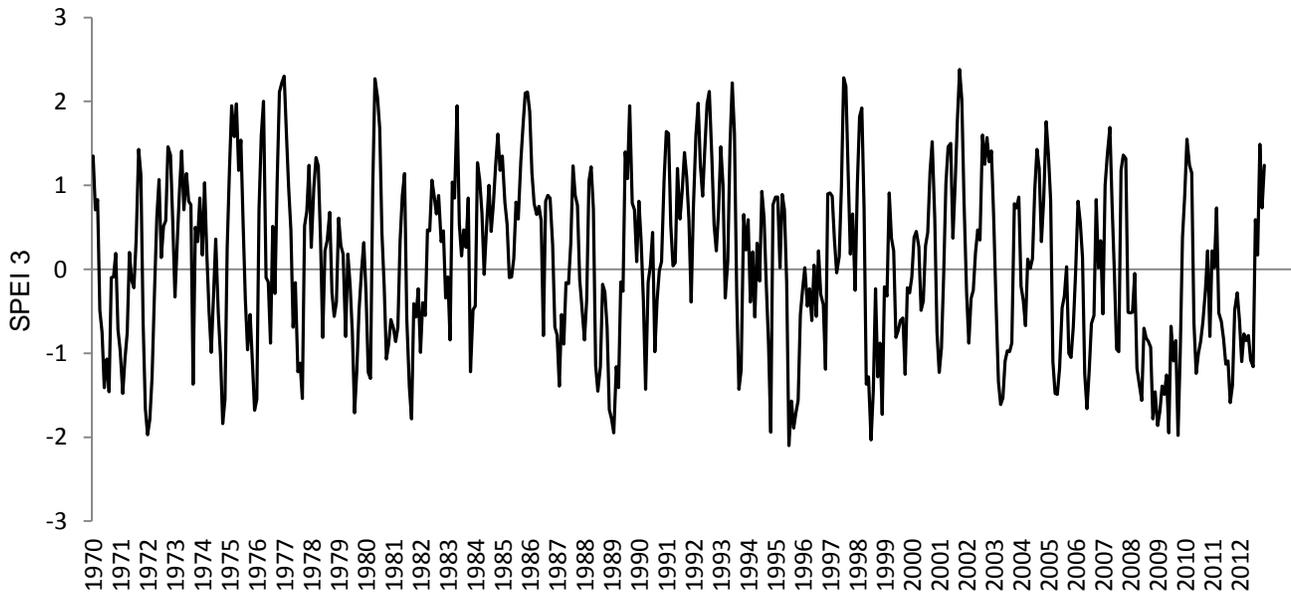
Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de <http://sac.csic.es/spei/home.html>, 2013.

Para el caso de la estación Puan al igual que Bahía Blanca, se obtuvo alternancia de períodos secos y húmedos. El 63 % de los valores fueron considerados “normales”. Con respecto a los períodos húmedos y secos, estos representaron el 19 % de los registros. En relación con la categorización en esta zona, hubo condiciones de sequía y humedad moderada en un 6 % y 5 % respectivamente. Los meses de julio de 1995 y 1998 correspondieron a condiciones de extrema sequía ($SPEI \leq -2$) siendo julio de 1995 el mes en el cual se obtuvo el valor más alto ($SPEI = -2,10$), representando menos del 1%. Desde noviembre de 2008 (Figura 11a) hasta octubre de 2009 se presentó un período muy seco ($SPEI \sim -1,5$). Por otra parte, los valores de extrema humedad ocurrieron en abril de 1976, mayo y junio de 1980, noviembre y diciembre de 1985, agosto de 1992, junio de 1993, julio y agosto de 1997, octubre y noviembre de 2001. En relación con este período, el máximo SPEI se detectó en octubre de

2001 (Figura 11d) con un valor de 2,38 (Figura 8). Este año fue húmedo debido a que en la mayoría de los meses los valores de SPEI fueron superiores a 0,99.

Figura 8

Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona central de la RESAB- estación Puan (escala 3 meses)



Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de <http://sac.csic.es/spei/home.html>, 2013.

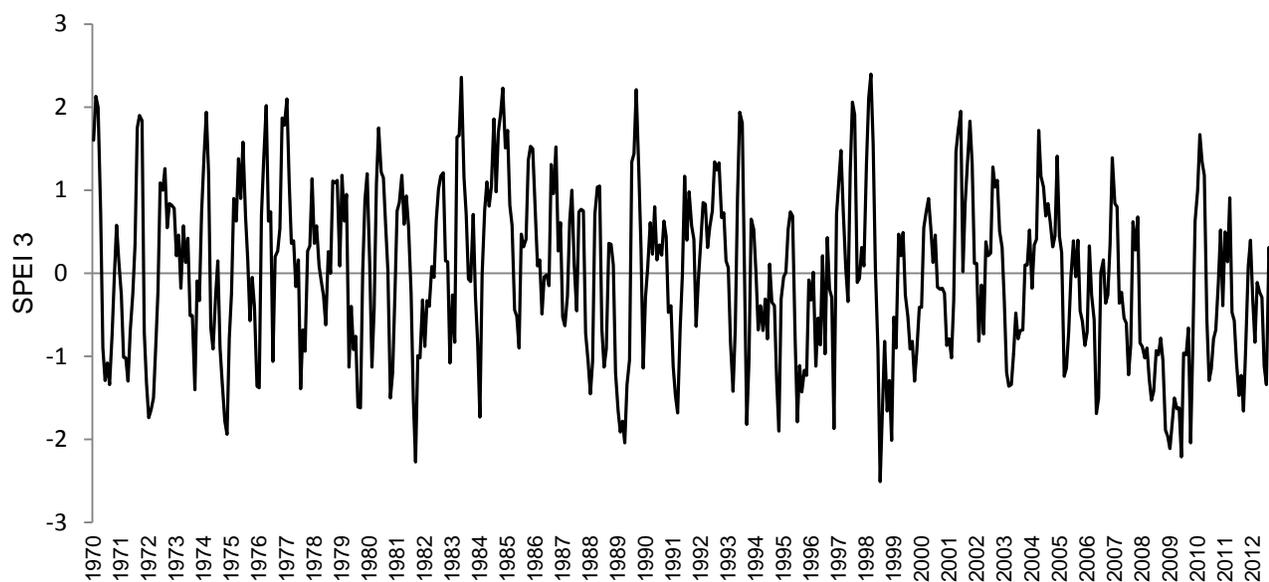
Los períodos de humedad para el sector Sur (Estación Villarino) representaron el 18 % de los valores históricos como así también el mismo valor para los períodos de sequía. Por su parte, el 64 % de los valores correspondieron a eventos “normales” (ej.: 1990 y 2000). Tomando en cuenta los valores extremos, los de sequía se dieron en un 1 % y sucedieron en los meses de septiembre de 1981, abril de 1989, julio y diciembre de 1998 y enero-junio y octubre de 2009 (Figura 11b). El valor máximo del SPEI (-2,51) (Figura 9) ocurrió en el mes de julio de 1998. A principios de 2008 y fines de 2009 los períodos fueron “muy secos”. Enero y junio de 2009 se destacaron por presentar condiciones extremadamente secas, al igual que en la mayoría de las estaciones del área de estudio (Figura 11b).

La humedad fue extrema en los meses de febrero y marzo de 1970, abril de 1976, enero de 1977, mayo de 1983, noviembre de 1984, septiembre de 1989, julio de 1997, enero y

febrero de 1998 (Figura 11c) representando un 3 % del total y con respecto al valor máximo del SPEI (2,40), este ocurrió en febrero de 1998. Se registró un 11 % de eventos de moderada humedad y se observó a fines del año 1984 y principios de 1985 (Figura 9). El año 2001 fue húmedo. Los valores de SPEI fueron superiores a 0,99 y se registró el máximo valor de SPEI en el mes de octubre (SPEI=1,83) (Figura 11d).

Figura 9

Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona sur de la RESAB- estación Villarino (escala 3 meses)



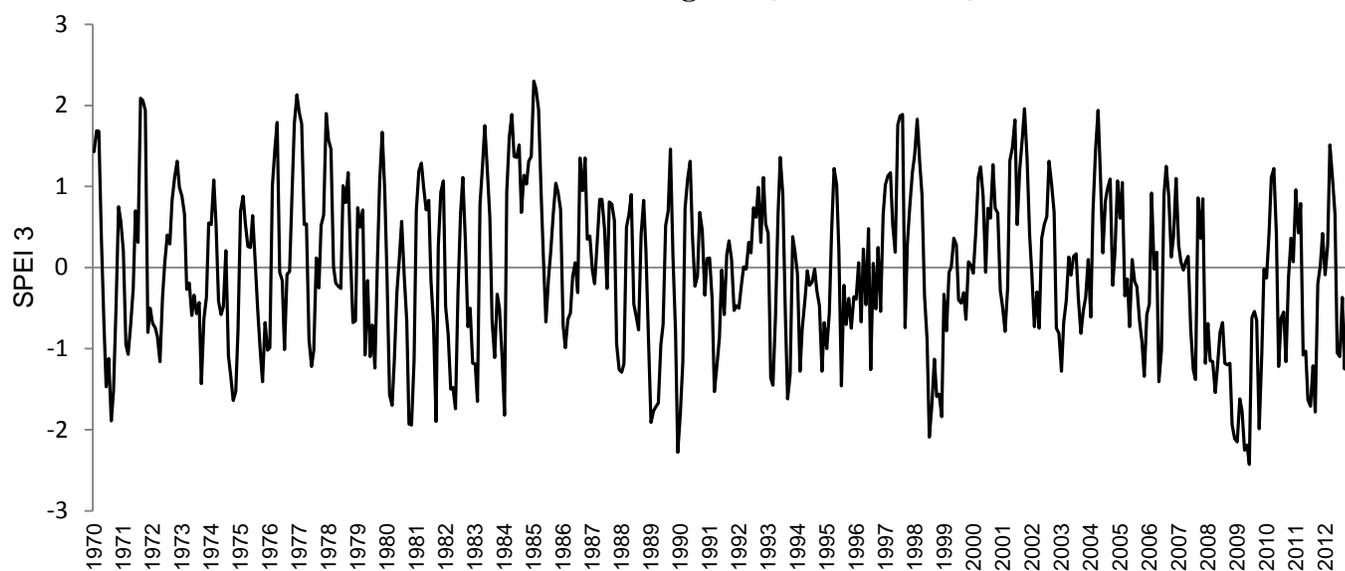
Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de <http://sac.csic.es/spei/home.html>, 2013.

El análisis del SPEI para el extremo sur del área de estudio (C. Patagones) coincidió con la situación observada para Villarino. El 17 % de los valores históricos pertenecen a períodos húmedos y secos respectivamente. Los valores extremos de humedad sucedieron en los meses de agosto y septiembre de 1971, diciembre de 1976, enero y febrero de 1985 y representa menos del 1 % del total de los datos para el período 1970-2012. Enero de 1985 fue el mes en el que ocurrió el máximo valor del SPEI (2,30). El año 1984 fue caracterizado por la ocurrencia de eventos moderadamente húmedos y muy húmedos (11 % y 5 %, respectivamente). En 2001, los valores de SPEI también presentaron condiciones de humedad. Al igual que en Villarino, el máximo valor de SPEI se registró en octubre de 2001 (SPEI=1,83) (Figura 11d).

En cuanto a los períodos secos, estos se dieron en mayor número que los húmedos y ocurrieron en los meses de diciembre de 1989, julio de 1998, diciembre de 2007 y enero-abril-mayo-junio de 2009 (Figura 11b). Se observó que el máximo valor correspondiente a esta condición ocurrió en el mes de junio de 2009 con un SPEI de -2,43. Este año presentó condiciones de sequía que persistieron durante todo el año. En este sector las sequías moderadas alcanzaron un 11 % y los eventos muy secos un 6 %, estos eventos se observaron de abril a septiembre de 2011 (Figura 10). Por su parte, el año 2008 también presentó durante todo los meses situaciones de sequía con el máximo valor de SPEI en diciembre (-2,11).

Figura 10

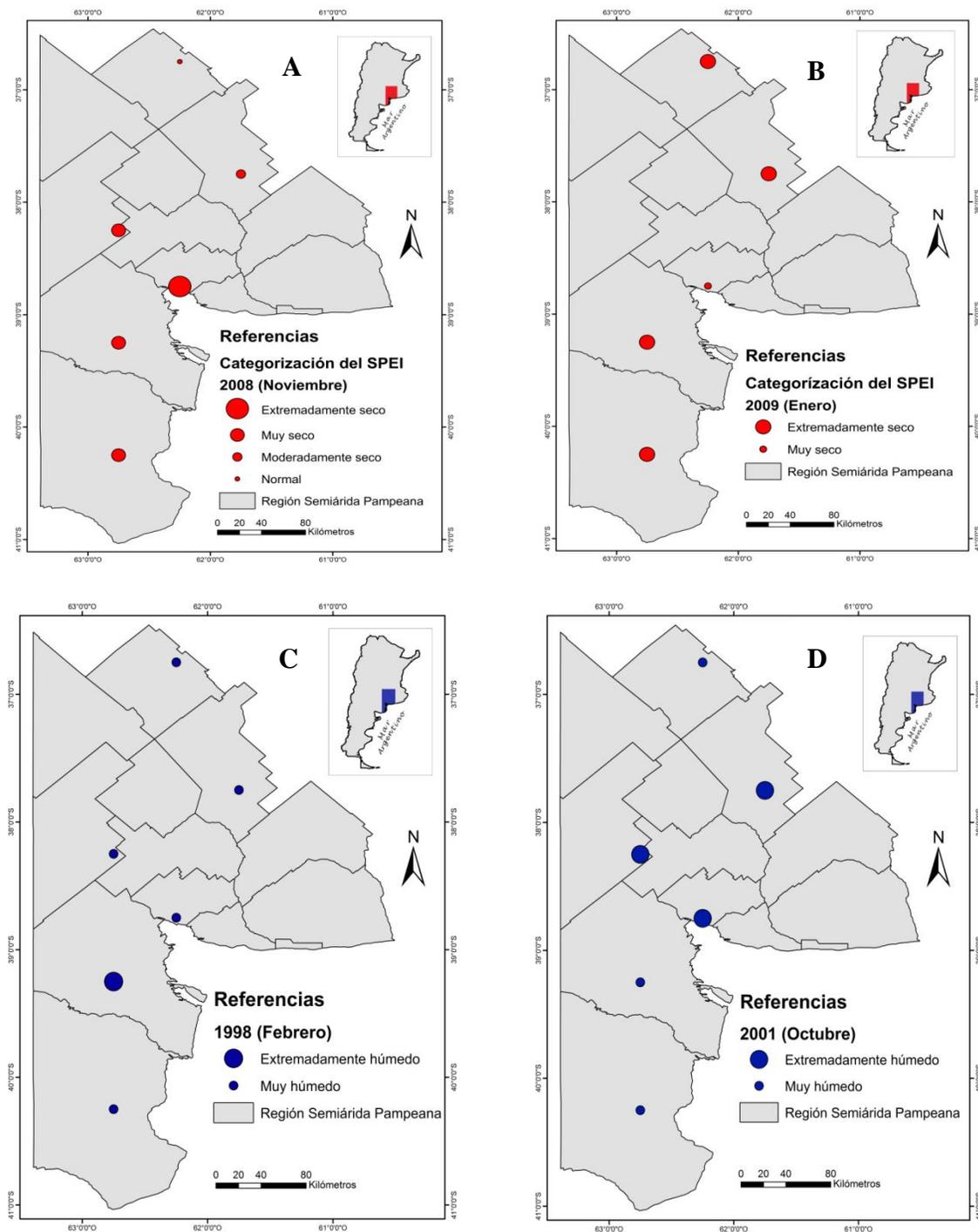
Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI). Zona sur de la RESAB-estación C. Patagones (escala 3 meses)



Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de <http://sac.csic.es/spei/home.html>, 2013.

Figura 11

Distribución temporal y espacial del SPEI en la RESAB



Fuente: elaborado por Andrea Brendel, 2014.

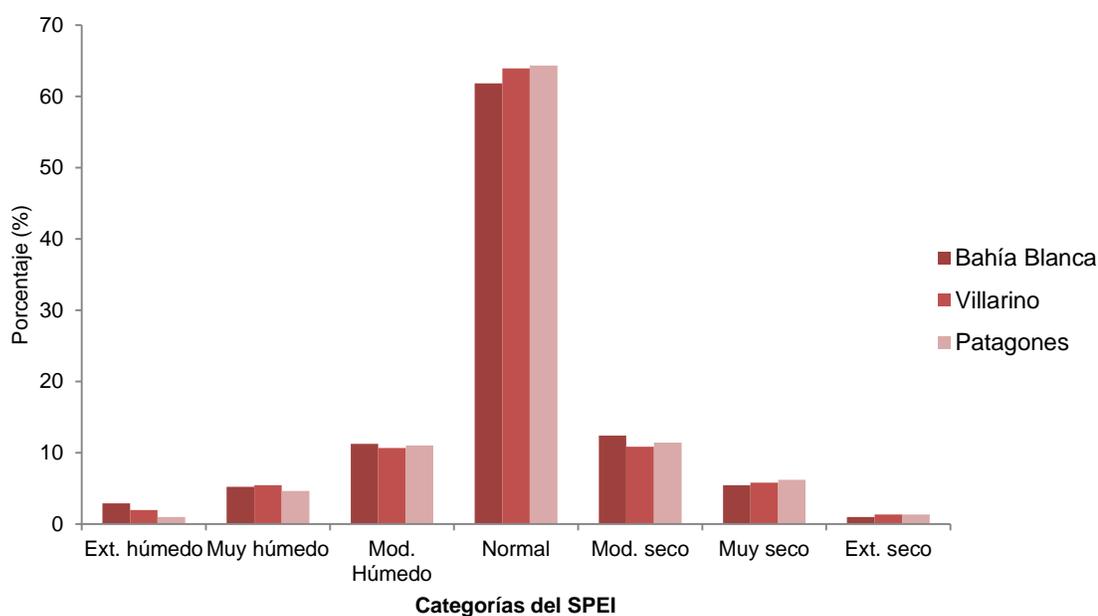
Teniendo en cuenta el período analizado (30 años), el sector sur presentó el 1 % de condiciones de extrema sequía y el 2 % de extrema humedad. Por su parte, las situaciones muy

húmedas y muy secas obtuvieron valores del 5 % y 6 % respectivamente, mientras que las categorías moderadamente húmedas y secas alcanzaron un 11 % y 12 % respectivamente. El porcentaje restante (63 %) correspondió a situaciones normales (Figura 12a).

La situación analizada en el norte del área de estudio, coincide con lo ocurrido en el sector Sur. Los valores más bajos correspondieron a las categorías extremadamente seco y húmedo (1 y 2 % respectivamente). Se registraron un 5 % de situaciones muy húmedas y un 6 % de muy secas. Los eventos de moderada humedad ocurrieron en un 13 % y los de sequía en un 11 %. Los períodos normales representaron el 62 % de los registros (Figura 12b).

Figura 12a

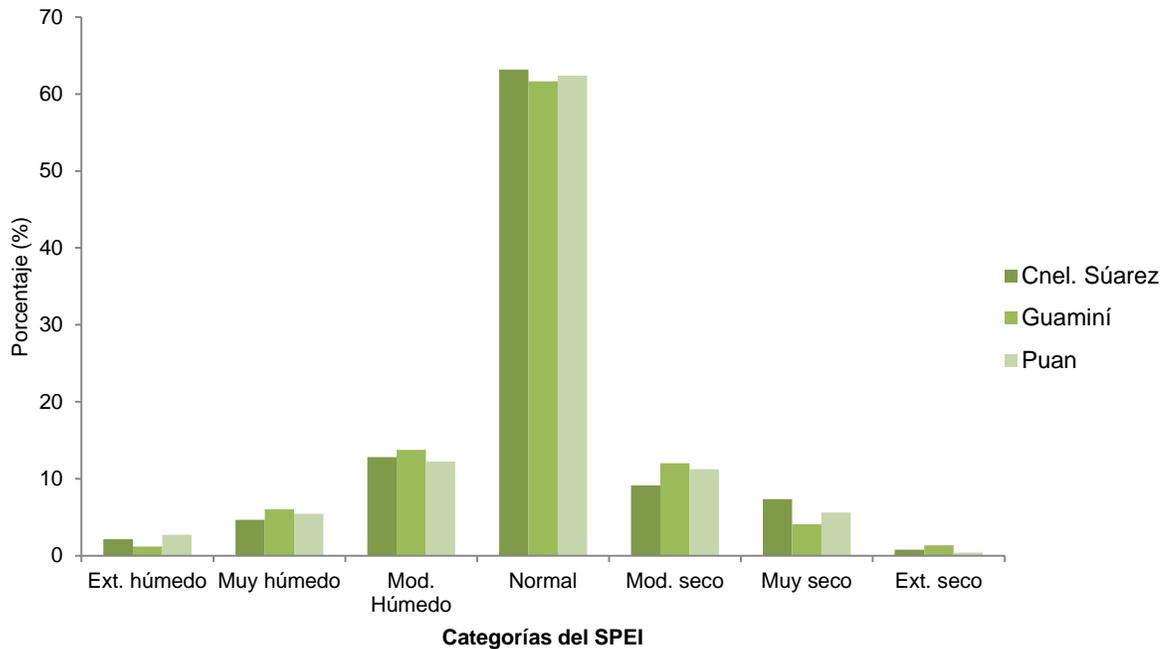
Porcentaje de cada categoría de SPEI en el sur del área de estudio (período 1970-2012)



Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de <http://sac.csic.es/spei/home.html>, 2013.

Figura 12b

Porcentaje de cada categoría de SPEI en el norte del área de estudio (período 1970-2012)



Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de <http://sac.csic.es/spei/home.html>, 2013.

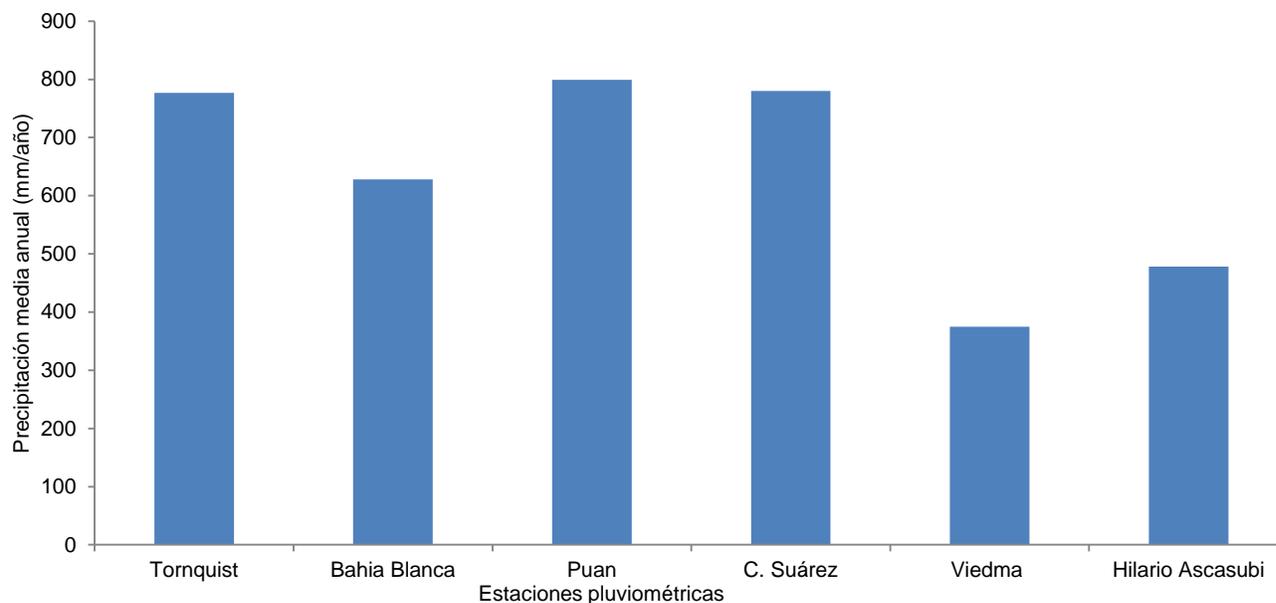
3.2. Análisis anual e interanual de las precipitaciones

Se analizó y calculó el valor normal durante el período 2000-2009 (Figura 13). Se tomaron como valores normales aquellos previamente obtenidos D'Ambrosio *et al.* (2013) durante el período 1979-2009. Las estaciones analizadas fueron: C. Suárez, Puan, Bahía Blanca y Tornquist. Adicionalmente, se calcularon para el mismo período, los valores medios de precipitación para las estaciones de Viedma y (375,3 mm/año) e Hilario Ascasubi (536 mm/año).

La precipitación media anual de la zona de estudio varía entre los 780 mm (Estación C. Suárez) y los 375 mm anuales (Estación Viedma) de norte a sur. Puan presentó valores normales de 699 mm/año mientras que Tornquist de 777 mm/año. En Hilario Ascasubi, la precipitación media anual fue de 478 mm/año (Figura 13).

Figura 13

Precipitación normal (período 1979-2009)



Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de datos del INTA, 2014.

A nivel regional, a partir del año 2005, comenzó un período seco con valores anuales inferiores a la media. En todas las estaciones pluviométricas, el año 2008 mostró una disminución en las precipitaciones respecto de los valores normales (Figura 14). El 39,75 % de los registros pluviométricos anuales se correspondieron con años de precipitaciones superiores a la media mientras que el 60,25 % de los valores correspondieron a años con valores inferiores a la normal.

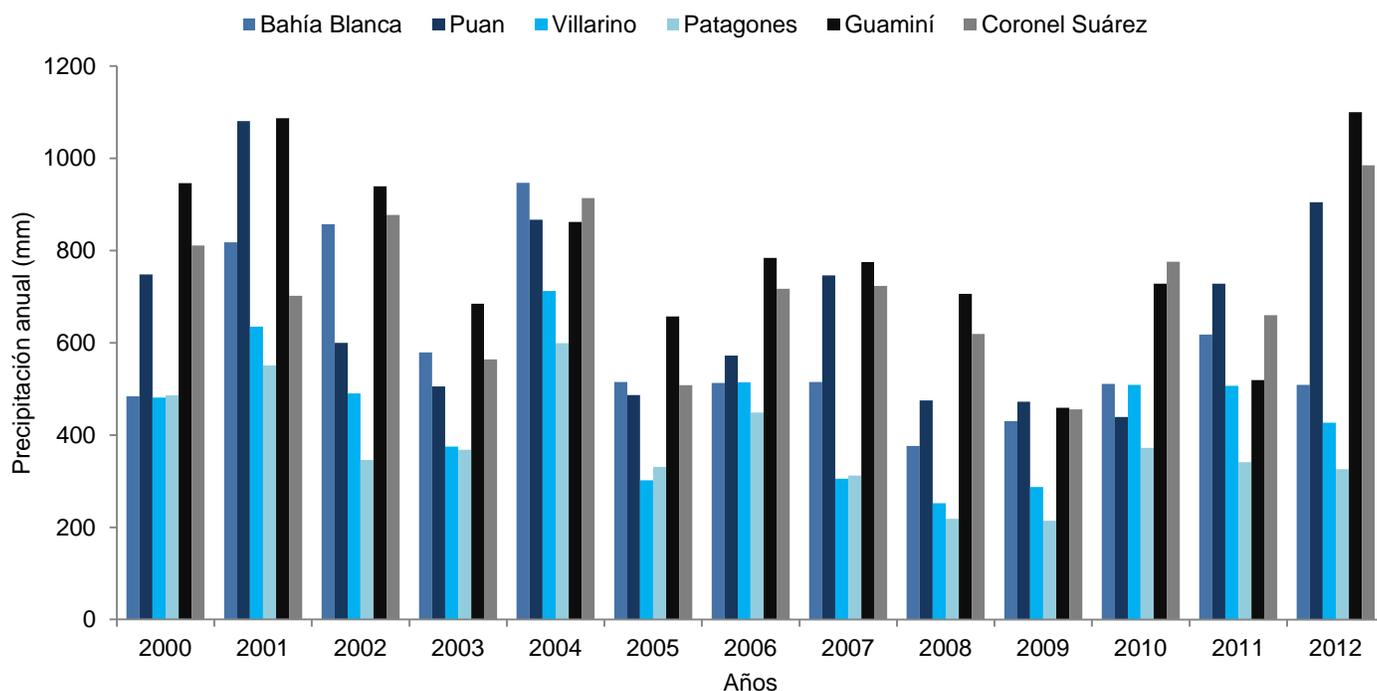
La estación C. Patagones obtuvo el mínimo valor (218 mm/año) mientras que la estación C. Suárez obtuvo el máximo valor de todas las estaciones analizadas en ese año (706 mm). En el año 2009, de forma similar a la tendencia observada en 2008, los datos señalaron una disminución en las precipitaciones respecto a los valores normales. Las máximas precipitaciones ocurrieron en el norte, alcanzando los 459 mm (Estación Guaminí) y disminuyendo hasta los 214 mm en el sur (Estación C. Patagones) (Figura 14). La distribución espacial de las precipitaciones mostró una disminución de las mismas en sentido NE-SO.

En los años 2001 y 2004, todas las estaciones analizadas presentaron montos superiores al valor normal. En 2004, Bahía Blanca obtuvo el mayor valor de precipitación (947 mm)

mientras que en el año 2001, Puan y Guaminí obtuvieron los máximos valores (1081 mm y 1087 mm respectivamente). El año 2002 también presentó montos que superaron al valor normal (Figura 14).

Figura 14

Valor interanual de la precipitación en el área de estudio (período 2000-2012)



Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base de datos del INTA, 2014.

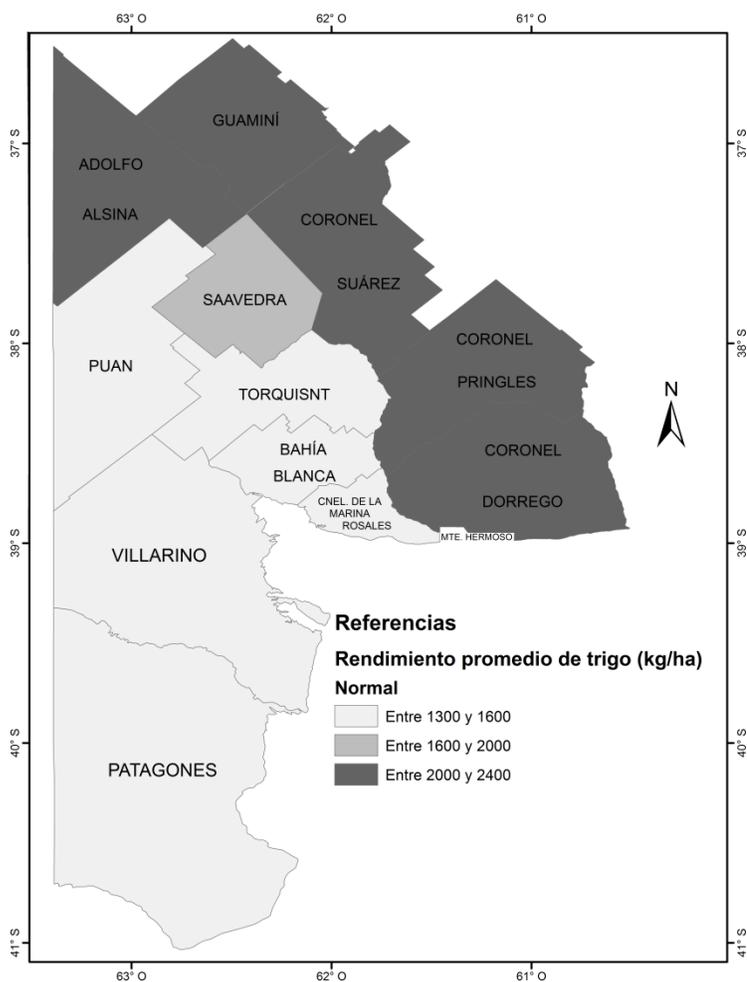
CAPITULO 4

RENDIMIENTO DE TRIGO Y SU RELACIÓN CON LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN

4.1. Análisis cartográfico de los rendimientos de trigo

Los rendimientos de trigo en el área de estudio oscilaron entre los 1.300 y los 2.400 kg/ha, de sudoeste a norte-noreste, durante el período 2000-2012 (Figura 15). Los máximos rendimientos correspondieron a los partidos de A. Alsina, Guaminí, C. Suárez, C. Pringles y C. Dorrego, alcanzando 2.000 y 2.400 kg/ha. En el partido de Saavedra, el valor promedio de trigo fue entre 1.600 y 2.000 kg/ha mientras que en los restantes partidos (centro y sur del área), los rendimientos alcanzaron entre 1.300 y 1.600 kg/ha.

Figura 15
Rendimiento de trigo durante el período 2000-2012



Fuente: elaborado por Andrea Brendel, 2014.

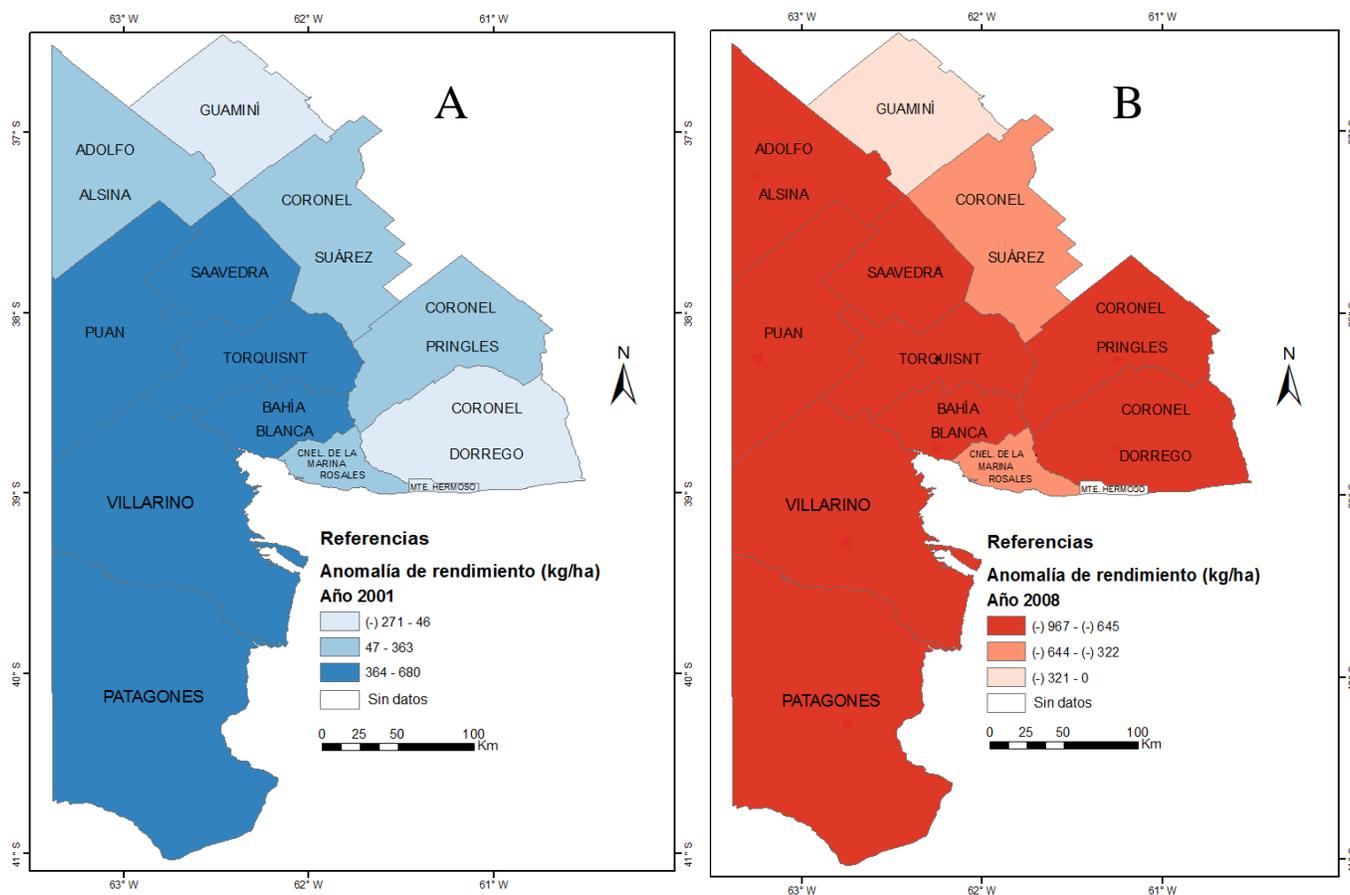
Como resultado del análisis de la variabilidad de la precipitación, se calcularon las anomalías de rendimientos en años extremos: un año húmedo (2001) y un año seco (2008). Durante el primer período, las máximas anomalías positivas de rendimiento (364-680 kg/ha) ocurrieron en los partidos de Puan, Saavedra, Tornquist, Bahía Blanca, Villarino y C. Patagones (Figura 16a). Las menores diferencias se encontraron en los partidos de Guaminí y C. Dorrego (entre 46 y -271 kg/ha). En los restantes partidos (A. Alsina, C. Suárez, C. Pringles y C. Rosales) los valores de anomalías positiva oscilaron entre 47 y 363 kg/ha. De manera general, durante el año húmedo, en casi la totalidad de los partidos los valores de rendimiento estuvieron por encima del promedio, generando anomalías positivas.

La sequía meteorológica ocurrida en el año 2008 generó pérdidas económicas a los agricultores. El bajo rendimiento del cultivo de trigo fue una de las principales consecuencias debido a la escasez de agua, entre los principales factores. Existen otros factores que limitan los rendimientos de trigo en el área de estudio, tales como las propiedades edáficas (Galantini *et al.*, 2004), la disponibilidad de nitrógeno y fósforo (Martínez *et al.*, 2012), la densidad de siembra, fecha de siembra, políticas públicas, entre otros; pero la variable de mayor impacto sobre el rendimiento de trigo es la precipitación, seguida de la fertilización nitrogenada (Álvarez *et al.*, 2004).

En todos los partidos de la RESAB, los rendimientos de trigo en el año 2008 estuvieron por debajo del promedio. La mayoría de los partidos presentó rendimientos entre 646 y 967 kg/ha menos que el valor normal, mientras que en el partido de C. Suárez y C. Rosales oscilaron entre -644 y -322 kg/ha con respecto al valor normal (Figura 16b). El partido de Guaminí presentó las menores oscilaciones con respecto al valor medio de rendimientos (entre 0 y -322 kg/ha).

Figura 16

Anomalías positivas (Figura A) y negativas de rendimiento (Figura B) de trigo en la RESAB



Fuente: elaborado por Andrea Brendel, 2014.

4.2. Análisis de la superficie sembrada, superficie cosechada y rendimiento del cultivo de trigo y su relación con la variabilidad de la precipitación

Se analizó la superficie sembrada y cosechada (campañas 2000/2001-2012/2013) del cultivo de trigo para el norte del área de estudio que comprende los partidos de C. Suárez y Guaminí, el centro (partidos de Bahía Blanca y Puan) y el sur del área de estudio (partidos de C. Patagones y Villarino).

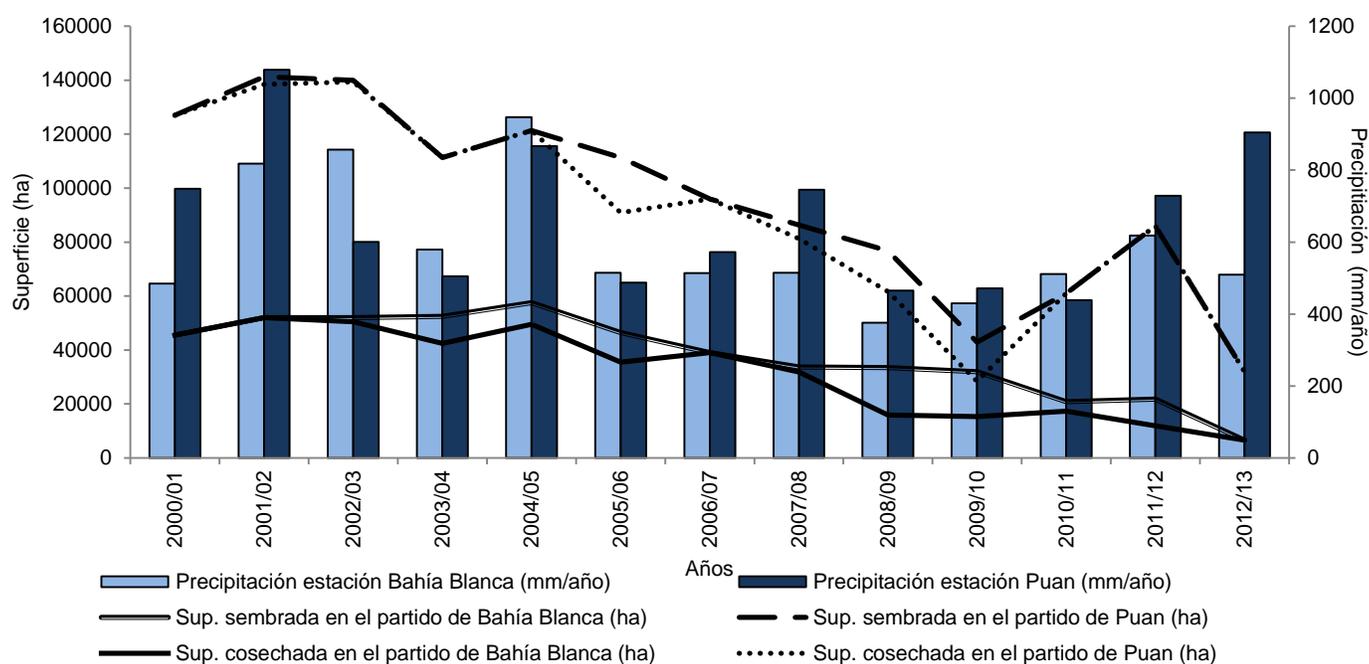
Durante las campañas analizadas, se describió la tendencia de la superficie sembrada, cosechada y rendimientos del cultivo de trigo. Varios estudios han demostrado que el trigo en las últimas décadas fue perdiendo espacio. Este aspecto pudo estar incentivado (además de las

causas climáticas adversas) por varios factores tales como la sustitución por las oleaginosas, retenciones a la exportación, el precio del gasoil y el escaso margen de rentabilidad que obtiene el productor en relación al precio internacional del commodity.

Para el centro del área, la superficie sembrada fue mayor en Puan que en Bahía Blanca (Figura 17) mientras que los rendimientos de trigo también fueron superiores para el primero, en todo el período (Figura 18). El promedio de superficie sembrada en ambos partidos durante todo el período fue mayor en Puan (94.860 ha) que en Bahía Blanca (37.965 ha). En la campaña 2004/2005 el trigo mostró el máximo valor de rendimiento en Puan (2.170 kg/ha) favorecido por precipitaciones superiores a la normal (867 mm) (Figura 17).

Figura 17

Precipitación anual, superficie sembrada y superficie cosechada. Centro del área de estudio (período 2000/2012)



Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base a datos del MAGyP e INTA, 2014.

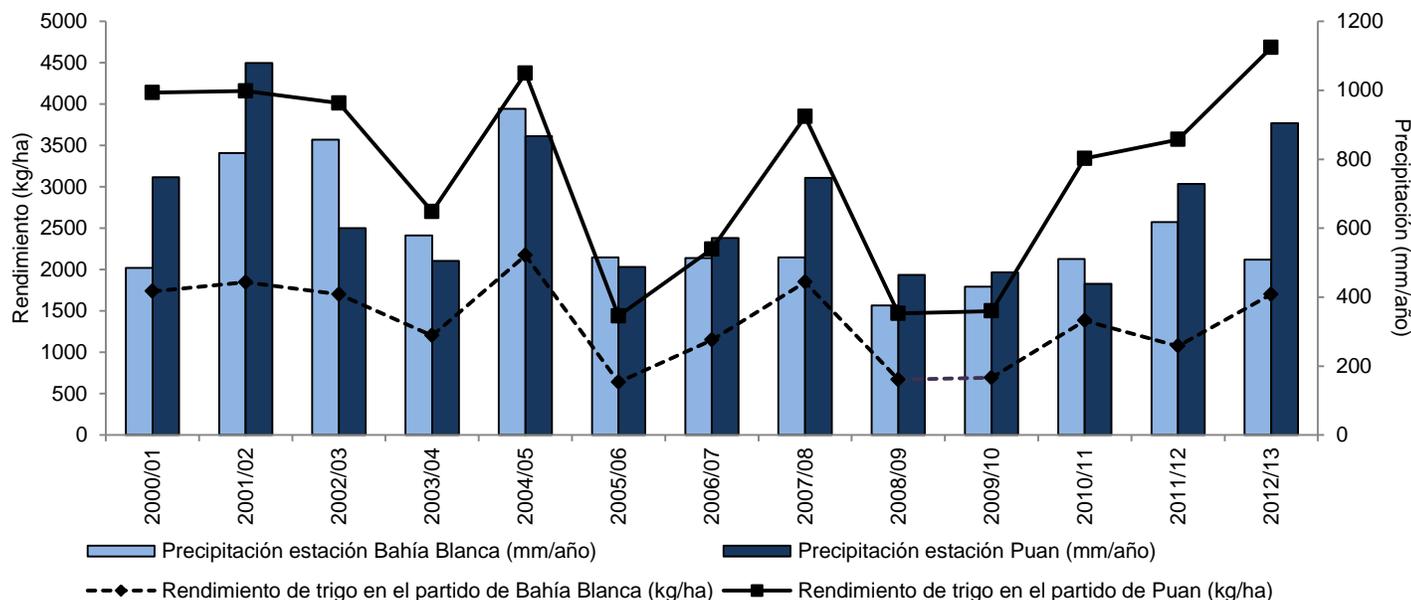
En las campañas 2008/2009 y 2009/2010 la situación fue similar. La superficie sembrada estuvo por debajo del promedio en Puan y Bahía Blanca y durante estas campañas las hectáreas sembradas fueron 33.535 ha y 31.980 ha. En Puan, durante las campañas 2008/2009 y 2009/2010 se sembraron 76.800 y 42.880 ha respectivamente, debido a la sequía

meteorológica ocurrida en la región (Figura 17). Para ambos partidos del centro de la región, la superficie cosechada también fue menor al promedio (90.358 ha, Puan y 31.803 ha, Bahía Blanca) mientras que para esas campañas la pérdida representó el 52 y 51 % para Bahía Blanca y el 19 y 33% para Puan. Ello coincide con años en los que la precipitación anual estuvo muy por debajo de la normal destacándose el año 2008 como el más seco (375,6 mm, Bahía Blanca y 470,8 mm, Puan) mientras que en 2009 se registró una precipitación anual de 430 mm en Bahía Blanca y de 471 mm en Puan (Figura 17).

El rendimiento del cultivo para esas campañas permitió observar las consecuencias de la sequía meteorológica ocurrida en toda la región de estudio. En la campaña 2008/2009 el trigo obtuvo rendimientos que estuvieron por debajo del promedio (promedio Puan, 1.820 kg/ha y Bahía Blanca, 1.370 kg/ha,) y se obtuvieron 670 kg/ha y 800 kg/ha respectivamente. Durante la campaña 2009/2010, los rendimientos en Puan fueron de 806 kg/ha y en Bahía Blanca de 693 kg/ha (Figura 18).

Figura 18

Precipitación anual y rendimiento de trigo. Centro del área de estudio (período 2000/2012)



Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base a datos del MAGyP e INTA, 2014.

Durante la campaña 2005/2006 se hallaron similitudes entre los partidos de la zona central. La superficie sembrada fue superior al promedio. En Bahía Blanca se sembraron 46.500 ha y en Puan, 111.300 ha pero la superficie cosechada registró pérdidas del 24 y 18 %. Los rendimientos también fueron menores al promedio (600 kg/ha para Bahía Blanca y 800 kg/ha para Puan) en coincidencia con la ocurrencia de precipitaciones anuales inferiores a la normal (515mm, Bahía Blanca y 487 mm, Puan) (Figura 18).

La campaña 2012/2013, en ambos partidos, obtuvo los menores valores de superficie sembrada (6.634 ha en Bahía Blanca y 32.000 ha en Puan). Los rendimientos presentaron valores máximos en Puan (2.984 kg/ha) siendo este valor el más alto de todo el período para el partido mientras que para Bahía Blanca los rendimientos fueron de 1.700 kg/ha (por encima del promedio). Los máximos rendimientos se asociaron a períodos de precipitaciones anuales superiores a la normal. Se destacó la campaña 2007/2008 en los partidos de la zona central donde se obtuvieron rendimientos de trigo superiores al promedio (1.849 kg/ha en Bahía Blanca y 2000 kg/ha en Puan). En la misma zona, durante la campaña 2011/2012, se evidenció una superficie cosechada por debajo de la superficie sembrada. Como resultado, se registraron pérdidas del 45 %. Para el caso de Puan, no se registraron dichas pérdidas y el rendimiento del cultivo estuvo por encima del promedio (2.497 kg/ha) (Figura 18).

En el norte del área de estudio, durante el período estudiado, la superficie sembrada fue mayor en el partido de C. Suárez que en Guaminí. Las campañas 2001/2002-2003/2004-2004/2005 tuvieron mayor superficie sembrada en C. Suárez (133.000 ha en cada una) mientras que en Guaminí, la superficie sembrada fue máxima en la campaña 2011/2012 (52.000 ha) (Figura 19).

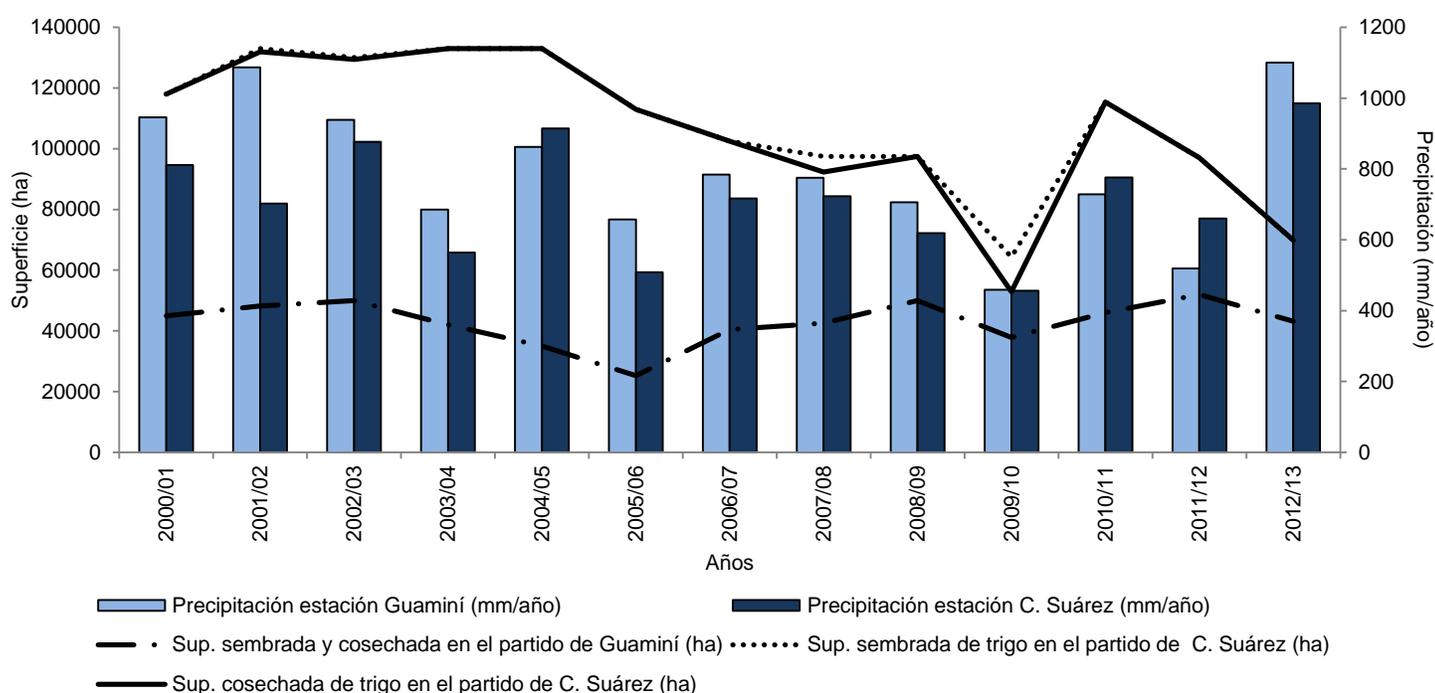
En la zona norte, durante la campaña 2009/2010, la superficie sembrada en Guaminí fue de 37.700 ha y de 64.320 ha en C. Suárez, respectivamente (Figura 19). Tras el análisis de las superficies cosechadas, se evidenciaron pérdidas entre el 1,72 % (Guaminí) y el 17,75 % (C. Suárez). El promedio de rendimiento de trigo de todo el período fue de ~ 2.550 kg/ha en ambos partidos. Las escasas precipitaciones (400 mm/año) durante ese año incidieron negativamente en los rendimientos de trigo.

En el partido de Guaminí se registró el menor número de superficie sembrada en la campaña 2005/2006 (25.200 ha) y pérdidas del 2 %. Los rendimientos de trigo durante esa

campana fueron de 1.700 kg/ha para Guaminí y de 1.800 kg/ha para C. Suárez coincidiendo con precipitaciones anuales por debajo de la normal (Guaminí, 657 mm y C. Suárez, 508 mm) (Figura 20). Los rendimientos fueron superiores en la mayoría de las campañas, en C. Suárez que en Guaminí. Las precipitaciones fueron máximas durante el 2012 (1.100 mm, Guaminí y 985 mm, C. Suárez) y los rendimientos en esa campana fueron los más elevados (3386 kg/ha en Guaminí y 3.986 kg/ha en C. Suárez). Los máximos rendimientos de trigo se dieron en las campañas 2000/2001 (2.911 kg/ha en Guaminí y 2.805 kg/ha en C. Suárez), 2004/2005 (2.500 kg/ha en Guaminí y 2.600 kg/ha en C. Suárez), 2007/2008 (2.886 kg/ha en Guaminí y 2.100 kg/ha en C. Suárez) (Figura 20).

Figura 19

Precipitación anual, superficie sembrada y cosechada. Norte del área de estudio (período 2000/2012)



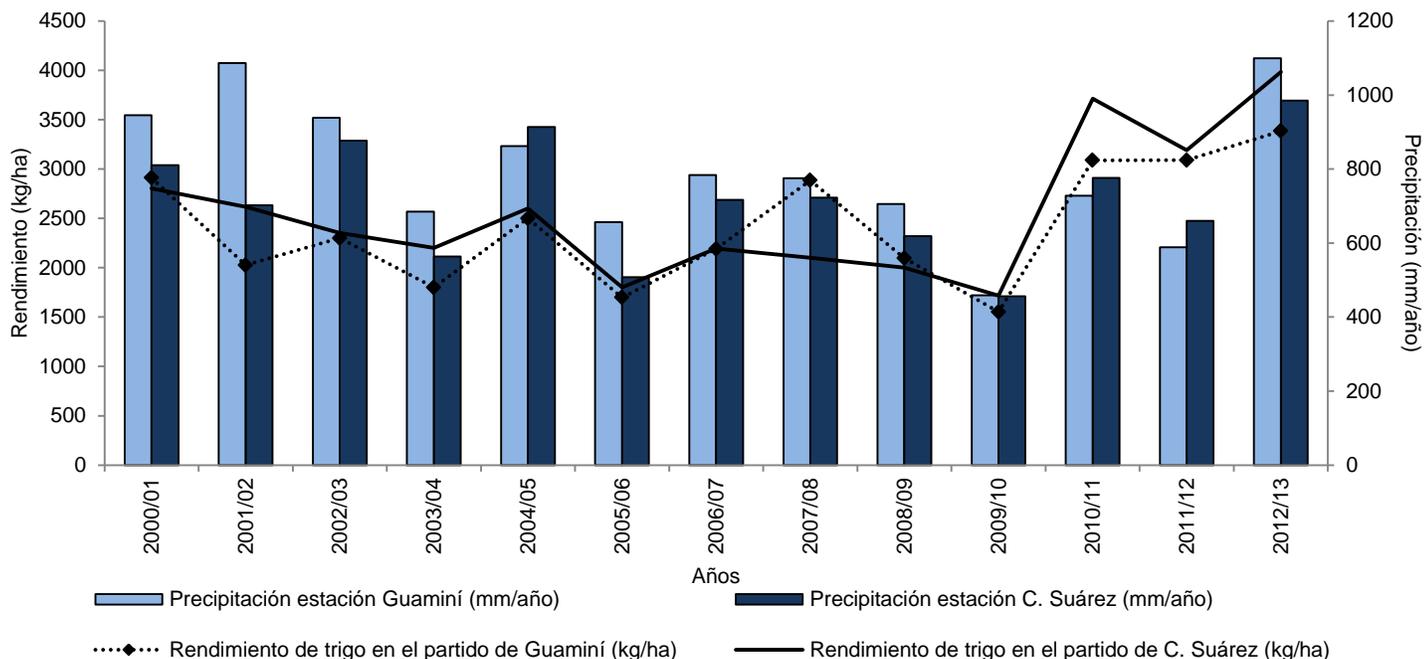
Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base a datos del MAGyP e INTA, 2014.

A partir de la campana 2010/2011 y hasta la campana 2012/2013, los rendimientos de trigo estuvieron por encima de los 3.000 kg/ha (2.500 kg/ha fue el promedio de trigo calculado de todas las campañas) y coincidiendo con precipitaciones superiores a la normal. Las demás

campañas se caracterizaron por presentar rendimientos por encima de los 2.000 kg/ha en ambos partidos (Figura 20).

Figura 20

Precipitación anual y rendimiento de trigo. Norte del área de estudio (período 2000/2012)

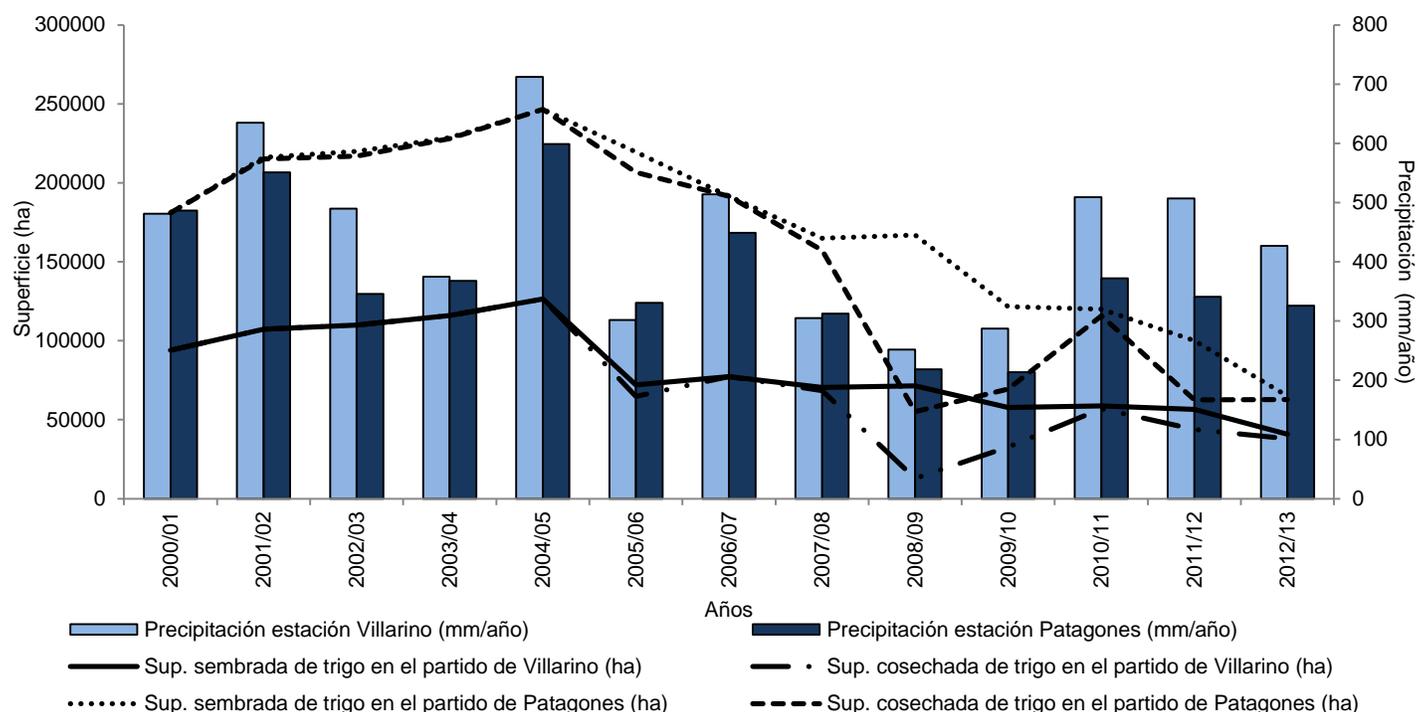


Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base a datos del MAGyP e INTA, 2014.

En el sur del área estudio, la ocupación por el cultivo durante todas las campañas fue mayor en C. Patagones que en Villarino. El promedio de hectáreas sembradas durante todo el período fue 172.446 ha para el primero y 81.644 ha para el segundo. Ambos partidos presentaron los máximos valores de superficie sembrada (126.500 ha en Villarino y 246.500 ha C. Patagones) durante la campaña 2004/2005 (Figura 21). Las precipitaciones fueron máximas durante dicho período (Villarino, 712 mm y C. Patagones 598 mm) así como también los máximos rendimientos de trigo (Figura 22).

Figura 21

Precipitación anual, superficie sembrada y cosechada. Sur del área de estudio (período 2000/2012)

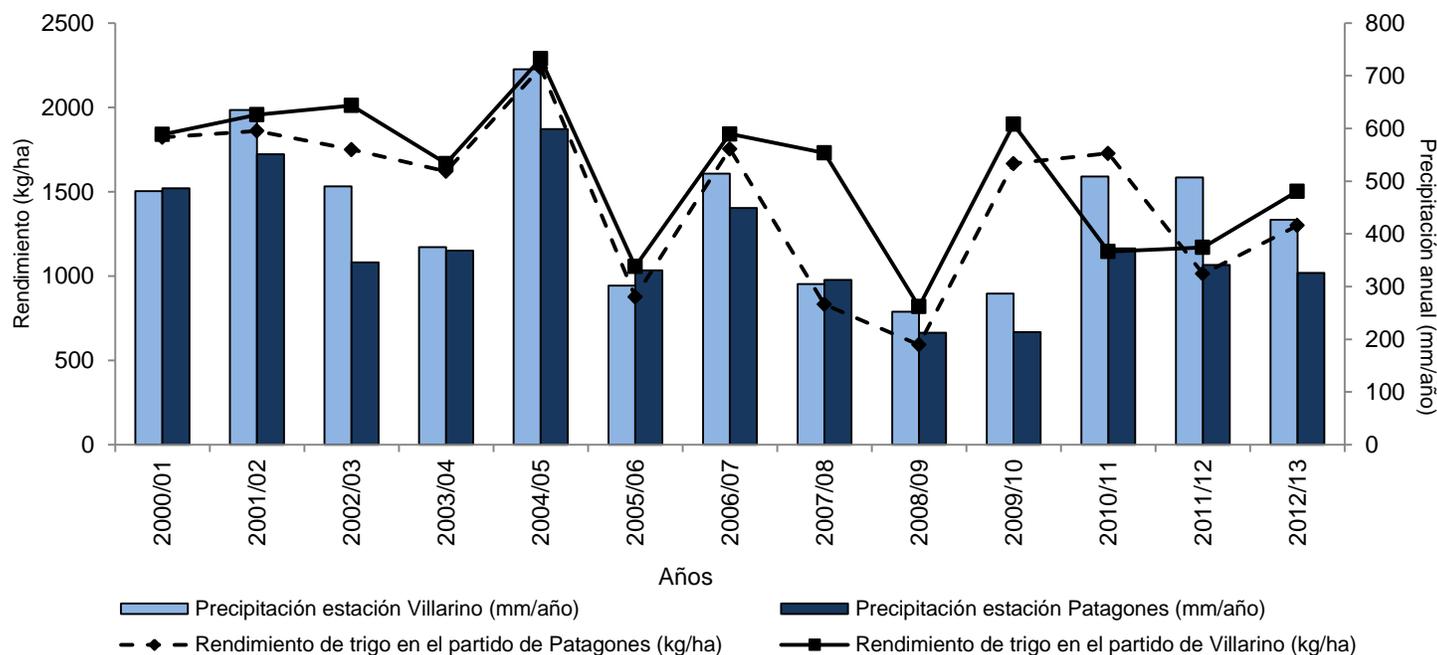


Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base a datos del MAGyP e INTA, 2014.

Se encontraron similitudes de las variables analizadas, durante la campaña 2005/2006 en los partidos del sector sur. Las precipitaciones estuvieron por debajo del valor normal (302 mm, Villarino y 331 mm, C. Patagones) y los rendimientos de trigo fueron de 877 kg/ha y 1.057 kg/ha respectivamente, situándose por debajo del promedio (Villarino 1.610 kg/ha y C. Patagones 1.465 kg/ha.) (Figura 22). La pérdida registrada en estos partidos fue del 10 % para el primero y del 5 %, para el segundo.

Figura 22

Precipitación anual y rendimiento de trigo. Sur del área de estudio (período 2000/2012)



Fuente: elaborado por Andrea Brendel sobre la base a datos del MAGyP e INTA, 2014.

La zona sur se caracterizó, al igual que en toda la región, por presentar rendimientos de trigo por debajo del promedio durante la campaña 2008/2009 (819 kg/ha en Villarino y 593 kg/ha en C. Patagones) como consecuencia de la sequía ocurrida en ese período. Las precipitaciones en Villarino fueron de 252 mm/año y en el partido de C. Patagones de 212 mm/año. La superficie sembrada en el primero fue de 71.500 ha y la superficie cosechada de 12.900 ha, representando una pérdida del 81,95 %. Para C. Patagones, la situación fue similar, la superficie sembrada fue de 167.000 ha y la superficie cosechada de 55.200 ha manifestó una pérdida del 66,95 % (Figura 21).

En el año 2009, las precipitaciones también estuvieron por debajo del valor normal (287 mm, Villarino y 213 mm, C. Patagones). La superficie cosechada de trigo para esta campaña tuvo una diferencia marcada con respecto a la sembrada con porcentajes del 43 y 42 % menos, respectivamente (Figura 21).

Durante la campaña 2011/2012 se presentaron pérdidas del 37 % para C. Patagones y del 22 % para Villarino. Las precipitaciones anuales en el primero fueron 507 mm y para el segundo de 341 mm, estando por debajo del promedio (445 mm y 377 mm respectivamente). Los rendimientos durante esta campaña, también fueron inferiores al promedio. En C. Patagones se obtuvieron 1.300 kg/ha y en el partido de Villarino, 1.500 kg/ha (Figura 22). En las demás campañas las diferencias entre las variables estuvieron representadas por valores menores al 4 % en ambos partidos y los rendimientos estuvieron por encima del promedio.

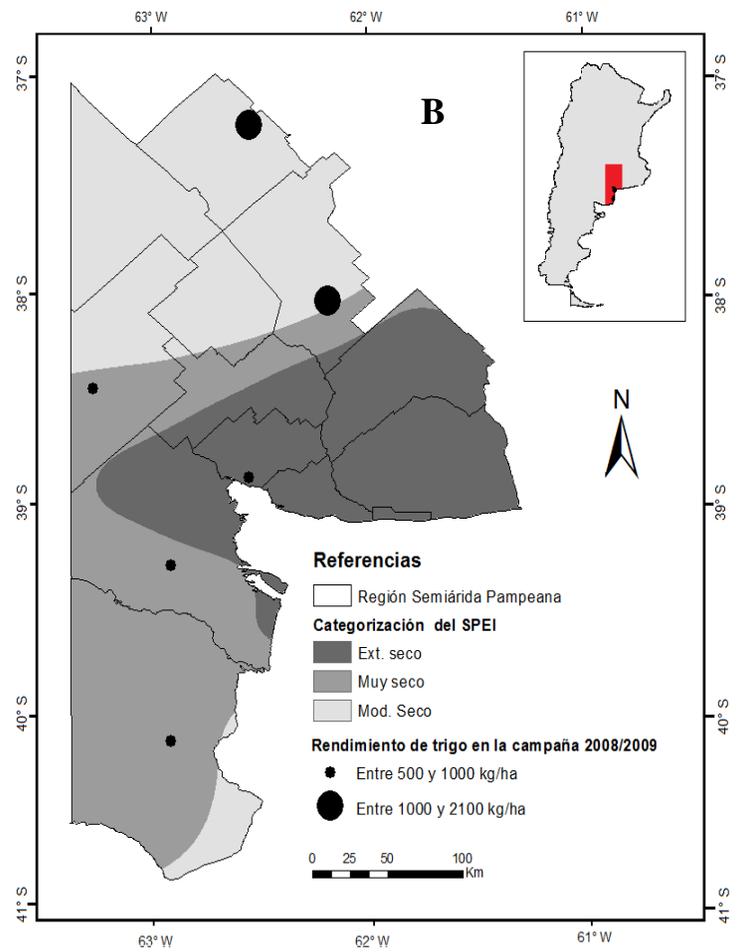
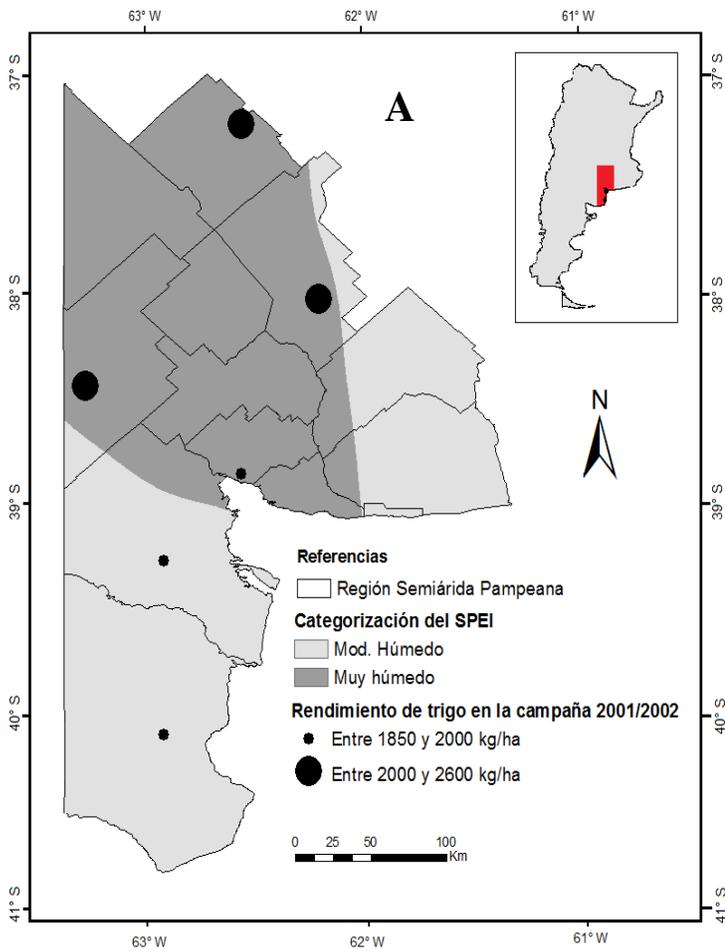
4.3. Análisis del SPEI en relación con los rendimientos de trigo

Los eventos extremos en el área de estudio se detectaron en los años 2001 (extrema humedad) y 2008 (extrema sequía). En 2001, los rendimientos de trigo en toda la región fueron superiores al promedio. Hacia el norte los rendimientos oscilaron entre 2000 y 2600 kg/ha (siendo C. Suárez el que obtuvo mayor cantidad de kg/ha) y los valores de SPEI entre 1,5 y 1,99 (muy húmedo). En el sector sur, los rendimientos también estuvieron por encima del promedio pero fueron más bajos que en el sector norte. Se obtuvieron desde 1.800 a 2.000 kg/ha mientras que los valores de SPEI fueron categorizados como de moderada humedad (excepto Bahía Blanca) (Figura 23a).

En 2008, el rendimiento de trigo estuvo por debajo del promedio en toda el área de estudio. Hacia el norte (partido de C. Suárez y Guaminí), la sequía fue moderada y los rendimientos fueron más altos que en los demás partidos (2097 y 2000 kg/ha respectivamente). Hacia el sur, donde las condiciones fueron muy secas y extremadamente secas (SPEI entre -1,5 y -1,99 y 2,0 o menos) los rendimientos oscilaron entre 500 y 1.000 kg/ha (Figura 23b).

Figura 23

Relación entre las categorías del SPEI húmedas (2001) (A) y secas (2008) (B) y los rendimientos de trigo



Fuente: elaborado por Andrea Brendel, 2014.

CONCLUSIÓN

La aplicación del SPEI permitió analizar y determinar la alternancia de períodos secos y húmedos y su distribución espacio-temporal en el área de estudio. Al igual que el ISSP y el SPI, el SPEI indica la gravedad de la sequía en función de su intensidad y duración e identifica el inicio y el final de los episodios de este fenómeno. Este índice, a diferencia de los mencionados incluye, además de datos de precipitación, datos de temperatura mediante el cálculo de la evapotranspiración potencial. Esto es de suma importancia debido a la tendencia ascendente de esta variable en los últimos años, teniendo un impacto notable en la disponibilidad de recursos hídricos (Salguero *et al.*, 2012) y en otros sistemas. El uso del SPEI es de útil importancia para identificar impactos de la sequía en diferentes sistemas ecológicos, hidrológicos y agrícolas.

En relación con los parámetros climatológicos de temperatura y precipitaciones, durante el período 1970-2012, los períodos normales fueron los más frecuentes en la RESAB (aproximadamente en un 60 %). Sin embargo, hubo una desigual proporción de períodos secos y húmedos. En el norte predominaron los períodos húmedos (~ 20 %) y en menor medida los secos (~ 17 %). En el sur, los períodos secos y húmedos obtuvieron porcentajes similares.

El área de estudio fue incorporada a la dinámica de acumulación del espacio pampeano, a partir del modelo agroexportador. A partir de allí, la producción de trigo promovió y dinamizó el desarrollo de la región generando grandes transformaciones territoriales y socioeconómicas. El cultivo de trigo es y ha sido el principal cultivo de la RESAB, que no siempre ha tenido un crecimiento sostenido, pero que a pesar de los factores climáticos, políticos, económicos, etc., persiste en el espacio rural bonaerense y genera el desarrollo económico de las producciones agrícolas regionales.

Los años 1995, 2008 y 2009 fueron de extrema sequía, ocasionando consecuencias negativas para las actividades agrícolas. La sequía del año 1995 en la RESAB estudiada por Piccolo *et al.* (2002) coincide con los resultados del SPEI analizado en los meses de julio a septiembre de ese año, en el presente estudio. En la zona sur de la RESAB, los rendimientos más bajos se dieron en el año 2008 coincidiendo con un año seco. Al igual que en la zona sur, en el centro del área de estudio, el año 2008 fue categorizado como extremadamente seco y los rendimientos fueron los más bajos del período analizado. Por último, en las estaciones

pluviométricas ubicadas al norte de la región, a diferencia de las demás estaciones, los rendimientos más bajos ocurrieron en el año 2009 (igualmente en el año 2008 los rendimientos estuvieron por debajo del valor normal). Este hecho se relaciona con el concepto de sequía agrícola dado que, como consecuencia de la escasez de precipitaciones, se produjo la disminución del rendimiento de los cultivos.

La disminución de los rendimientos en años secos, concuerda con lo estudiado por D'Ambrosio *et al.* (2011). Debido a que el área de estudio es una zona con predominio de cultivo de secano (trigo), el rendimiento de este disminuyó de forma notoria durante la sequía del 2008/2009. Las pérdidas económicas en las sequías suelen llegar a niveles que afectan severamente la continuidad de las explotaciones agropecuarias regionales (Carbonell, 2010). En toda la región, la pérdida de superficie cosechada se dio en mayor número en la campaña 2008/2009 excepto en la zona norte en donde las pérdidas fueron del 1 %. La zona sur fue la más afectada con pérdidas del 81 % mientras que en la zona centro fue del 52 %. Las categorías de SPEI en 2008 fueron extremadamente secas y muy secas hacia el sur y hacia el norte, moderadamente secas.

En la zona norte, los rendimientos más altos se dieron durante la campaña 2012/2013 y las precipitaciones fueron las más altas del período (1.100 mm para Guaminí y 985 mm para C. Suárez). En la zona centro, las precipitaciones máximas en ambos partidos ocurrieron en distintos años. Para el caso de Puan, estas se dieron en el año 2004 mientras que en Bahía Blanca en 2001 y los rendimientos aumentaron considerablemente con respecto a los demás. Por último, la zona sur se caracterizó por tener una distribución de los rendimientos y de las precipitaciones en ambos partidos, muy similares. El año 2001 se consideró húmedo. En todas las estaciones analizadas los valores de SPEI fueron superiores a 0,99 y los montos anuales de precipitación fueron superiores a la normal. Los máximos rendimientos estuvieron asociados como en la mayoría de los casos, a años húmedos.

El análisis de los eventos extremos (2001 y 2008) en relación con el rendimiento del cultivo de trigo permitió observar que en años húmedos los rendimientos superaron el valor promedio y en años secos fueron inferiores. De esta manera, los rendimientos del cultivo de trigo en la RESAB se mostraron como un indicador de los períodos secos y húmedos. Sin embargo, existen otros factores que limitan el rendimiento de trigo en el área de estudio y que

deben ser estudiados más profundamente. Entre los principales se destacan, la disponibilidad de nitrógeno y fósforo, las propiedades edáficas, fecha de siembra, densidad de siembra, heladas tardías, horas de luz, incidencia de enfermedades bajo condiciones muy húmedas, presencia de malezas, características genéticas, políticas públicas, pero todas las investigaciones indican que la variable de mayor impacto sobre el rendimiento de trigo es la precipitación.

La consecuencia principal inherente a la variabilidad climática que caracteriza a la RESAB es la desestabilización de los rendimientos de las actividades productivas como se produjo en el caso del trigo y las grandes dificultades para cualquier tipo de planificación agropecuaria que se quiera proyectar. Se propone avanzar en la aplicación del SPEI en el área de estudio debido a su exitosa aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEITUNO, P.1998. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector”. Part I: Surface Climate, *Mon. Wea. Rev.*, n° 116, pp. 505-524.
- ALONSO, M y Otros. 1997. “Historia: La Argentina del Siglo XX”. Editorial Aique, Buenos Aires, Argentina.
- ALVAREZ, R; GRIGERA, S. 2004. Factores de Fertilidad y Manejo Determinantes de los Rendimientos de Trigo y Maíz en la Pampa Ondulada. *Informaciones Agronómicas*, Vol. 22, pp. 1-8.
- ALVAREZ, S. 2012. Influencia de los Principales Índices de Teleconexión en el Patrón de Sequía Estival estimado por el SPEI para el continente Europeo. Universidad Nacional de Granada. pp. 1-5.
- ANDEREGG W.R.L. et al. 2012. The roles of hydraulic and carbon stress in a widespread climate-induced forest die-off, *Proc Natl Acad Sci USA*, 109, pp. 233– 237.
- BARELLI, E., MORMENEO, I., BRAVO, O.2008. El riesgo agroclimático del cultivo de trigo de secano en las localidades de la provincia de Buenos Aires. XXI Reunión Argentina de Agro meteorología, 8 a 10 de octubre de 2008. San Salvador de Jujuy, Argentina.
- BARSKY, O. 1988. La caída de la producción agrícola pampeana en la década de 1940. En: *La Agricultura Pampeana, transformaciones productivas y sociales*. FCE- IICA-CISEA, Buenos Aires, pp. 31-108.
- BARROS, V., CASTAÑEDA M., 2000. Recent precipitation trends in Southern South America to the East of the Andes: an indication of a mode of climatic variability.
- BIDEGAIN, R.M. CAFFERA, F. BLIXEN, V. PSHENNIKOV, J.J. LAGOMARSINO, E.A. FORBES, G.J. NAGY. 2005. Tendencias Climáticas, Hidrológicas y Oceanográficas en el Río de la Plata y Costa Uruguaya”. En: *El Cambio Climático en el Río de la Plata*. Eds. Barros V., A. Menéndez. pp. 1-71.4.
- BOADA, M. y SAURÍ, D.2002. El cambio global. Barcelona: Rubes Editorial-
- BOHN, V. Y.; FORNERÓN, C.F.; PICCOLO, M.C. 2012. Análisis de cubiertas vegetales en ambientes naturales del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina)”.IX Jornadas Nacionales de Geografía Física, Bahía Blanca, pp.1-12.
- BOHN, V., PICCOLO, M.C. y PERRILLO, G.M.E. 2011. Análisis de los períodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina)”. *Revista de Climatología*, Vol. 11, pp. 31-43.

- CABRERA, A. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. En: Kugler, W.F. (Ed.) Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo 2. Fasc. 1, 1-85. pp. 1-1408. Buenos Aires.
- CAPA, M. 2007. Impactos de la variabilidad climática en los cultivos de verano en regadío mediterráneos, pp. 1-25.
- CAPELLI DE STEFFENS, A y CAMPO DE FERRERAS, A.1994. *La transición climática en el sudoeste bonaerense*, SIGEO, Bahía Blanca, 1994, Vol. 5, pp. 1-77.
- CAMPO, A y CAPELLI, A. 2004. *El clima del Sudoeste Bonaerense*. Bahía Blanca: EdiUns.
- CAMPO, A. RAMOS, M y ZAPPERI, P. 2009. Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense”. *EGAL Encuentro de Geógrafos de América Latina*. Montevideo, Uruguay, pp 1-12.
- CAMPO A, BAGNULO C y PACHECO, R. 2012. Cambios en el régimen pluviométrico y sus efectos sobre la producción agropecuaria en el partido de Puan. *Nadir: Revista Electrónica Geografía Austral*, n° 1, p 1-11
- CARBONELL, C. 2010a Oportunidad de las pasturas perennes para mejorarla estabilidad frente la sequía en los sistemas ganaderos de la zona semiárida. Agencia de Extensión Bahía Blanca - INTA EEA Bordenave.
- CARBONELL, C. 2010b. Relación de las precipitaciones primaverales sobre los rendimientos de trigo en la región de influencia de Bahía Blanca en el sudoeste bonaerense semiárido, Argentina. XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología (RALDA) y Asociación Argentina de Agrometeorología (AADA) Bahía Blanca, Buenos Aires.
- CASTAÑEDA, M. E y BARROS, V.1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono sur de América al este de los Andes. *Meteorológica*, pp.23-32.
- CIAIS PH y Otros. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003, *Nature*, 437, pp. 529-533.
- COATES, P. 1998. *Nature. Western attitudes since ancient times*. Berkeley: University of California Press.
- COMA, C. 2010. Trigo en el área de la EEA INTA BORDENAVE. Informe Técnico, pp.1-19.
- D´AMBROSIO, G; BOHN, V.Y y PICCOLO, M. C. 2013. Evaluación de la sequía 2008-2009 en el oeste de la Región Pampeana. *Cuadernos Geográficos*. Granada: Universidad de Granada, Vol. 52, pp. 29-45.

- DIAZ, R y MORMONEO, I. 2002. “Zonificación del clima en la región pampeana mediante análisis de conglomerado por consenso”. *Revista Argentina de Agrometeorología* 2, pp.125-131.
- FERRELLI, F., BOHN, V.Y. y PICCOLO, M.C. 2011. Aplicación de geotecnologías al estudio de las precipitaciones y su relación con las coberturas del suelo (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Geofocus*, nro. 11, pp. 355-374.
- GAINARD, R. (1989). La pampa argentina. Ocupación, poblamiento, explotación. De la conquista a la crisis mundial (1850-1930). Ediciones Solar. Buenos Aires, Argentina.
- GALANTINI J., FERNÁNDEZ R., MINOLDO G., LANDRISCINI M.R., KIESSSLING R. Y R. ROSELL. 2004. Fertilización del trigo con N y S en suelos bajo siembra directa del S y SO Bonaerense. Actas VI Congr. Nac. de Trigo. UNS- INTA (Ed.) pp. 141.
- GENCHI, S.; FITTIPALDI, R.; ROSELL, M. P. Repercusiones socioeconómicas y territoriales del modelo agroexportador argentino en la zona de Pigüé (Buenos Aires, Argentina) entre 1880 y 1930. *Estudios Geográficos*; Madrid; Año: 2013 vol. LXXI p. 329 – 340.
- GLAVE, A. 2006. Influencia climática en el Sudoeste Bonaerense y Sudeste de La Pampa. *Acaecer*, 31(360):18-23.
- GORESTEIN, S. 1993. Reestructuración capitalista y repercusiones socio-territoriales Primeras reflexiones sobre la dinámica de comportamiento del empresario regional Primera parte: El caso del Sudoeste Bonaerense. *Revista de Idelcoop - Año 1993 - Volumen 20 – N° 78*, pp.1-20.
- HALL. A. REBELLA, C.M. GHERSA, C.M, CULOT, J.P. 1992. Field crops systems of the Pampas. *Pearson CJ, (Ed), Field Crops Systems: Ecosystems of the World, Vol. 18*, pp. 1-15.
- LLAIRÓ, M .2009. Argentina, productor de alimentos : la tierra prometida. En: Encrucijadas, no. 46. Universidad de Buenos Aires. Disponible en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad de Buenos Aires.
- MAGRIN, G. y TRAVASSO, M.I. 1997. Potencial de producción del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la Región Pampeana argentina. Reunión de Planificación Estratégica de Trigo INTA-CIMMYT. Mar del Plata.
- MAGRIN, G.O., GRONDONA, M.O., TRAVASSO, M.I., BOULLÓN, D.R., RODRÍGUEZ, G.R. y MESSINA, C.D. 1998. Impacto del fenómeno ENSO sobre la producción de cultivos en la región pampeana argentina. Mimeo. *Reunión académica sobre el fenómeno de El Niño y el agro argentino*. Academia Nacional de Ciencias, Buenos Aires.
- MARTIREN, J.L y RAYES, A. La evolución de la producción de trigo en la región pampeana y su peso en las exportaciones (1880-1913). En: Anuario digital: Escuela de Historia, pp. 1-226.

- Mc KEE, T, DOESKEN, N y KLEIST, J. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Ninth Conference on Applied Climatology, *American Meteorological Society*, pp. 223-236.
- MIGUEZ, E. 2010. Poblado la frontera. El sur y oeste bonaerense (1880-1914). *Forjando*, Vol. 14, pp. 1-10.
- MIRALLES D. J y GONZÁLEZ F.G .2009. El trigo en Argentina: Perspectivas ecofisiológicas del pasado, presente y futuro para aumentar el rendimiento. En línea: http://agro.faua.info/files/miralles_aapresid.pdf.
- OCCHIUZZI, S. MERCURI, P y PASCALE, C.2011. Herramientas para la evaluación y gestión del riesgo climático en el sector agropecuario. Cap II y Cap VIII. INTA.
- PARKER, D y FOLLAND, C. 1988. The nature of climatic variability. *Meteorological Magazine*. Vol. 117, pp.201-210.
- PICCOLO, M.C, CAPELLI A y CAMPO A. 2002. La sequía de 1995 en el sur de la región pampeana argentina. En *Desastres Naturales en América Latina* (Hubp Lugo J y Inbar M, Eds.), Fondo de Cultura económica, pp.189-206.
- ROFMAN, A. B. y ROMERO, L. A. 1973. Sistema socioeconómico y estructural regional en la Argentina. Amorrurtu, Buenos Aires.
- SÁNCHEZ, R; BOHN, V.Y; CARRASCAL, C y ROMAGNOLI, F. 2014. Estudio preliminar de variables climatológicas y productividad de los suelos (RESAP, Argentina). XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas”. Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014, pp.1-6.
- SALGUERO, M. 2012. Análisis de la variación espacio-temporal de la sequía en la Península Ibérica. Resumen de Tesis de Magister, pp.1-5.
- SCARPATI, O y CAPRIOLO, A. 2013. Sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires (Argentina). INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS; Lugar: México DF; Año: 2013 p. 1 - 14
- SCIAN B., M. DONNARI. 1997. Retrospective analysis of the Palmer drought severity index in the Semiarid Pampas Region, Argentina. *International Journal of Climatology*, Vol. 17, 3, pp. 313-322.
- SCIAN, B. 2003. La situación climática actual en la región semiárida pampeana. Anomalías hídricas en el Centro Sur y Oeste de la Región Pampeana”. [Informe] www.criba.edu.ar/sequia/front/index.htm. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.

- SILI, M. 2005. "La Argentina Rural". De la crisis de la modernización agraria a la construcción de un nuevo paradigma de desarrollo de los territorios rurales". Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- SILVA, N. MACARREIN, O. PAREDES, H. 2002. El riesgo en la actividad humana. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, 2002. Universidad Nacional del Nordeste. Resúmen A-002, 2002, pp. 12-17.
- SEBALT, W. 2002. Relación agricultura-ganadería en la zona semiárida de la región pampeana, área comprendida por los partidos de Villarino, Patagones y sur de Puán como alternativas para optimizar la empresa agropecuaria. Tesis de Maestría. UNS.
- VERGARA, G y CASAGRANDE, G. 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, pp. 77-80.
- VICENTE-SERRANO, S; BEGUERÍA, S y LÓPEZ MORENO, J. 2010. Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration". *Index. J. Climate*, pp-1-18.
- VICENTE-SERRANO, S. 2013. Evolución espacio-temporal de las sequías pluviométricas en España durante el último siglo. En: *Fenómenos Meteorológicos adversos en España*. pp.298.
- VIGLIZZO, E.F., FRANK, F.C. y CARREÑO, L. 2005. Situación ambiental en las ecorregiones pampa y campos y malezales. En: Brown, U., Martínez Ortiz, M., Acerbi, J. y Corchera, F. La situación ambiental Argentina. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, pp. 577.
- WANDEL, J. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, pp. 282-292.
- ZARRILLI, A. G. 2010. Tesis de Doctorado: Ecología, capitalismo y desarrollo agrario en la región Pampeana (1890-1950). Un enfoque histórico-ecológico de la cuestión agraria, Edición electrónica gratuita, pp. 1-485.