

Evaluación agroclimática y económica de los efectos adversos de excesos hídricos en la región pampeana argentina

Zanvettor,R.E.; A.C.Ravelo; E.O.Thomasz y S.S.Sanchez

RESUMEN

Los excesos hídricos registrados durante la ocurrencia de El Niño en las campañas 1997/98, 2002/03, 2009/10 y 2015/16 fueron identificados por los índices de Palmer PDSI y CMI. Se encontró una importante variabilidad geográfica de los índices en las diferentes campañas analizadas y consecuentemente en los efectos adversos. Dichos efectos se determinaron a nivel de departamento para las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe, durante la reciente campaña agrícola 2015/16 y se cuantificaron las pérdidas económicas. Las mermas en producción agrícola para el cultivo de soja asciende a 483 millones de dólares estadounidenses.

Palabras clave: Índices de Palmer, El Niño, soja, producción agrícola

Zanvettor,R.E.; A.C.Ravelo; E.O.Thomasz and S.S.Sanchez: 2017. Agroclimatic and economic assessment of the adverse impacts of excessive moisture in the argentine pampas region. RADA VIII: 1-13

SUMMARY

The moisture excesses during the occurrence of El Niño events in 1997/98, 2002/03, 2009/10 y 2015/16 were identified by the Palmer indices PDSI and CMI. There is a large geographic variability of the indices in the crop seasons analyzed and the negative impacts also. The adverse effects of the moisture excesses were established for each province county of Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe for the recent 2015/16 agriculture summer season and the economic losses were established. The agriculture losses for soybean only reached 483 million US dollars.

Key words: Palmer indices, El Niño, soybean, agriculture production

R.E. Zanvettor, A.C.Ravelo y S.S. Sanchez: Facultad de Cs. Agropecuarias-UNC / CREAN-IMBIV/CONICET, Ing. Agr. Félix A. Marrone 746, Ciudad Universitaria, Córdoba. E.O.Thomasz: UBA, Fac. de Ciencias Económicas, ProVul. Correspondencia a: zanvetor@agro.unc.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En 1884, Florentino Ameghino planteó el tema de las inundaciones en la región pampeana y entre sus conclusiones más importantes proponía: “poner un techo al campo” para retener en origen, la lluvia caída a través de represas, estanques y lagunas artificiales combinadas con canales y plantaciones de arboledas en gran escala (Ameghino, 1985). Esas propuestas no fueron materializadas y actualmente, más de 130 años después, los efectos adversos de los excesos hídricos continúan, causando pérdidas cuantiosas en la agricultura y ganadería de la región pampeana. Uno de los ejemplos más recientes corresponde a la campaña 2015/16 (BCC, 2016).

En relación a los excesos hídricos, Argentina concentra el 80% de la población y más del 80% de la producción agrícola, en la planicie de inundación del río Paraná. En la región pampeana existen áreas que históricamente han experimentado ciclos de anegamiento y que atravesaron grandes inundaciones como en 1996-2001, donde llovió un 20% más que el promedio histórico. En ese lapso, la superficie afectada en la región creció del tres al 27% y las napas subieron de 3,5 a 1,3 m de profundidad. Si bien la inundación se retrajo, no sucedió lo mismo con los niveles freáticos, que actualmente están a 2 m de profundidad. Esto implica que, la misma situación de anegamiento se podría repetir con aún menos precipitaciones que las que ocurrieron en 2001, (Viglizzo y Jobbágy, 2010).

La ocurrencia de eventos El Niño tiene efectos sobre la magnitud y distribución de las precipitaciones en Argentina y en particular en la pradera pampeana, donde se manifiesta con abundantes precipitaciones estivales. Las precipitaciones registradas durante la campaña 2015/16 en vastas áreas de la región pampeana condujeron a inundaciones y anegamientos prolongados, cuyos efectos se reflejaron en la productividad de los cultivos. Las pérdidas económicas en esas áreas fueron cuantiosas (Agrovoz, 2017). En varias zonas de la llanura pampeana donde no se presentaban este tipo de escenarios, comenzaron a manifestarse en los últimos cinco años. En la región centro-este de Córdoba, cuyas tierras originalmente fueron pastizales y se encuentran entre las más fértiles del país, cerca del 25% del área han estado bajo el agua en la campaña mencionada (BCC, 2016). En la localidad de Marcos Juárez, los niveles freáticos medidos por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) se han elevado desde 11 m en 1970 hasta 1 m de profundidad en 2016 (Jobbágy, 2016).

Es por dichas razones que se hace indispensable analizar las precipitaciones, establecer un seguimiento a través de índices *ad hoc* y generar pronósticos de los índices para alertas tempranas sobre excesos hídricos. Algunos índices meteorológicos, hidrológicos o satelitales han sido utilizados como elementos de análisis (Palmer, 1965; McKee et al., 1993; Kogan, 1997; Ravelo et al., 2014a). Los índices resumen en una o varias variables de relevancia, el estado de las condiciones hídricas y pueden ser graficados para visualizar su variabilidad temporal o geográfica, además de su utilización en métodos de pronóstico (Kim et al., 2002) y de evaluación de la vulnerabilidad y riesgo de ocurrencia de extremos hídricos (Ravelo et al., 2015). Asimismo, índices obtenidos de información satelital pueden ser utilizados para el monitoreo y evaluación de las sequías (Kogan, 1997; Ravelo & Pascale, 1997; Peters et al., 2002).

En el pronóstico de índices de extremos hídricos y en particular para sequías, se han utilizado las redes neuronales cuya efectividad ha sido validada por varios investigadores (Kim et al., 2002; Ravelo et al., 2014b). Dichas redes son sistemas dinámicos auto-adaptativos, con capacidad de pronosticar condiciones hídricas (ocurrencia o persistencia de extremos) mediante el análisis de situaciones hídricas pasadas (Hyun-Suk Shin & Salas, 2000).

El impacto económico está dado por todo un conjunto de factores a saber:

- Impacto sobre la vulnerabilidad social de poblaciones afectadas (Borden *et al.*, 2007; Cutter, 2003; Hinkel, 2011): desde posibles daños físicos y mentales hasta la capacidad económica de recuperación y sostenimiento del nivel de vida en la etapa post-inundación.
- Daño a la infraestructura: rotura y deterioro de infraestructura civil como puentes, caminos, de infraestructura privada como inmuebles y hogares e infraestructura productiva como maquinaria.
- Pérdidas directas de la actividad económica: daños directos a los cultivos, afectando la cantidad y/o calidad de la producción
- Pérdidas indirectas: en caso de generarse caída en la producción, esto impacta en menor actividad en la cadena productiva (menos transporte, menos comercialización, etc.).

Esto implica que la identificación de las zonas de excesos hídricos debe contrastarse con el tipo y dimensión de la actividad económica desarrollada en el área afectada. El dimensionamiento en términos económicos permite establecer si los excesos hídricos generan impactos a nivel de vul-

nerabilidad social, si afectan actividades económicas solamente a nivel local, o si la magnitud de las pérdidas puede llegar a tener impactos macroeconómicos. De esta forma, la tipología del daño y su magnitud, provee información útil acerca del tipo de política pública a desarrollar y su forma de financiamiento.

En relación a los aspectos adversos de los excesos hídricos sobre la agricultura cabe destacar las pérdidas de área sembrada, reducción de los rendimientos, erosión y pérdida de la fertilidad de los suelos, entre otros.

El objetivo de este trabajo fue analizar los períodos con ocurrencia de excesos de humedad en la pradera pampeana durante los últimos 20 años mediante índices agro-meteorológicos y evaluar sus efectos negativos sobre la productividad agrícola, particularmente en el caso de la soja, en términos agroeconómicos.

MATERIALES y MÉTODOS

El área de estudio seleccionada corresponde a las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe, las cuales conforman la mayor parte de la pradera pampeana. Los datos de precipitación diaria utilizados para el cálculo de los índices meteorológicos y agro-meteorológicos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para el período comprendido entre 1996 a 2016 (SMN, 2017). Se utilizaron datos de 45 estaciones meteorológicas (Figura 1), cuya información fue controlada para garantizar la validez, continuidad y confiabilidad de la misma.

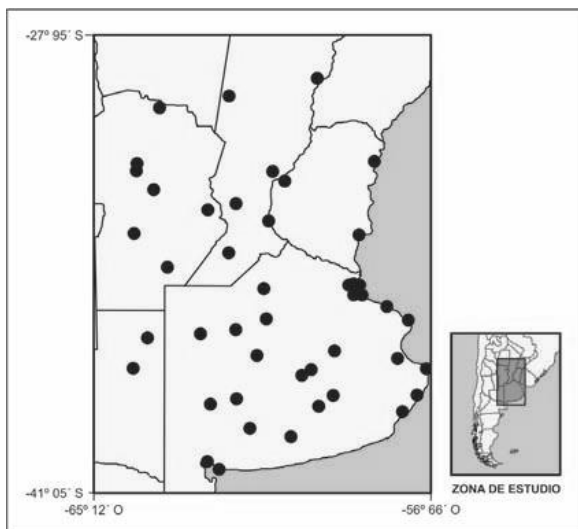


Figura 1. Red de Estaciones Meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2017) consideradas en el estudio.

Los índices mensuales de sequía (PDSI) y de humedad del cultivo (CMI), Palmer, (1965;1968), fueron obtenidos de la página web del Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN, 2017).

La selección de las campañas agrícolas fue realizada considerando los valores extremos negativos del CMI (condiciones adversas para el cultivo) y corroborados con los valores extremos positivos del PDSI (excesos de humedad).

Se consideró la ocurrencia de los eventos El Niño, utilizando los valores del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) (NOAA, 2016; 2017).

A partir de la identificación de los eventos de excesos hídricos a escala departamental, se procedió a evaluar el impacto económico generado en términos de pérdida de valor bruto de producción en el cultivo de soja. Se focalizó la evaluación estrictamente en este cultivo dada su significancia económica: representa el 73% del valor generado por la producción de granos y el 22% de las exportaciones totales del país. Para ello, se exploró la información de área sembrada, cosechada y producción publicada por el Ministerio de Agroindustria de la Nación (2017), a través del portal "Datos Abiertos Agroindustria", donde en muchos casos se dispone información desde 1970. Se analizaron las variables listadas a continuación y aplicó el modelo tendencial a partir del cual se identifican desvíos extremos en los niveles de rendimientos desarrollado por Thomasz *et al.*, (2016), Thomasz *et al.*, (2017), Tannura *et al.*, (2008) y Baethgen (2008). Las variables analizadas desde 1970 fueron:

- Área cosechada
- Área sembrada
- Rendimiento
- Rendimiento tendencial (ausencia de extremos climáticos)
- Producción
- Precio internacional

Se observó que, en los casos de existencia de extremos hídricos, la principal variable afectada es la diferencia entre área sembrada y cosechada. Consecuentemente, la pérdida de producción de dicha área se estimó tomando en cuenta el rendimiento tendencial histórico del departamento y restando la pérdida de área promedio observada en otras campañas, para construir un escenario contra-fáctico de ausencia de extremos climáticos. El rendimiento tendencial es el que surge del modelo citado y se entiende por el mismo, el nivel de rendimiento alcanzado bajo un escenario de ausencia de extremos climáticos. Este rendimien-

Tabla 1. Estaciones meteorológicas para las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, Santa Fe y La Pampa, seleccionadas para este estudio. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Estación Meteorológica	Provincia	Número	Latitud S (Grados y Décimos)	Longitud W (Grados y Décimos)	Altura (Msnm)
Aeroparque Aero	Capital Federal	87582	-34.57	-58.42	6
Azul Aero	Buenos Aires	87641	-36.83	-59.88	147
Bahia Blanca Aero	Buenos Aires	87750	-38.73	-62.17	83
Benito Juarez Aero	Buenos Aires	87649	-37.72	-59.78	207
Buenos Aires	Capital Federal	87585	-34.58	-58.48	25
Bolívar Aero	Buenos Aires	87640	-36.20	-61.07	94
Ceres Aero	Santa Fe	87257	-29.88	-61.95	88
Concordia Aero	Entre Ríos	87395	-31.30	-58.02	38
Cordoba Aero	Cordoba	87344	-31.32	-64.22	474
Cordoba Observatorio	Cordoba	87345	-31.40	-64.18	425
Coronel Pringles Aero	Buenos Aires	87683	-38.02	-61.33	247
Coronel Suarez Aero	Buenos Aires	87637	-37.43	-61.88	233
Dolores Aero	Buenos Aires	87648	-36.35	-57.73	9
El Palomar Aero	Buenos Aires	87571	-34.60	-58.60	12
Ezeiza Aero	Buenos Aires	87576	-34.82	-58.53	20
El Trebol	Santa Fe	87470	-32.50	-61.67	96
General Pico Aero	La Pampa	87532	-35.70	-63.75	145
Gualeguaychu Aero	Entre Ríos	87497	-33.00	-58.62	21
Junin Aero	Buenos Aires	87548	-34.55	-60.92	81
Laboulaye Aero	Cordoba	87534	-34.13	-63.37	137
La Plata Aero	Buenos Aires	87593	-34.97	-57.90	19
Las Flores Aero	Buenos Aires	87563	-36.03	-59.13	36
Mar Del Plata Aero	Buenos Aires	87692	-37.93	-57.58	21
Marcos Juarez Aero	Cordoba	87467	-32.70	-62.15	114
Mariano Moreno Aero	Buenos Aires	87572	-34.55	-58.82	32
Nueve De Julio	Buenos Aires	87550	-35.45	-60.88	76
Olavarria Aero	Buenos Aires	87643	-36.88	-60.22	166
Parana Aero	Entre Ríos	87374	-31.78	-60.48	78
Pehuajo Aero	Buenos Aires	87544	-35.87	-61.90	87
Pigue Aero	Buenos Aires	87679	-37.60	-62.38	304
Pilar Obs.	Cordoba	87349	-31.67	-63.88	338
Ponton Practicos Recalada	Buenos Aires	87598	-35.17	-56.25	11
Punta Indio B.a.	Buenos Aires	87596	-35.37	-57.28	22
Reconquista Aero	Santa Fe	87270	-29.18	-59.70	53
Rio Cuarto Aero	Cordoba	87453	-33.12	-64.23	421
Rosario Aero	Santa Fe	87480	-32.92	-60.78	25
San Miguel	Buenos Aires	87569	-34.55	-58.73	26
Santa Rosa Aero	La Pampa	87623	-36.57	-64.27	191
Santa Teresita Aero	Buenos Aires	87658	-36.55	-56.68	4
Sauce Viejo Aero	Santa Fe	87371	-31.70	-60.82	18
Tandil Aero	Buenos Aires	87645	-37.23	-59.25	175
Tres Arroyos	Buenos Aires	87688	-38.33	-60.25	115
Venado Tuerto	Santa Fe	87468	-33.67	-61.97	112
Villa Gesell Aero	Buenos Aires	87663	-37.23	-57.02	9
Villa Maria Del Rio Seco	Cordoba	87244	-29.90	-63.68	341

to constituye el punto de comparación, al cual se denomina escenario contra fáctico. La pérdida de área promedio se calcula como el promedio simple de pérdida de área en base a la información histórica seleccionada, a los fines de estimar un nivel de pérdida de área promedio que ocurra en forma recurrente y no se encuentre vinculada a cuestiones climáticas. Posteriormente, la pérdida en términos monetarios se valuó a través de los precios de referencia representados por diferentes cotizaciones de los contratos a futuro de soja del mercado de Chicago (www.cmegroup.com/).

Pérdida económica = Estimación pérdida de producción x Precio internacional

Debe destacarse que la pérdida económica mencionada es una valuación general que estima el valor bruto de producción (VBP) a nivel de departamento, cuyo valor total luego debe segmentarse entre ingreso al productor, impuestos e ingresos de la cadena de comercialización y exportación. A los fines de este trabajo se analizará la pérdida de ingreso total, sin diferenciar al perceptor.

Si bien la pérdida en cantidades producidas sea probablemente la variable más importante, la monetización de la misma provee la información necesaria para fundamentar si resulta económicamente viable la inversión en infraestructura de adaptación al riesgo climático (Por ejemplo, sistemas de irrigación para adaptación a sequías o sistemas de drenaje o contención de inundaciones para adaptación a excesos hídricos), dado que para ello resulta necesario proyectar un flujo de fondos monetario.

En relación al impacto económico de los excesos hídricos en el sector agrícola, es necesario recalcar que las pérdidas económicas comprenden no solamente la baja en las cantidades producidas, sino también los efectos en los precios y los encadenamientos del sector: menor producción puede implicar mayores precios para el productor, compensando parcialmente el efecto económico de la baja en cantidades; no obstante, la baja de las cantidades genera menor actividad económica en la cadena productiva de transporte, servicios, comercialización, etc. Vale destacar que la mayor parte los estudios aplicados a Argentina (Cepal, 2014; Murgida, *et al.*, 2014; Ortiz de Zárate *et al.*, 2014; Podesta *et al.*, 2013; Magrin *et al.*, 2007; Letson *et al.*, 2009; Letson *et al.*, 2005; Podesta *et al.*, 2002; Losanoff y Cap, 2006; Heinzenknecht, 2011) se limitan a cuantificar los efectos sobre las cantidades producidas. Las estimaciones del valor económico de las pérdidas se han realizado en casos muy puntuales, proyectando los cambios en los beneficios del agricultor como producto

de la incidencia de variables climáticas o bien en estudios a nivel muy agregado, desarrollando estimaciones de impacto sobre el valor agregado de la economía (PIB). No obstante, este último caso corresponde a proyecciones futuras de cambio climático y no a escenarios de variabilidad climática, ni tampoco valúan las pérdidas registradas en los eventos pasados.

Dentro de este contexto, el principal desafío esta dado en la construcción de un modelo de evaluación de pérdidas económicas por eventos de variabilidad climática pasados, presentes y futuros de mediano plazo, que sea replicable a un área geográfica mayor, y que provea una estimación de la pérdida agregada al conjunto de la economía en términos monetarios. Si bien existen estudios que monetizan pérdidas de campañas pasadas, no se cuenta con un modelo de valuación completamente riguroso y estandarizado. En este trabajo se dará un primer paso en la monetización de las pérdidas económicas por excesos hídricos a escala de departamento, haciendo uso del análisis estadístico de área, rendimientos, precios y excesos hídricos.

La pérdida calculada corresponde al ingreso resignado por departamento, magnitud que en las cuentas nacionales es denominado valor bruto de producción. Como fue dicho, la pérdida se monetiza aplicado el precio internacional de la soja, a través de diferentes cotizaciones de contratos de futuro del mercado de Chicago. Como la producción de soja tiene como mayor destino la exportación, el valor bruto de producción primario valuado a precios internacionales constituye una estimación robusta.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se muestran los valores del ONI para el período 1997-2016, observándose cuatro eventos (1997/98, 2002/3, 2009/10 y 2015/6) que alcanzan o superan los niveles de 1,3 (eventos El Niño de intensidad moderado a muy fuerte) (NOAA, 2017).

En la Figura 3 se presenta la distribución geográfica del PDSI en la región pampeana en el mes de enero y febrero en 2016, durante los cuales se presenta la ocurrencia de El Niño (campañas agrícolas 1997/98, 2002/03, 2009/10 y 2015/16) y donde el índice alcanza valores positivos elevados. Asimismo, la Figura 4 presenta al CMI para los mismos años y meses que el PDSI.

Los excesos hídricos ocurridos en la región pampeana 2015/16 fueron resultantes de las abundantes precipitaciones en el mes de febrero

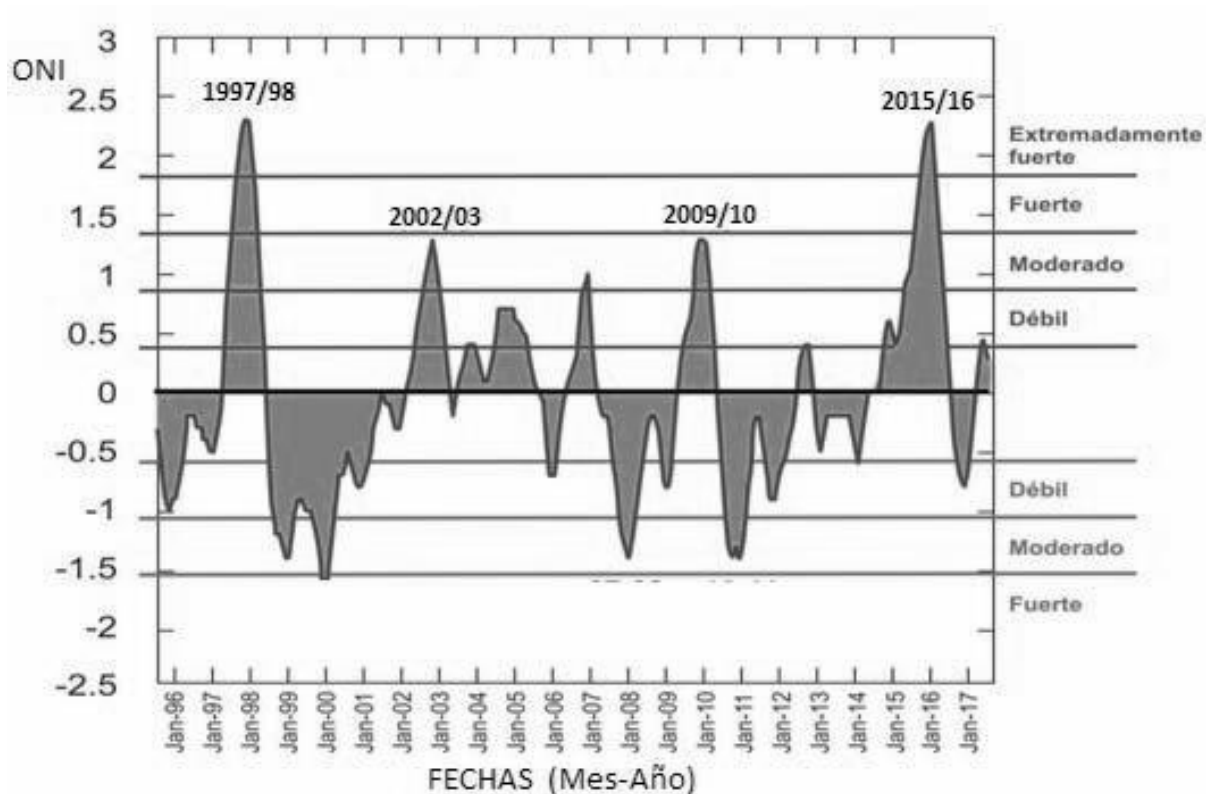


Figura 2. Variabilidad del índice oceánico de El Niño (ONI) para el período 1996 a 2016 (adaptada de NOAA, 2017).

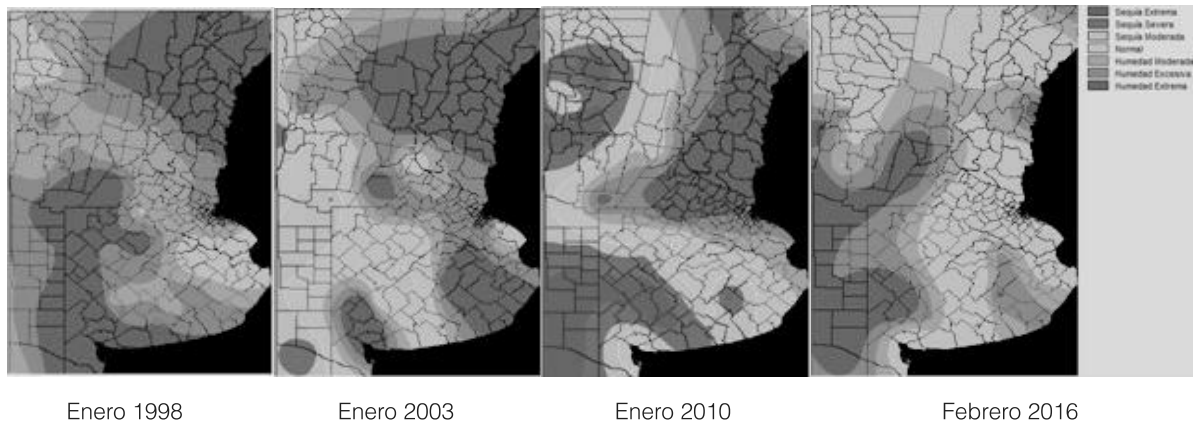


Figura 3. Zonas con humedad extrema (en color verde oscuro) según el PDSI para los meses de enero de 1998, 2003, 2010 y febrero de 2016.

2016. Algunas áreas de la región superaron en un 200% los valores normales (por ejemplo, Marcos Juárez 195,62%, Cnel. Suarez 203,25%, El Trébol 220,46% y Concordia 190,54%). Los excesos hídricos produjeron la saturación de los suelos y su anegamiento con escurrimientos superficiales. Las zonas bajas o deprimidas topográficamente fueron las más afectadas (Fotos 1 y 2) tal como se verificó en la localidad de Las Varillas y en el departamento San Justo en la provincia de Córdoba (Agrovoz, 2016).

Las condiciones ambientales de extrema humedad fueron identificadas por los índices meteorológicos y agroclimáticos y su validación operativa han sido establecida por otros autores (BCC, 2016; Jobbágy 2016; Zanvettor et al., 2016). La ocurrencia de El Niño se asocia directamente con los excesos de humedad en amplias zonas de la región pampeana; sin embargo, debe destacarse que dichos excesos presentan montos variables y una distribución geográfica diferente en cada evento. Por ejemplo, en El Niño de 1997/98 se observan

los mayores excesos hídricos en algunos departamentos de la provincia de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe (Tabla 2), mientras que en otras partes de la región no hay mayores excesos o estos son moderados. La misma variabilidad geográfica se presenta en los otros eventos El Niño y los departamentos afectados por los excesos de humedad no son necesariamente similares (Tabla 2). En la campaña agrícola 2009/10, resulta importante destacar que se observan aún en zonas con ocurrencia de sequías (Figura 3, zonas en rojo en Enero 2010) relacionadas con la ocurrencia del evento La Niña de 2007/09, que afectó principal-

mente la región occidental del área en estudio. Finalmente, en la campaña 2015/16, se pueden apreciar los efectos adversos de los excesos de humedad en un menor número de departamentos (Tabla2); sin embargo, esos efectos adversos alcanzaron mayor intensidad.

Evaluación económica de las pérdidas por excesos hídricos

Cuando se analiza lo ocurrido en la campaña sojera de 2015/16 en Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe, solamente en los casos donde se

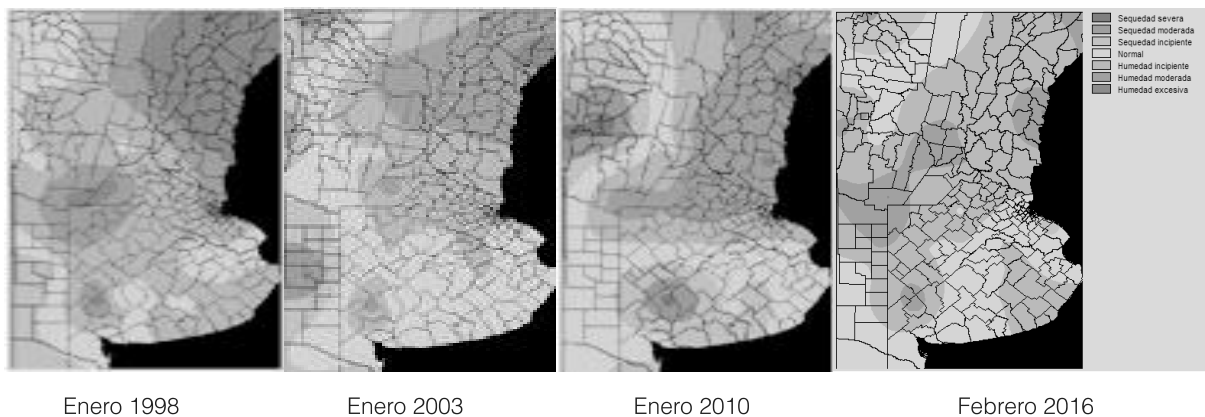


Figura 4. Zonas con humedad excesiva para los cultivos (en color verde más oscuro) según el CMI para los meses de enero de 1998, 2003, 2010 y febrero de 2016.



Foto 1. Campos inundados en las cercanías de la localidad de Las Varillas en Febrero de 2016.



Foto 2. Vista aérea de una zona inundada del departamento San Justo en Febrero de 2016.

registran excesos hídricos, se observa que en Córdoba cuatro departamentos registran pérdidas de área mayores al promedio histórico, cinco en Santa Fe y dos en Entre Ríos. En el caso de Buenos Aires, en los departamentos donde se registran excesos hídricos, las pérdidas de área bajo cultivo de soja no han sido significativas respecto al comportamiento histórico, y el nivel de producción ha sido compensado por mayores rendimientos. Por lo tanto, no se genera pérdida de índole económica.

Respecto a los valores de pérdida de área en los departamentos afectados (Figura 5), la misma se ubica entre un 5% y un 15% en Córdoba, entre un 15% y un 22% en Santa Fe y alrededor del 25% en Entre Ríos.

En relación al comportamiento de los rendimientos (Figura 6), en los departamentos de Córdoba los rendimientos correspondientes al área cosechada resultan superiores al rendimiento tendencial histórico, mientras que en Santa Fe y Entre Ríos ellos son menores. Esto implica que en el caso de Córdoba, parte de la pérdida de área es compensada por un incremento en los rendimientos del área cosechada.

En el cálculo de la reducción de ingresos, se exploró la pérdida de área promedio de períodos anteriores a los fines de considerar lo ocurrido en campañas sin extremos climáticos. Asimismo, para evaluar la pérdida de producción se aplica el rendimiento tendencial, es decir, aislado de ex-

tremos climáticos. La monetización de la pérdida se realiza aplicando el precio internacional de la soja según cotizaciones del mercado de futuros de Chicago.

Como se observa en la Tabla 3, la pérdida de ingreso por cultivo de soja en el caso de Córdoba asciende a u\$s 222,09 millones, los cuales se generaron en Marcos Juárez (u\$s 100,05 millones), Unión (u\$s 39,95 millones), San Justo (u\$s 73,99 millones) y Juárez Celman (u\$s 8,09 millones). Medida en términos relativos al valor de la producción de la campaña, la pérdida representa el 15,5% en Marcos Juárez, 11,9% en San Justo, 6,4% en Unión y 2,3% en Juárez Celman.

En Santa Fe (Tabla 4), la pérdida en dólares estadounidenses por cultivo de soja asciende a 208,05 millones, la cual fue generada por cinco departamentos: San Martín (63,9 millones), Iriondo (51,5 millones), San Jerónimo (47,7 millones), Belgrano (37,4 millones) y General Obligado (8 millones). Medida en términos relativos, la mayor pérdida de ingreso se registra en San Jerónimo, ascendiendo al 39,2% del valor producido en la campaña analizada, seguido por San Martín (27,1%), Iriondo (29,3%), Belgrano (25%) y General Obligado (20,1%).

Por último, en la provincia de Entre Ríos (Tabla 5), la pérdida por cultivo de soja asciende a u\$s 53,65 millones, la cual fue generada en dos departamentos: Concordia (u\$s 6,47 millones) y Paraná

Tabla 2. Departamentos afectados por los excesos hídricos en las campañas agrícolas 1997/98, 2002/03, 2009/10 y 2015/16.

Departamentos /Provincias Enero 1998	Departamentos /Provincias Enero 2003	Departamentos /Provincias Enero 2009	Departamentos /Provincias Febrero 2016
Ameghino / Bs.As.	Ayacucho/ Bs.As.	Arrecifes/ Bs.As	Adolfo Alsina / Bs.As.
Adolfo Alsina/ Bs.As.	Azul / Bs.As.	Baradero / Bs.As.	Belgrano/Sta. Fe
Bahía Blanca/ Bs.As.	Bahía Blanca/ Bs.As.	Campana/ Bs.As	Caseros/Sta. Fe
Caseros/Sta. Fe	Balcarce/ Bs.As.	Capitán Sarmiento/ Bs.As	Concordia/E.Ríos
Carlos Tejedor/ Bs.As.	Caseros/Sta. Fe	Carmen de Areco/ Bs.As	Cnel. Suarez /Bs.As.
Colón/E. Ríos	Castellanos/Sta. Fe	Caseros/Sta. Fe	Gral- López/Sta. Fe
Concordia/E. Ríos	Colón/Cba.	Colón/ Bs.As	Gral. Villegas/Bs.As.
Cnel. Dorrego/ Bs.As.	Colón/E. Ríos	Colón/E. Ríos	Gral. Roca/Cba.
Cnel. Pringles/ Bs.As.	Concordia/E. Ríos	Concordia/E.Ríos	Guamini / Bs.As.
Federación/E. Ríos	Federación/E. Ríos	Constitución/Sta. Fe	Marcos Juárez/Cba.
Federal/ E. Ríos	Federal/ E. Ríos	Chacabuco/ Bs.As	Iriondo/Sta. Fe
Feliciano/ E. Ríos	Feliciano/ E. Ríos	Diamante/E. Ríos	Pnte.R.Sáenz Peña/Cba.
Garay/Sta. Fe	Garay/Sta. Fe	Exaltación de laCruz/Bs.As	Puán / Bs.As.
Gral. López/Sta. Fe	Gral. Alvarado/ Bs.As.	Federación/E. Ríos	Río Cuarto/Cba.
Gral. Obligado/Sta. Fe	Gral. Belgrano/ Bs.As.	Federal/ E. Ríos	Saavedra / Bs.As.
Gral. Pinto/ Bs.As.	Gral. Guido/ Bs.As.	Feliciano/ E. Ríos	Saniqueló / Bs.As.
Gral. Roca/Cba.	Gral. López/Sta. Fe	Gral. Arenales/ Bs.As	San Jerónimo/Sta. Fe
Gral. Villegas/ Bs.As.	Gral. Madariaga/ Bs.As.	Gral. López/Sta. Fe	San Martín/Sta. Fe
Guamini/ Bs.As.	Gral. Obligado/Sta. Fe	Gualeguay/E.Ríos	Tres Lomas / Bs.As.
Juárez Celman/Cba.	Gral. Pueyrredón/ Bs.As.	Gualeguaychú/E.Ríos	Unión/Cba.
La Paz/ E. Ríos	Gualeguaychú/E. Ríos	Islas de Ibcuy/E. Ríos	
Lincoln/ Bs.As.	La Capital/Sta. Fe	Junín/ Bs.As	
Marcos Juárez/Cba.	La Paz/ E. Ríos	La Paz/ E. Ríos	
Nueve de Julio/ Bs.As.	Las Colonias/Sta. Fe	Leandro N. Alem/ Bs.As	
Nueve de Julio/Sta. Fe	Las Flores/ Bs.As.	Luján/ Bs.As	
Paraná/E. Ríos	Lobería/ Bs.As.	Nogoyá/E. Ríos	
Patagones/ Bs.As.	Maipú/ Bs.As.	Paraná/E. Ríos	
Pellegrini/ Bs.As.	Mar Chiquita/ Bs.As.	Pergamino/ Bs.As	
Pnte.R.Sáenz Peña/Cba.	Marcos Juárez/Cba	Pnte. R. Sáenz Peña/Cba	
Puán/ Bs.As.	Nogoyá/E. Ríos	Ramallo/ Bs.As	
Rivadavia/ Bs.As.	Nueve de Julio/Sta. Fe	Rojas/ Bs.As	
Saavedra/ Bs.As.	Paraná/E. Ríos	Rosario/Sta. Fe	
Salliqueló/ Bs.As.	Píla/ Bs.As.	Salto/ Bs.As	
San Cristobal/Sta. Fe	Puán/ Bs.As.	San Andrés de Giles/Bs.As	
San Javier/Sta. Fe	Rauch/ Bs.As.	San Antonio Areco/Bs.As	
San Justo/Sta. Fe	Saavedra/ Bs.As.	San Fernando/ Bs.As	
San Salvador/E. Ríos	San Cristobal/Sta. Fe	San Lorenzo/Sta. Fe	
Tala/ E. Ríos	San Justo/Sta. Fe	San Nicolás/ Bs.As	
Trenque Lauquen/Bs.As.	San Justo/Cba.	San Pedro/ Bs.As	
Tres Arroyos/ Bs.As.	San Javier/Sta. Fe	San Salvador/E.Ríos	
Tres Lomas/ Bs.As.	San Jerónimo/Sta. Fe	Tala/ E.Ríos	
Tornquist/ Bs.As.	San Salvador/E.Ríos	Uruguay/E. Ríos	
Unión/Cba.	Tala/ E.Ríos	Victoria/E. Ríos	
Uruguay/E. Ríos	Tandil/ Bs.As.	Villaguay/E. Ríos	
Vera/Sta. Fe	Tornquist/ Bs.As.	Zárate/ Bs.As	
Villaguay/E. Ríos	Uruguay/E. Ríos		
Villarino/ Bs.As.	Vera/Sta. Fe		
	Villaguay/E. Ríos		
	Villarino/ Bs.As.		

(u\$s 47,18 millones). En términos relativos, la mayor pérdida de ingreso se registra en Paraná, ascendiendo al 40,2% del valor producido en la campaña analizada, seguido por Concordia (36,2%).

En resumen, la pérdida asciende a u\$s 483,79 millones, y se registró en tres de las cuatro provincias analizadas. En primer lugar, el monto es sustancialmente inferior a las pérdidas generadas por eventos de sequía extrema. A modo de ejemplo, la pérdida de ingreso por la sequía ocurrida en el 2012 se estimó en aproximadamente u\$s 2.606 millones (Thomasz *et al.*, 2016, Thomasz *et al.*, 2017). En segundo lugar, se registra una diferencia sustancial en los niveles de pérdida relativa. Mientras que los departamentos de Córdoba, la misma asciende como máximo al 15%, en Santa Fe se ubica entre el 20% y el 39% y en Entre Ríos entre el 36% y el 40%. En el caso de Córdoba, como fue dicho, la pérdida de área es parcialmente compensada por un incremento en el rendimiento del sector cosechado.

CONCLUSIONES

Se determinó la existencia de una relación estrecha entre la ocurrencia de El Niño y los excesos

hídricos en la pradera pampeana. Sin embargo, la distribución geográfica de esos excesos es sumamente variable. Algunas áreas verán sus cultivos beneficiados por excesos moderados mientras que otras serán perjudicadas por excesos conducentes a procesos de anegamiento y aún inundaciones. A diferencia de las sequías extremas, que pueden tener impactos macroeconómicos (Thomasz *et al.*, 2017; Thomasz *et al.*, 2016), los excesos hídricos valuados en este trabajo tienen efecto a escala local, y son muy dispares en los distintos departamentos afectados de la región analizada.

El análisis agro-económico muestra que los efectos resultan muy dispares a lo largo de los diferentes territorios analizados: departamentos que registran excesos hídricos y que por compensación no registran pérdidas a nivel agregado, y otros donde la producción es profundamente afectada llegando a una pérdida que representa hasta el 40% de la producción. Asimismo, departamentos más pequeños, donde las posibilidades de compensación son menores, arrojarían mayores pérdidas en términos relativos. Al margen de las particularidades, en términos generales puede afirmarse que la expansión de la frontera agrícola, el proceso de sojización y el sostenimiento de elevados precios internacionales de este cultivo generan que

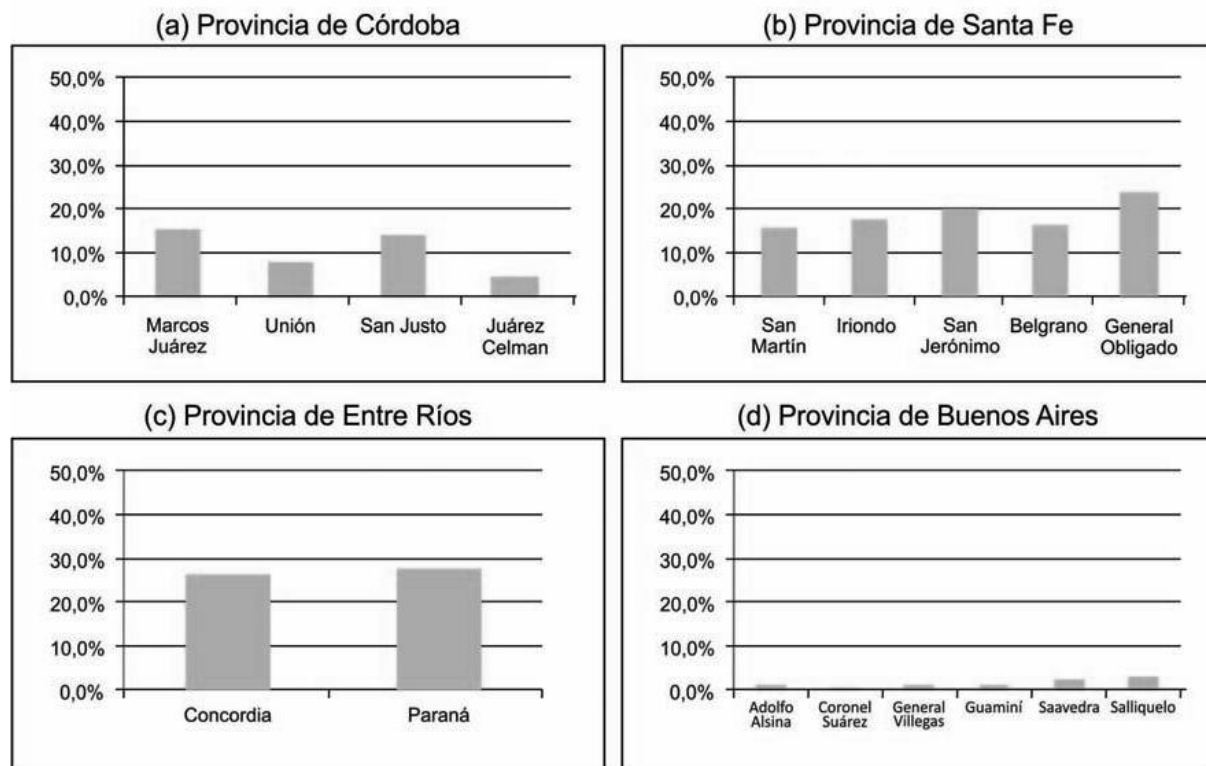


Figura 5. Pérdida de área bruta (%) en departamentos afectados por los excesos hídricos (Fuente: Ministerio de Agroindustria de la Nación)

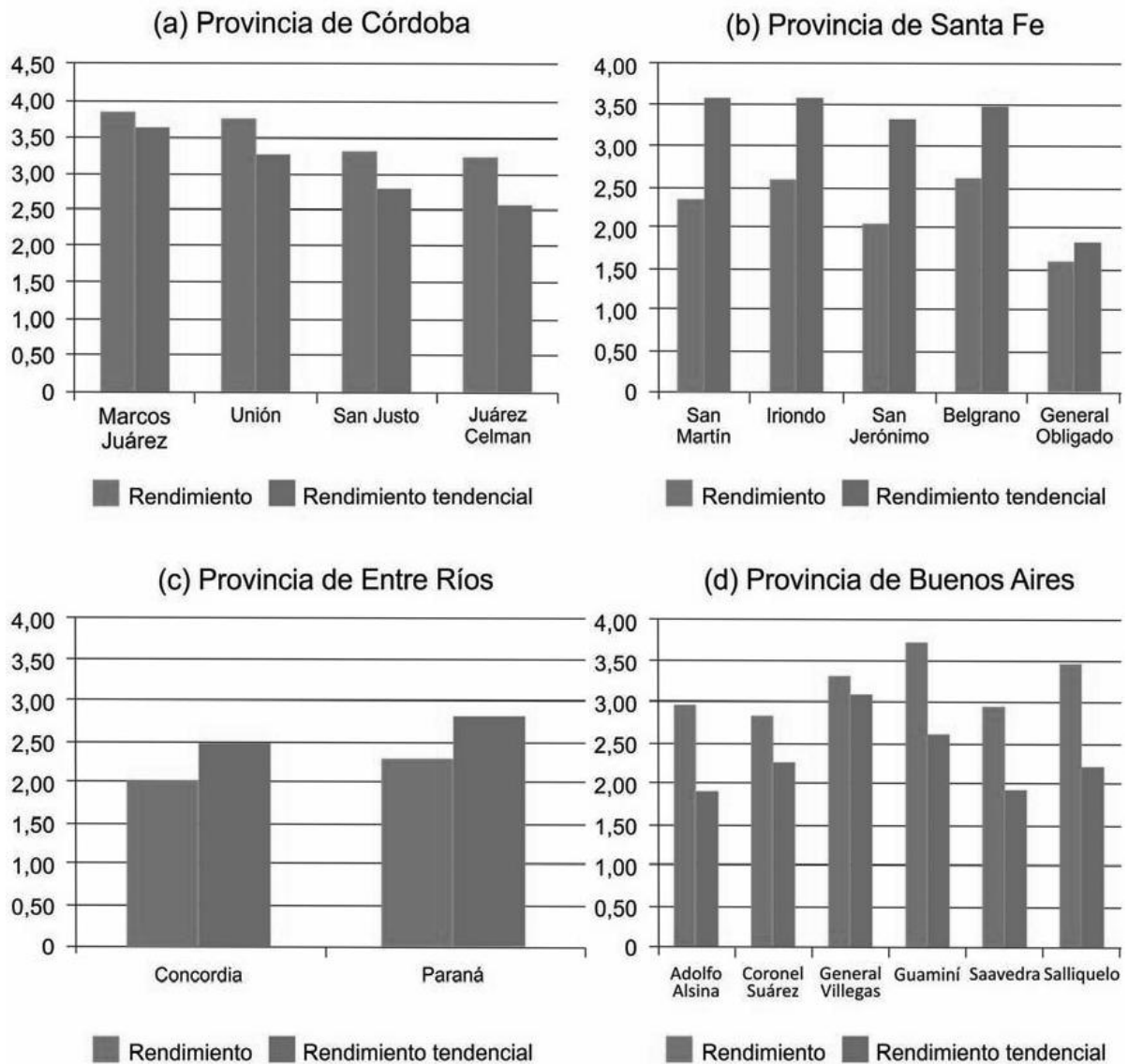


Figura 6. Rendimientos (tn/ha) en la campaña 2015/16 y rendimientos tendenciales (tn/ha) (Fuente: Ministerio de Agroindustria de la Nación)

Tabla 3. Pérdidas de ingreso en producción de soja a nivel de departamento. Provincia de Córdoba, campaña 2015/16

Departamento	Pérdidas en millones de u\$s	Pérdidas relativas
Marco Juárez	100,05	15,5%
Unión	39,95	6,4%
San Justo	73,99	11,9%
Juárez Celman	8,09	2,3%
TOTAL	222,09	

Fuente: Datos del Ministerio de Agroindustria de la Nación y de Chicago Board of Trade

Tabla 4. Pérdidas de ingreso en producción de soja a nivel de departamento. en la provincia de Santa Fe, campaña 2015/16

Departamento	Pérdidas en millones de u\$s	Pérdidas relativas
San Martín	63,9	27,1%
Iriondo	51,5	29,3%
San Jerónimo	47,7	39,2%
Belgrano	37,4	25,0%
General Obligado	8,0	20,1%
TOTAL	208,05	

Fuente: Ministerio de Agroindustria de la Nación y Chicago Board of Trade

Tabla 5. Pérdidas de ingreso en producción de soja a nivel de departamento. Provincia de Entre Ríos, campaña 2015/16

Departamento	Pérdidas en millones de u\$s	Perdidas relativas
Concordia	6,47	36,2%
Paraná	47,18	40,2%
TOTAL	53,65	

Fuente: Ministerio de Agroindustria de la Nación y Chicago Board of Trade

las pérdidas medidas en términos económicos sean muy superiores a las que se registraron en el pasado. La valuación económica de los excesos hídricos presentada en este trabajo, la cual debe ser profundizada, brinda lineamientos importantes para evaluar la viabilidad económico-financiera de invertir en infraestructura de adaptación al riesgo climático.

AGRADECIMIENTOS

Al D.G. Alejandro Barbeito por la preparación de las ilustraciones y al Ing.Agr. José Santa por las figuras de los índices agrometeorológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrovoz 2017. Diario la Voz del Interior. Sec. Agricultura. El trigo cae en la batalla contra el agua: elevan a 300 mil las hectáreas perdidas. Consultada en: www.agrovoz.lavoz.com.ar
- Ameghino, F. 1985. Las Secas y las Inundaciones en la Provincia de Buenos Aires. "Obras de Retención y no Obras de Desague". Ministerio de Asuntos Agrarios de Buenos Aires 1884-1984. 5ta Edición. La Plata 1984.
- Baethgen, W.E., 2008. Climate Risk Management and Adaptation to Climate Change. In: Uruguay, Climate Change Here and Now. Supplementary document for the UNDP Report on Human Development. UNDP Uruguay, Montevideo.
- Borden, K., M. Schmidlein, C. Emirich, W. Piegorsch, S. Cutter, (2007). "Vulnerability of U.S. Cities to Environmental Hazards". Journal of Homeland Security and Emergency Management.
- BCC, 2016. Bolsa de Cereales de Córdoba. Consultada en <http://www.agrovoz.com.ar/actualidad/lasinundaciones-dejan-una-perdida-de-13000-millones-en-cordoba>.
- CEPAL. 2010. Istmo Centroamericano: efectos del cambio climático sobre la agricultura. Sede Subregional en México. Consultado en: www.cepal.org/es/sedes-y-oficinas/cepal-mexico
- CEPAL. 2014. La economía del cambio climático en la Argentina. Primera aproximación. Impreso en Naciones Unidas. Santiago de Chile. Consultado en: www.cepal.org/publicaciones/35901-la-economia-del-cambio-climatico-en-la-Argentina-primera-aproximacion.
- CREAN, 2017. Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales, CONICET/UNC. Monitoreo de Sequías. Consultada en: [crean.org .ar/monitoreo](http://crean.org.ar/monitoreo).
- Cutter, S., 2003. Social Vulnerability Index (SOVI) for the United States. University of South Carolina. Hazards & Vulnerability Research Institute.
- Heizenknecht, G. 2011. Proyecto riesgo y seguro agropecuario. Oficina de Riesgo Agropecuario. Consultada en: www.ora.gov.ar/informes/enso.pdf.
- Hinkel J., 2011. Indicators of vulnerability and adaptive capacity: towards a clarification of the science-policy interface. Global Environmental Change, vol. 21, Issue 1, pp. 198-208.
- Hyun-Suk Shin and J. D. Salas, 2000. Regional Drought analysis Based on Neural Networks. Journal of Hydrologic Engineering Vol.5:2 (145). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2000\)5:2\(145\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2000)5:2(145))
- IRI, 2015. Pronóstico del ENOS con diferentes modelos. Consultado en http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/currentinfo/SST_table.html
- Jobbágy, E., 2016. Preocupante aumento del área anegada en la región pampeana. Consultada en www.todociencia.com.ar.
- Jobbágy, E., 2016. El suelo no absorbe el agua. Consultada en www.pagina12.com.ar
- Kim, T., J. B., Valdés and J. Aparicio, 2002. Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River basin, Mexico. Water International, IWRA, 27(3), 420-430.
- Kogan, F.N., 1997. Global Drought Watch from Space. Bulletin of the American Meteorological Society, 78, 621-636.
- Letson, D., C. E. Laciara, F. E. Bert, E. U. Weber, R. W. Katz, X. I. Gonzalez, and G.P. Podestá, 2009. Value of perfect ENSO phase predictions for agriculture: evaluating the impact of land tenure and decision objectives. Climatic Change 97, no. 1-2: 145-170.
- Lozanoff, J. y Cap E., 2006. El impacto del cambio climático sobre la agricultura Argentina: Un estudio económico. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires. Argentina.
- McKee, T. B., N.J. Doesken and J. Kleist, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Boston, Massachusetts pp. 179-184.
- Magrin, G., C. Gay Garcia and D. Cruz Choque, 2007. Latin America in: ML Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, and C.E. Hanson (eds). Climate Change, 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability.

- Contribution of Working Groups II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change, pp. 581-615. Cambridge University Press.
- Ministerio de Agroindustria de la Nación, 2017. Datos Agroindustriales, Estimaciones agrícolas. Consultada en <https://www.agroindustria.gob.ar/datos-abiertos/dataset/estimaciones-agricolas/archivo/>
- Murgida A. M., M.I. Travasso, S. González y G.R. Rodríguez, 2014. Evaluación de impactos del cambio climático sobre la producción agrícola en la Argentina. Serie medio ambiente y desarrollo. No. 155. Naciones Unidas. Santiago, Chile.
- NOAA, 2017. Valores del Índice Oceánico de El Niño (ONI). Consultada en www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.html.
- NOAA, 2016. Land and Ocean Temperature Percentiles Aug 2016. Data Source: GHCN-M versio 3.3.0 & ERSST version 4.0.0. Consultada en www.cpc.ncep.noaa.gov/
- Ortiz de Zarate, M. J., J.J. Ramayon y A.L. Rolla, 2014. Agricultura y Ganadería impacto y vulnerabilidad al cambio climático. Posibles medidas de adaptación. 3ra. Comunicación Nacional de la República Argentina en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático.
- Palmer, W.C., 1965. Meteorological drought. Documento de Investigación N° 45, Oficina Meteorológica del Departamento de Comercio, Washington, D.C.
- Palmer, W.C., 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index - Weatherwise, 21:156-161.
- Peters, A.J., E.A. Walter-Shea, L. Ji, A. Viña, M. Hayes and M.D. Svoboda, 2002. Drought Monitoring with NDVI-Based Standardized Vegetation Index. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol 68 (1):71-75.
- Podestá, G. P., C. E. Natenzon, C. Hidalgo, and F. Ruiz Toranzo, 2013: Interdisciplinary production of knowledge with participation of stakeholders: a case study of a collaborative project on climate variability, human decisions and agricultural ecosystems in the Argentine Pampas. Environmental Science & Policy 26 40-48.
- Podesta G., D. Letson, C. M. F. Royce, A. Ferreyra, J. Jones, J. Hansen, I. Llovet, M. Grondona, and J. J. O'Brien, 2002. Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience. Agricultural Systems 74, no. 3: 371-392.
- Ravelo, A.C., R. E. Zanvettor y P.E.C. Boletta, 2014 (a). Atlas de sequías de la República Argentina. Versión digital en www.crean.unc.edu.ar ISBN 978-950-33-1195-0
- Ravelo, A.C., R. Sanz Ramos y J.C. Douriet Cardenas, 2014 (b). Detección, evaluación y pronóstico de las sequías en la región del Organismo de cuenca Pacífico Norte, México. AgriScientia Vol. 31(1):11-24.
- Ravelo A.C., J.C. Douriet, R.R. Sanz and A.I. Ramírez, 2015. Assessing Drought Vulnerability and Risk in Sinaloa, México. Conferencia sobre las sequías. Valencia, España. ICD 2015.
- Ravelo, A.C., y A.J. Pascale, 1997. Identificación de ocurrencia de sequías mediante imágenes del satélite NOAA e información terrestre. Rev. Fac. de Agronomía 17(1):105-107.
- SMN 2017. Servicio Meteorológico Nacional, Estadísticas Climatológicas; Datos de precipitación mensual período 1970-2017.
- Tannura, M.A., S.H. Irwin, and D.L. Good. 2008. Weather, Technology, and Corn and Soybean Yields in the U.S. Corn Belt. Marketing and Outlook Research Report 2008-01, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Thomasz, E., G. Rondinone, A. Vilker, 2016. The economic cost of extreme and severe droughts in soybean production in Argentina. Revista Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de México (en evaluación).
- Thomasz, E., G. Rondinone, A. Vilker y M. Eriz, 2017. El impacto económico de los eventos climáticos extremos en Argentina: el caso de la soja en la zona núcleo ¿Riesgo climático o déficit de infraestructura?. Consultado en <http://www.economicas.uba.ar>
- Viglizzo, E. F. y E. Jobbágy, 2010. Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental. Ediciones INTA. ISBN N° 978-987-1623-83-9.
- Zanvettor, R.E., A.C. Ravelo, A.M. Planchuelo y R. A. Seiler, 2016. Monitoreo, Evaluación y Pronóstico de los Extremos Hídricos en la Región Pampeana Argentina. RALDA 2016, XVI Reunión Argentina y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Puerto Madryn, Chubut, Argentina ISBN 978-987-42-2098-1