

Evaluación de la producción de los cultivos de invierno en la Regional Bahía Blanca de AAPRESID (período 1999-2016)

Laurine Azzola, Carlos Rodríguez y Juan A. Galantini

La evaluación de largo plazo de los rendimientos que se presentan a través de los años bajo los diferentes escenarios (climático, económico, tecnológico) permite obtener conclusiones útiles al momento de definir las estrategias de manejo más adecuadas a cada situación.



(Informe de la pasantía de Laurine Azzola realizada en la UNS de la estudiante de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Toulouse, Francia)

El trigo pan, el trigo candeal y la cebada son los principales cultivos que comparten la superficie agrícola del S y SO de la provincia de Buenos Aires. Se encuentran también cultivos extensivos de girasol, soja cuando las precipitaciones lo permiten, maíz y pasturas. Los granos de cosecha fina representan la mayor parte de la cobertura de los campos y por ello son muy importantes en la zona.

La producción de trigo y cebada en la zona representan el recurso económico más importante para los productores por ser los cereales que más se adaptan a las condiciones climáticas semiáridas a subhúmedas de la región. En efecto, las precipitaciones erráticas y los frecuentes períodos con déficit hídrico condicionan el potencial de rendimiento.

La siembra directa en estos ambientes frágiles del S y SO Bonaerense es un factor clave para mejorar la captación, conservación y su uso del agua, donde las precipitaciones son el factor limitante en la producción agrícola. En esta región la variación importante de sus precipitaciones interanuales impacta fuertemente los rendimientos y condiciona las estrategias de manejo, limitando el uso de fertilizantes. El manejo bajo siembra directa, permite entonces una mayor infiltración y retención del agua de lluvia gracias al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo por el aporte de materia orgánica (Galantini y Kleine, 2014; Iglesias et al., 1996, 1998, 2014).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la dinámica de la producción de la Regional Bahía Blanca de AAPRESID en el periodo 1999-2016 y relacionarles con factores climáticos o de manejo.

Aspectos metodológicos

Datos generales y lugar de estudio

Los datos fueron recolectados por el Ing. Agrónomo Carlos Rodríguez de la Regional Bahía Blanca entre 1999 y 2016 correspondientes a campos ubicados en los partidos de Coronel Dorrego, Torquinst, Bahía Blanca, Coronel Pringles, Saavedra, Monte Hermoso y Coronel Suarez. La base de datos cuenta con la información de más de 1700 lotes de producción, con una superficie mayor a las 100 mil hectáreas. Dentro de la información referente a la localización y antecesores, se incluyeron datos climáticos (registro mensual de las lluvias, temperatura y adversidades), datos del cultivo y su manejo, rendimiento y calidad, además de manejo sanitario y de la fertilización. Esta diversidad entre los establecimientos es una fuente importante de variación para el análisis, en cuanto a las precipitaciones anuales, desde condiciones sub-húmedas al NE hasta semi-áridas hacia el SO de la región, con una zona de transición variable según los años. Las precipitaciones medianas anuales para la zona sub-húmeda son superiores a los 700 mm año⁻¹ aunque para la zona semi-árida el promedio anual se sitúa bajo este valor con 650 mm año⁻¹ (Figura 1).

La diversidad de los suelos lote a lote no ha sido incluida en el análisis, pero representa una variabilidad importante en cuanto a la textura, la profundidad y los contenidos de materia orgánica.

Se procedió a calcular los promedios anuales de cada cultivo, y por partido en cuanto a los rendimientos o a las lluvias. En este análisis se usaron principalmente los datos de lluvia, rendimiento anual por cultivo, antecesor y fecha de siembra.

Se usaron los softwares Excel y R por el tratamiento y análisis de datos, con métodos de regresiones lineales univariable, multivariable, Análisis en componentes principales y de ANOVA.

Es importante destacar que los datos corresponden a situaciones de campo, donde otras variables como plagas, malezas, etc., pueden estar influenciando los rendimientos. Además, la distribución de los diferentes cultivos no ha sido la misma entre años, entre zonas y entre productores, por lo que los análisis no tienen un balance perfecto y muchas veces no extrapolable. Por todo esto es que las conclusiones de este estudio tienen importantes limitaciones para su aplicación generalizada, pero pueden brindar una visión de las tendencias que serán necesario plantear como objetivo de estudios específicos.

Resultados obtenidos

Los rendimientos promedios para cereales de invierno de la zona S y SO Bonaerense se sitúan alrededor de 2,0 y 2,5 Mg ha⁻¹.

Tabla 1. Rendimientos de los principales cultivos de invierno

Cultivo	Lotes	Rendimiento	
		Media	grano (kg ha ⁻¹) Máximo
Trigo Pan	1300	2411	6000
Trigo Candeal	96	1724	3950
Cebada Cervecera	315	2680	5670

(Fuente: Regional AAPRESID Bahía Blanca)

Estos rendimientos bajos comparados a los de la Pampa Húmeda son debidos a las limitantes climáticas y edáficas: profundidad de los suelos, estrés hídrico estival, viento muy desecante con velocidad media de 24 km h⁻¹, heladas, entre otros factores.

Precipitaciones anuales y clima

La variación interanual de las precipitaciones está característica de la zona S y SO bonaerense. Se puede notar entre 1999 y 2016 alternancia de periodos de poca lluvia y años lluviosos. Los años 2008 y 2009 de muy poca lluvia tuvieron un impacto fuerte sobre la producción cerealista con una mayor sequía en 2009, tanto sobre el trigo que sobre la cebada, con perfiles de suelo secos.

Evolución de los cultivos

A lo largo de los 17 años, las cereales de invierno representan el cultivo principal en la zona. Son un recurso económico importante de la zona por su capacidad a adaptarse a las condiciones edafoclimáticas. El trigo pan constituye la mayor parte de la cobertura con un 50 a 100% de las siembras cada año dentro del grupo de productores de la Regional. Sigue en cantidad la cebada cervecera que puede representar hasta los 50% como en 2013, y el trigo candeal que puede representar hasta el 19% (2008). Otras producciones secundarias han sido cultivadas: avena, colza, arveja, lentejas, cártamo y coriandro. El periodo 2004-2008 se sembró colza en grandes proporciones: en 2005 representa el 44% de los cultivos, en relación con los precios elevados de las semillas oleaginosas en el mercado internacional (Peter Thoenes, 2011).

El trigo pan mantiene su mayor parte de las superficies a lo largo de los 17 años, el trigo candeal hace una breve aparición entre 2001 y 2008 antes de dejar lugar a la cebada.

En 2009 una gran sequía impidió sembrar y cosechar por la mayoría de los productores, por eso se pueden notar pocas superficies sembradas este año. Los años 1999, 2000, 2008 tienen pocos valores por falta de datos de algunos establecimientos.

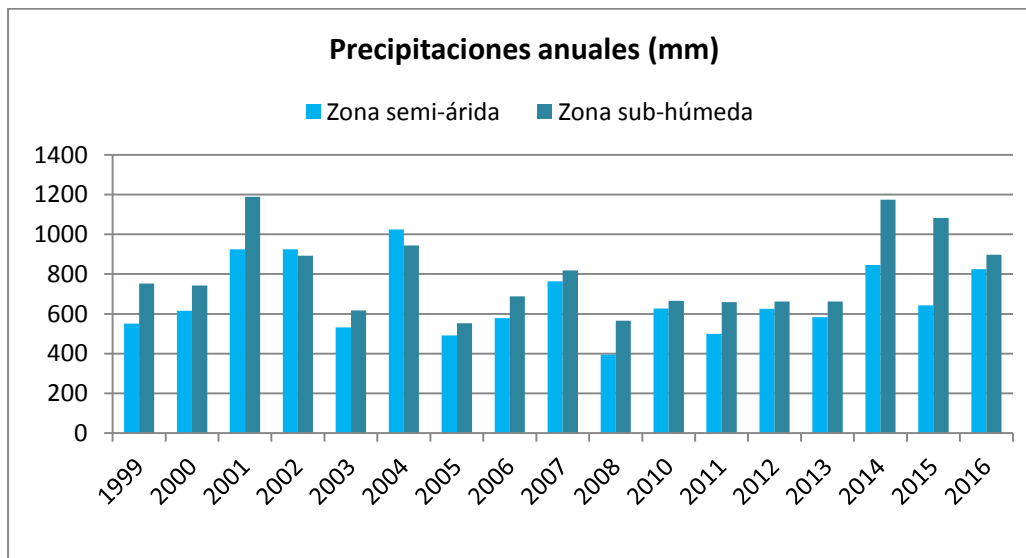


Figura 1: Precipitaciones anuales en el periodo 1999-2016

Evolución de los rendimientos anuales

Se puede observar una variación interanual muy importante de los rendimientos tanto por el trigo pan como por el candeal o la cebada. La variación intra anual se debe a la variabilidad de las precipitaciones, ubicación del establecimiento, variedad del cultivo y momento de siembra. Por otro lado, aspectos importantes desde el punto de vista del suelo como la profundidad, textura, contenido de materia orgánica y limitaciones físicas pueden condicionar el potencial de rendimiento (Duval et al., 2016a,b; Martínez et al., 2016, 2017 Galantini et al., 2004, Galantini & Rosell, 2006). Los rendimientos más bajos se deben a la mezcla de todos estos factores, además de condiciones más secas, heladas o a la presencia de malezas que compiten mucho con los cultivos por los recursos en estas zonas de escasas hídrica.

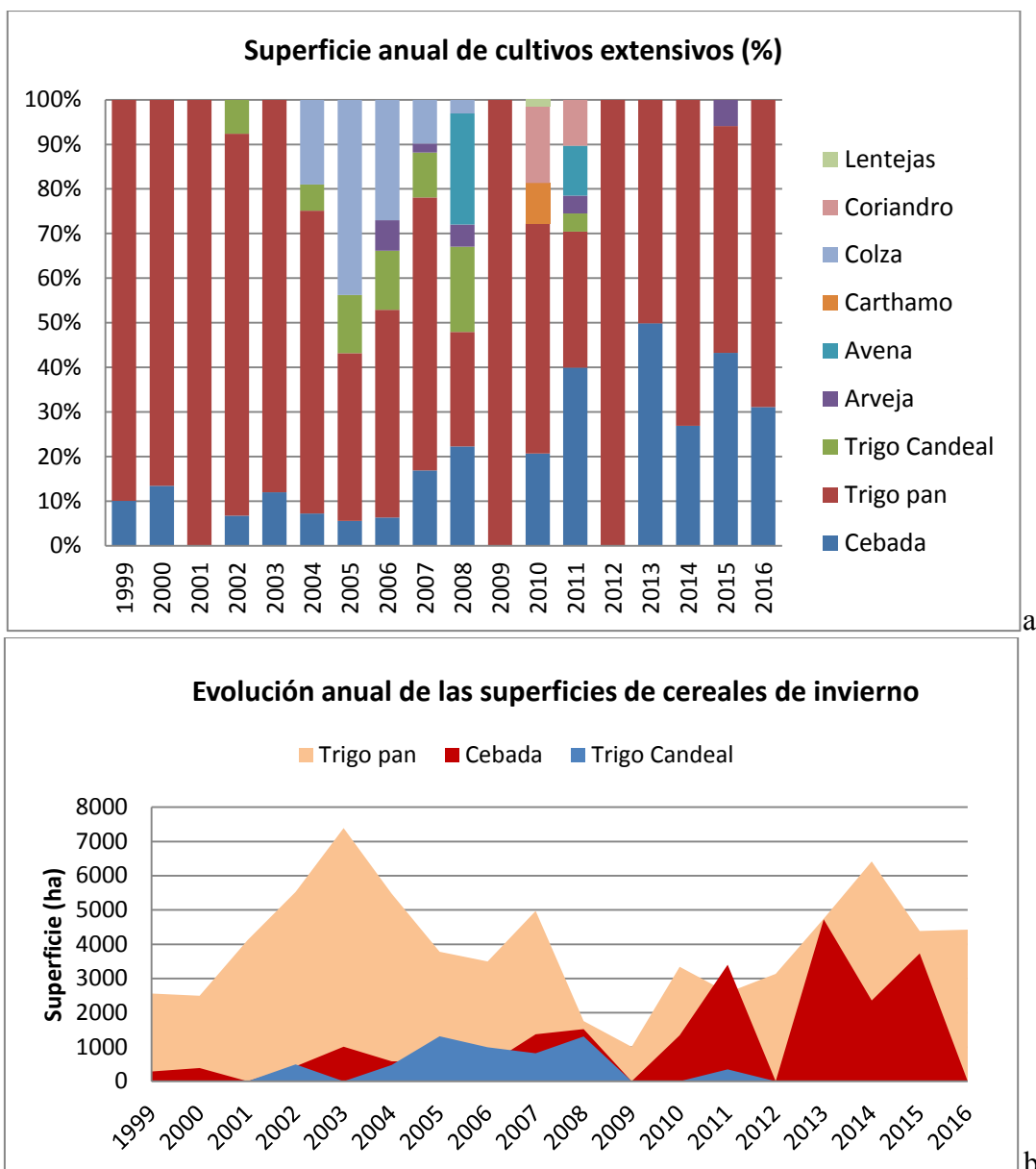


Figura 2: Distribución porcentual de los cultivos en cada una de las campañas (a) y superficie de trigo pan, trigo candeal y cebada (b)

El trigo candeal es menos sembrado entre los tres cultivos en el grupo de la Regional. Es el que también menos rinde en cantidad con un promedio anual de $2,05 \text{ Mg ha}^{-1}$ contra $2,67 \text{ Mg ha}^{-1}$ para la cebada y $2,48 \text{ Mg ha}^{-1}$ para el trigo pan. En 2005, los cultivos de trigo pan sufrieron heladas que castigaron mucho los rendimientos hasta disminuirles del 70% del valor alcanzado en 2002.

La cebada cervecera es el cultivo que parece lo más estable frente las lluvias erráticas y permite obtener rendimientos buenos casi todos los años a parte de los más secos como 2008 o 2011.

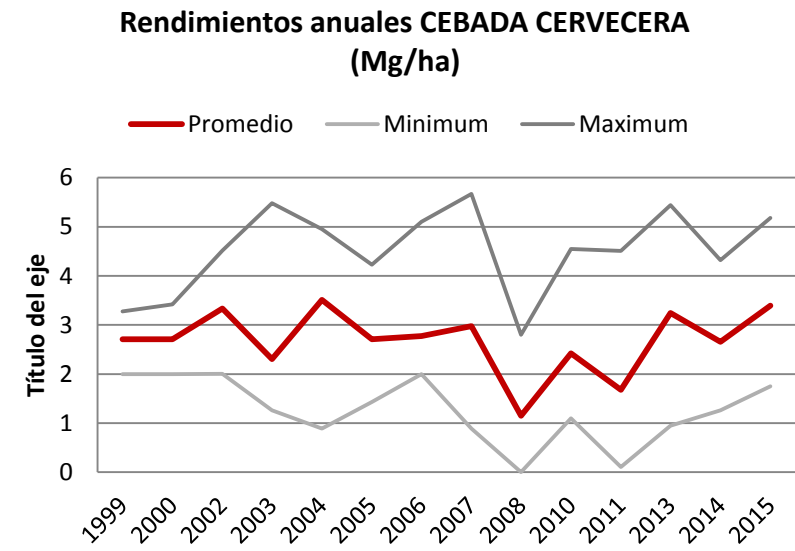
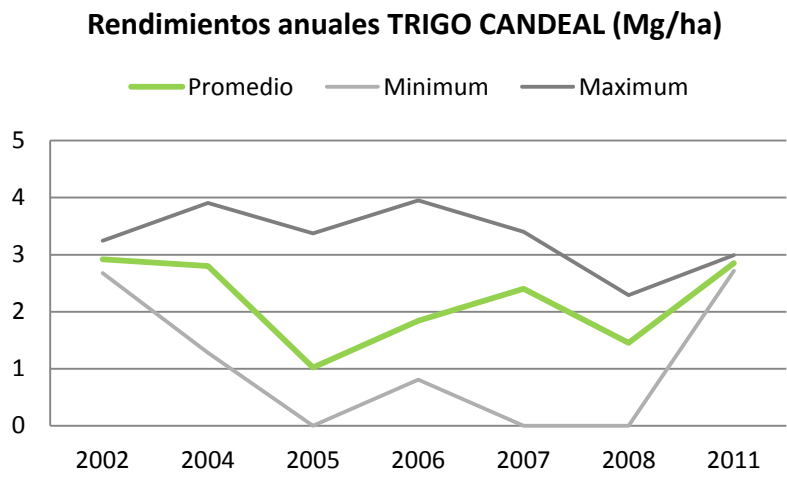
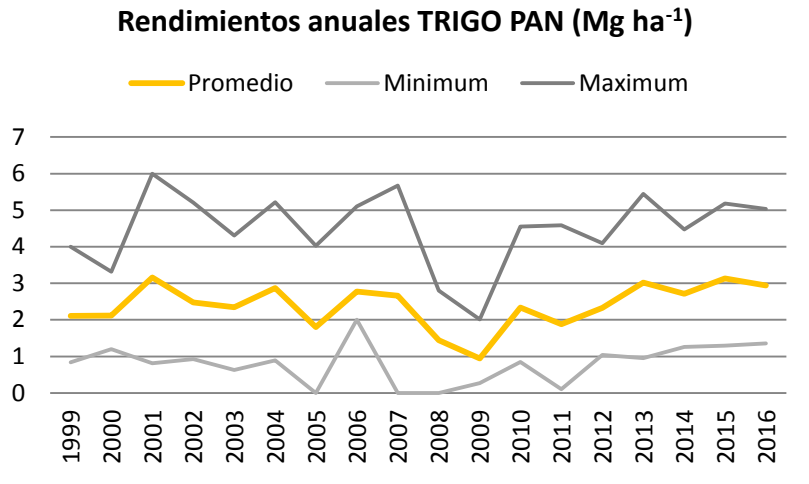
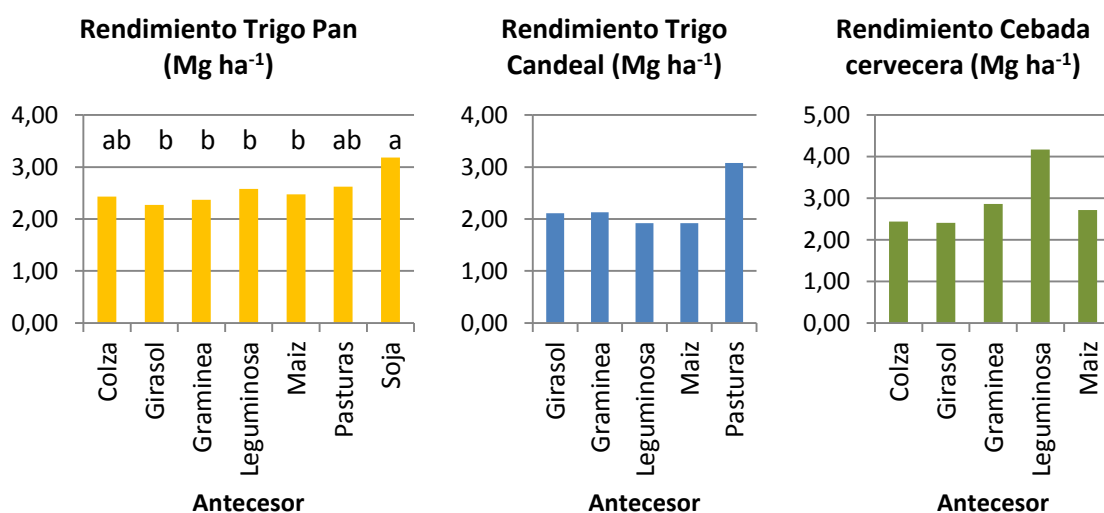


Figura 3. Evolución de los rendimientos de trigo pan, trigo candeal y cebada

Rendimientos y antecesor

Si bien las limitaciones anteriormente mencionadas para este estudio, se encontró una relación entre el antecesor y el rendimiento. La soja como antecesor permitió alcanzar los rendimientos más elevados. Similarmente el antecesor pasturas, leguminosas o mezcla permite también llegar a tales rendimientos. El antecesor de gramínea o de girasol sería el menos recomendable en una rotación antes de otra gramínea, posiblemente por su consumo de agua o la cobertura que deja sobre el suelo o por la relación C:N de los residuos (López et al., 2015; Sa Pereira et al 2017a,b; Duval et al., 2016). En efecto, en estos casos se obtuvieron los rendimientos más bajos.

La clasificación con el análisis de ANOVA da un resultado significativo para el trigo (p-value < 0,01). No se puede relacionar de manera significativa el antecesor con el rendimiento del cultivo de trigo candeal y la cebada cervecera. Sin embargo, se puede observar en la representación gráfica una relación en favor del antecesor «leguminosa» o «pasturas».



Sin embargo, todos los productores del grupo no pueden cultivar soja y este resultado solo es aplicable a los partidos de clima sub-húmedo o con precipitaciones superiores a 700 mm por año como C. Dorrego, C. Pringles, C. Suarez, Torquinst y Pigué. Quizás también logran tales rendimientos después de una soja gracias a los fertilizantes residuales y por el nitrógeno aportado por el cultivo al suelo por fijación biológica. Cultivar la soja no sería muy recomendable de un punto de vista ambiental o económico en la zona más seca, por su alta dependencia al agua y a los agroquímicos y los rendimientos bajos que se alcanzarían.

Precipitaciones anuales

Se pudo encontrar una relación entre los rendimientos promedios anuales del grupo de productores estudiados y las precipitaciones promedios anuales ($R^2=0,53$; p -value $< 0,01$). Si bien las relaciones lineales no fueron altamente significativas, se observó que los años con precipitaciones menores de 500 mm, tanto el trigo como la cebada no pueden cumplir su desarrollo vegetativo correctamente y los rendimientos se encontraron por debajo los 1,8 Mg ha⁻¹. Este resultado hace eco a los resultados obtenidos en el estudio sobre los efectos a largo plazo de la SD en el SO Bonaerense llevada en el establecimiento “Hogar Funke” (Galantini y Keine, 2014) donde se observó que la relación entre las precipitaciones anuales y el rendimiento es variable, por lo que discriminar las precipitaciones durante el barbecho (Enero-Junio) y durante el ciclo del cultivo tiene mejores resultados.

Precipitaciones durante el barbecho (Enero-Junio)

Se obtuvieron rendimientos mayores los años donde el barbecho fue lluvioso.

El Análisis en Componentes Principales permite observar una correlación entre rendimiento y precipitaciones durante el barbecho aunque la componente “Rendimiento” no sea bien representada sobre los dos primeros ejes. Se puede suponer que un buen barbecho permite rellenar el perfil de agua disponible para el cultivo siguiente, mejorando las condiciones para el desarrollo inicial y preparando a la planta con un mejor sistema de raíces para los periodos críticos. Sin embargo, la eficiencia del barbecho puede ser variable según sea la capacidad de almacenamiento del suelo, el largo del barbecho o el cultivo antecesor. En efecto la mayoría de las lluvias ocurren en otoño sobre todo durante el mes de Marzo.

Precipitaciones durante el desarrollo del cultivo

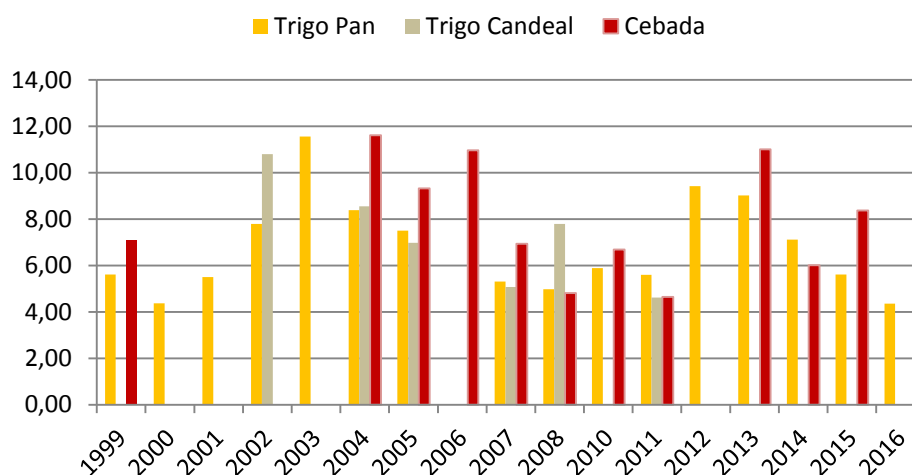
El estudio entre rendimientos y las precipitaciones de Julio a Noviembre, que corresponden al periodo de crecimiento del cultivo de la siembra hasta el relleno del grano, no mostraron la existencia de una relación entre las dos variables. Las precipitaciones de Octubre, momento crítico del cultivo en el cual los requerimientos en agua son lo más altos tampoco fueron relacionadas con el rendimiento.

Para el trigo candeal se estableció una relación lineal significativa entre precipitaciones anuales ($R^2=0,887$; $p < 0,01$), y entre las precipitaciones de Septiembre-Octubre ($R^2=0,986$; $p < 0,01$). En efecto las precipitaciones de Octubre tienen un impacto sobre el rendimiento del Trigo Candeal, se puede también relacionarles de manera lineal y significativas ($R^2=0,80$; $p < 0,01$).

Eficiencia del uso del agua del barbecho

Se calculó la eficiencia de uso del agua como los kilogramos de grano por hectárea producidos por milímetro de agua llovido durante el periodo del cultivo.

**Eficiencia comparativa del Uso del Agua
(kg/ha/mm)**



	Trigo Pan	Trigo Candeal	Cebada
Promedio	6,75	7,30	7,95
Max	11,56	10,81	11,61
Min	4,35	4,61	4,65

El cultivo de Cebada es el cultivo que a lo largo de los 15 últimos años hacer el mejor uso del agua, seguido el trigo Candeal y el Trigo Pan. La cebada sería el cultivo más apto para valorizar los milímetros de agua en la zona.

Sin embargo los 3 cultivos tienen eficiencia del uso del agua acordes a los valores que se encuentran en la bibliografía, con promedios arriba de $6,75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ hasta valores máximas arriba de $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ por los años más secos como en 2003.

Ciclo y fecha de siembra

La variabilidad de fecha de siembra es muy amplia: se extienden de Mayo hasta Septiembre según los años, el cultivo y las variedades. La mayoría de los cultivos benefició de un barbecho de 6 meses que cumple el papel de relleno de la reserva hídrica disponible para el cultivo.

No se estableció una relación lineal significativa entre ciclo del cultivo y rendimientos promedios por cada cultivo.

La fecha de siembra promedio para los cereales de invierno a lo largo del periodo de estudio están resumidas en la tabla siguiente:

Cultivo	Fecha de siembra promedio
Trigo pan	24 de Junio (24/06)
Trigo candeal	16 de Julio (16/07)
Cebada	11 de Julio (11/07)

Limitaciones del estudio

A pesar de que se puede destacar una relación entre el antecesor y la cantidad de agua recibida por el cultivo a durante las diferentes fases del año, la fertilidad y la diversidad de los suelo, así como otros aspectos que podrían llegar a ser relevantes, no han sido tomada en cuenta para el análisis por falta de datos sobre el suministro y la fertilización del suelo.

Además se puede observar en los últimos 4 años (2012-2016) una sucesión de años lluviosos, con rendimientos en incremento. Se podría preguntar si los mejores rendimientos alcanzados estos últimos años no se deben también al mejoramiento del suelo gracias al efecto a largo plazo de la siembra directa.

Consideraciones finales

La lluvia anual aparece como el factor principal para alcanzar el potencial de rendimiento de la zona. Frente a la erraticidad y la variación intra-interanual, se recomendaría seguir aportando materia orgánica para mejorar la capacidad de retención del agua y paliar al estrés hídrico en la zona semi-árida, manteniendo la mayor cantidad posible de cobertura para evitar su evaporación.

Se confirma que incluir pasturas y leguminosas como antecesor de las gramíneas cultivadas en la zona, tiene un impacto positivo sobre los rendimientos frente a las limitantes de escasez de agua o de nutrimentos de los suelos.

Bibliografía consultada

- Duval M., J.A. Galantini, Julia E. Capurro, J.M. Martínez, F.M. López. 2016. Winter cover crops in soybean monoculture: effects on soil organic carbon and its fractions. *Soil & Tillage Research* 161:95-105 doi:10.1016/j.still.2016.04.006
- Duval M.E., J.A. Galantini, J.M. Martínez, F.M. López, L. Wall. 2016. Sensitivity of different soil quality indicators to assess sustainable land management: Influence of site features and seasonality. *Soil & Tillage Research* 159: 9-22. doi:10.1016/j.still.2016.01.004
- Galantini J.A., C. Keine. 2014. Efectos de largo plazo de la siembra directa en el So Bonaerense: Producción de los cultivos y balance de nutrientes. : 9–14.
- Galantini J.A., N. Senesi, G. Brunetti, R. Rosell. 2004. Influence of texture on the nitrogen and sulphur status and organic matter quality and distribution in semiarid Pampean grassland soils. *Geoderma* [123: 143-152](#).
- Galantini J.A., R.A. Rosell. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil & Tillage Research* 87: 72-79
- Galantini J.A.; J.O. Iglesias; C. Maneiro; L. Santiago; C. Kleine. 2006. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. Efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. *Rev. Invest. Agropec. (RIA – INTA)* 35, 15-30.
- Iglesias J., J.A. Galantini, H. Krüger, S. Venanzi. 2014. Soil pore distribution changes in no-till and conventionally tilled systems under animal grazing. *Agriscientia* 31(2) 93-102.
- Iglesias J.O., J.A. Galantini, A.M. Miglierina, M.R. Landriscini, R.A. Rosell. 1998. Cambios en la distribución del espacio poroso debidos al sistema de labranza y al transito en un Hapludol típico de la Región Subhúmeda Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía (UBA)* 18 (1-2) 19-26.
- Iglesias J.O., J.A. Galantini, R.A. Rosell, A.M. Miglierina y M.R. Landriscini. 1996. Cambios en la distribución del espacio poroso en un Entic Haplustoll con diferentes secuencias de cultivos en la región semiárida Argentina. *Agricultura Técnica (Santiago, Chile)* 56 (1): 43-48.
- López F.M., M.E. Duval, J.M. Martínez, J.A. Galantini. 2015. Cobertura en el Sudoeste Bonaerense en suelos bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* [33 \(2\) 273-281](#).
- Martínez J.M., J.A. Galantini, M.E. Duval, M.R. Landriscini, R.J. García, F. López. 2018. Nitrogen mineralization indicators under semi-arid and semi-humid conditions: influence on wheat yield and nitrogen uptake, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, DOI: 10.1080/00103624.2018.1485931
- Martínez J.M., J.A. Galantini, M. Duval. 2017. Tillage effects on labile pools of soil organic nitrogen in a semi-humid climate of Argentina: A long-term field study. [Soil & Tillage Research 169:71-80](#).
- Martínez J.M.; J.A. Galantini; M.E. Duval; F.M. López. 2016. Indicadores de mineralización de nitrógeno en el sudoeste bonaerense: relación con las fracciones orgánicas del suelo. *Rev. Ci. Agron. (Argentina)* XXVI, 50-57.
- Martínez J.M.; J.A. Galantini; M.E. Duval; F.M. López. 2017. Tillage effects on labile pools of soil organic nitrogen in a semihumid climate of Argentina: a long-term field study. [Soil Till. Res. 169, 71–80](#).
- Piccolo G., J.A. Galantini, R.A. Rosell. 2004. Particulate organic carbon in sustainable agriculture of subtropical soils in Argentina. *Geoderma* 123: 333-341. ISSN: 0016-7061 ELSEVIER
- Sa Pereira E, J.A. Galantini, M. Duval. 2017. Use of a three-compartment model to evaluate the dynamics of cover crop residues. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63(11)1623-1629. <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2017.1296137>
- Sa Pereira E, M. Duval, J.A. Galantini. 2017. Decomposition from legume and non-legume crop residues: effects on soil organic carbon fractions under controlled conditions. *Spanish Journal of Soil Science* 7(2) 86-96
- Savabi M.R., M.H Golabi, A.A Abou-Arab, and E.J/ Kladvko. Infiltration Characteristics of No-Till vs. Conventional Tillage in Indiana an Illinois Farm Fields.
- Thoenes P. 2011. Resumen del mercado de semillas oleaginosas. Available at <http://www.fao.org>