

SOSTENIBILIDAD PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE LA CONSERVACIÓN DE SUELOS EN LA REGIÓN ORIENTAL DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS*

Daniel Tomasini¹; Lucía Longo¹; Laura Puhl²; Alejandro Maggi³ y Santiago Cirigliano¹

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, ¹Cátedra de Economía General, ²Departamento de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información, ³Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Av. San Martín 4453. Buenos Aires, Argentina.
E-Mail: tomasini@agro.uba.ar

Recibido: 03/07/19

Aceptado: 27/11/19

RESUMEN

En la mayor parte del territorio de la provincia de Entre Ríos, los suelos son susceptibles al impacto de la erosión hídrica, lo que lleva a pérdidas económicas, productivas y ambientales. Este trabajo aborda una comparación productiva y económica de dos escenarios de manejo del suelo, con y sin sistematización del suelo (terrazas de evacuación de base ancha), en una empresa rural ubicada en la región oriental de la provincia. Se realizó un análisis de los rendimientos de soja, trigo y maíz a través de ocho campañas con ambas condiciones simultáneamente, utilizando un modelo de regresión lineal múltiple basado en más de 1.300 datos. Como resultado de este análisis, se observó para el escenario de suelo sistematizado que: en la soja se revirtieron las pérdidas y se lograron aumentos en el rendimiento (-157 y 86 kg/ha/año, respectivamente), en la soja de segunda cosecha se sostuvo la producción, y en el maíz se redujeron las pérdidas (de -244 a -95 kg/ha/año). Además, el análisis del modelo económico registró un rendimiento financiero positivo de la inversión (tasa interna de retorno) de entre el 18 y el 24%. Los resultados muestran que la tecnología de control de la erosión hídrica a través de las terrazas de evacuación constituye una contribución a la sostenibilidad ambiental y económica de la producción agrícola.

Palabras clave: conservación de suelos, valoración económica, terrazas de evacuación, Entre Ríos

PRODUCTIVE AND ECONOMIC SUSTAINABILITY OF SOIL CONSERVATION IN THE EASTERN REGION OF ENTRE RÍOS PROVINCE

ABSTRACT

In most of the territory of the province of Entre Ríos, soils are susceptible to water erosion impact, leading to economic, productive and environmental losses. This study addresses a productive and economic comparison of two soil management scenarios, with and without soil systematization (wide-based evacuation terraces), in a rural company located in the Eastern region of the province. An analysis of soybean, wheat and corn yields was carried out through eight campaigns in both simultaneous conditions, using a multiple linear regression model based on more than 1,300 data. As a result of this analysis, we observed that the plots under soil systematization management exhibited reversed losses and increased yields in soybean crops (-157 and 86 kg/ha/year, respectively); sustained production of soybeans as second crop; and a reduction of losses in corn (-244 to -95 kg/ha/year). In addition, the economic model analysis registered a positive financial return on the investment (Internal Rate of Return) between 18 and 24%. The results show that water-erosion control technology through evacuation terraces constitutes a contribution to the environmental and economic sustainability of agricultural production.

Key words: soil conservation, economic valuation, drainage terraces, Entre Ríos

* Un documento preliminar de este trabajo fue presentado en la IXL Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Santa Fe, octubre 2018, bajo el título "Sostenibilidad y producción: análisis de una estrategia exitosa de conservación de suelos en la provincia de Entre Ríos".

INTRODUCCIÓN

El deterioro de los suelos es una de las mayores preocupaciones en el análisis económico y político de la sostenibilidad agropecuaria. La erosión del suelo genera pérdidas en la producción, demanda tiempo y altos costos para conservar o recuperar su capacidad productiva, cuya pérdida puede ser irreversible. En la Argentina, aproximadamente el 35% de la superficie de los suelos productivos está afectada por erosión hídrica (EH), es decir, cerca de 64 millones de hectáreas (Casas, 2015). La provincia de Entre Ríos, es una de las más perjudicadas por la erosión hídrica con más de 2,3 millones de hectáreas afectadas y un 75% de su superficie susceptible a la erosión (Panigatti, 2016).

Esta susceptibilidad de los suelos entrerrianos a la erosión se debe a: i) la topografía ondulada con pendientes (1-4%) muy extensas donde no se interrumpe el escurrimiento del agua; ii) la baja infiltración con una conductividad hidráulica saturada menor a $0,4 \text{ mm h}^{-1}$ y arcillas expandibles tipo montmorillonita con un contenido mayor al 35% desde la superficie (Cerana *et al.*, 2003; Gvozdenovich, 2018); y iii) la concentración de las precipitaciones (1.200 mm/año) en un 80% en el período primavera-estival. Este escenario se agrava en el marco del cambio climático, en el que se identifica un aumento del 20% del factor R (erosividad de la lluvia) de la USLE (del inglés "Universal Soil Loss Equation") en los últimos quince años (Crettaz, 2016).

Se estima una pérdida promedio de suelo a razón de 15 a 20 t/ha/año (Panigatti, *op cit*), la que se agudiza hasta 48 t/ha/año en los suelos vertisoles de las nuevas áreas incorporadas a la agricultura, especialmente para el cultivo de soja, en la región este de la provincia (Gvozdenovich, 2018). La disminución del rendimiento es uno de los indicadores clave de la pérdida de la calidad del suelo por la erosión. De hecho, se identificaron pérdidas de rendimiento en el cultivo de soja de 470 kg/ha (Gvozdenovich, 2011) y 413 kg/ha (Maggi *et al.*, 2016) en suelos agrícolas. En

función de las pérdidas generadas por la erosión, la Provincia de Entre Ríos implementa, desde el año 1989, una estrategia de conservación de suelos agrícolas basada en instrumentos normativos (Ley Provincial 8318/89) y económicos (exenciones y reducciones impositivas) para las empresas agropecuarias que adoptan prácticas conservacionistas.

Una técnica de conservación incorporada en el marco de la mencionada ley ha sido la sistematización del suelo en forma de terrazas de evacuación, una de las prácticas estructurales con mayor impacto positivo para el control de la erosión (Oszust *et al.*, 2014). Sin embargo, a pesar de ser una tecnología ampliamente conocida y disponible en el territorio, no está suficientemente difundida, alcanzando sólo el 6-7% de la superficie agropecuaria provincial (Paparotti, 2013). Este déficit se debería a los costos financieros involucrados; a la no percepción o confianza por parte del productor del incremento sostenible de la productividad en el tiempo; y al poco conocimiento del nivel de retorno de la inversión en la empresa agrícola.

El impacto de la erosión hídrica ha sido extensamente estudiado y evaluado en sus variables físicas y biológicas, pero no se ha desarrollado con igual profundidad la evaluación del impacto económico en los costos y beneficios de la empresa agropecuaria. No es esperable en el productor una conducta tendiente a la conservación del recurso mientras no se traduzcan en daños económicos los síntomas de erosión (Longo, 2016). En una evaluación del Programa de Conservación y Uso de Suelos y Aguas propuesto para Entre Ríos (1994-1998), se estimó que mediante la implementación de sistemas de terrazas de evacuación en el predio, los productores podrían obtener un retorno sobre el capital invertido con una tasa de hasta el 34% por incremento de la productividad (Tomasini, 2003). El objetivo del presente trabajo es analizar la variación de los rendimientos, beneficios y rentabilidad de la sistematización de los suelos (terrazas de evacuación) para la producción agrícola a partir de

información empírica generada por una empresa agropecuaria ubicada en la región oriental de la Provincia de Entre Ríos.

Se trabajó bajo la hipótesis de que la aplicación de técnicas de conservación de suelos resulta en una reducción en la erosión, impactando positivamente, con el paso del tiempo, en el rendimiento económico y agronómico del sistema productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio tuvo lugar en la Estancia Centella, ubicada en Colonia Elía, Departamento de Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos (32°45' S, 58°28' W), la que con una superficie total de 26.000 hectáreas sobre suelos vertisoles con aptitud ganadera (agrícola marginal), enfrentaba una severa erosión hídrica en las rotaciones agrícolas. La empresa implementó, entre los años 2004 y 2012, una estrategia de conservación de los suelos a través de su sistematización con terrazas de base ancha sobre 20.000 hectáreas, a partir de lo cual se generaron más de 1300 datos de rendimiento de diferentes cultivos en los sucesivos años y para ambos escenarios de manejo simultáneos (con y sin conservación).

Esta investigación es un componente de la aplicación de la metodología de Análisis de Escenarios Meta-TSA (del inglés "Targeted Scenario Analysis") (Alpizar *et al.*, 2013; Longo *et al.*, 2016), en la que se evalúan los diferentes servicios ecosistémicos provistos por el modelo de sistematización de suelos, como la provisión sostenible de alimentos, la gestión del agua en el suelo y sus excedentes, y la conservación y promoción de la biodiversidad. El núcleo teórico del TSA se basa en la configuración y la comparación de dos escenarios, los que se denominan BAU (del inglés "Business as Usual"), entendido como prácticas habituales no sostenibles, y SEM (del inglés "Sustainable Ecosystem Management"), entendido como un escenario de sostenibilidad.

En este caso, se comparan los escenarios meta de dos situaciones productivas a través de la valoración técnica y económica de los cambios en la productividad: una situación con conservación de suelos (CC) como escenario de sostenibilidad, y otra sin conservación de suelos (SS) como escenario no sostenible. Se analizaron los costos incrementales a nivel privado para las nuevas prácticas, los beneficios de los impactos productivos de la conservación del suelo y los niveles de rentabilidad con y sin conservación. La siembra directa está generalizada como tecnología de base de cultivos y las técnicas de manejo anualmente aplicadas fueron idénticas para ambos escenarios, así como las condiciones climáticas y edáficas, dada la simultaneidad temporal y espacial.

Se realizó un análisis exploratorio de las variaciones en el tiempo de los rendimientos de la soja de primera, la soja de segunda, el trigo y el maíz. El efecto de la sistematización se evaluó mediante la comparación de modelos de regresión lineal múltiple ajustados en los lotes bajo los escenarios SS y CC, donde el tiempo (años) y las precipitaciones fueron las variables explicativas o independientes, y el rendimiento la variable respuesta. A través del ajuste del modelo de regresión se obtuvieron los estimadores de los coeficientes de regresión asociados al tiempo (β_2), los cuales se interpretan como tendencias o cambios a lo largo del tiempo en las medias de los rendimientos de los cultivos.

Las precipitaciones se incluyeron en el modelo con el objeto de extraer su efecto en la variabilidad de los rendimientos, y poder así estimar de manera independiente la tendencia temporal, seleccionando el período en que éstas otorgaban un mejor ajuste para cada cultivo. Para modelar la correlación temporal existente entre los lotes, se ajustó un modelo mixto incluyendo al lote como efecto aleatorio, modelando, según el caso, la estructura de correlación temporal más adecuada (Zuur *et al.*, 2009). Para evitar la posible multicolinealidad entre las variables independientes, se corroboró en cada

caso que las lluvias no se correlacionaron linealmente con las campañas. Se ajustaron por separado los modelos para los lotes sistematizados y los lotes no sistematizados. Para evaluar si hubo diferencias significativas en el cambio medio de los rendimientos en el tiempo entre lotes SS y CC, se determinó si β_2 en CC se encontraba incluido en el intervalo de confianza del 95% para β_2 en los lotes SS. El programa estadístico utilizado fue InfoStat versión 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2011).

Para el análisis económico-temporal del impacto del cambio en los rendimientos agrícolas en la empresa, se diseñó un modelo productivo sobre 1000 hectáreas, considerando los rendimientos e ingresos agrícolas del caso en estudio para el período 2004/2012 (rotaciones soja, trigo-soja de segunda y maíz), bajo las dos condiciones: sin conservación (SS) y con conservación (CC). La elección de la superficie de análisis (1000 ha) se basó en que la escala de 500 hectáreas o más de superficie de empresa agropecuaria explica el 70% de la superficie productiva provincial (Censo Nacional Agropecuario, 2002). La empresa proporcionó los datos de los costos de la inversión correspondiente a: la planifica-

ción y construcción de terrazas de base ancha y canales de desagüe; la remoción de alambrados y el trazado de nuevos caminos (resultando en un promedio de 71,20 USD/ha); el mantenimiento anual de la sistematización (10 USD/ha); así como de los incentivos obtenidos por desgravación del impuesto inmobiliario rural de la Ley Provincial 8318 (7,43 USD/ha sistematizada/año) durante 10 años. Las obras se efectuaron en cuatro años y se consideró un horizonte de planificación del proyecto de ocho años, en el que sólo se compararon rendimientos entre ambos escenarios en el mismo año sin considerar tendencias posteriores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las diferencias en los rendimientos a favor del escenario con conservación de suelos muestran un avance más que significativo hacia la sustentabilidad de la producción. El resumen de los resultados se presenta en el Cuadro 1. Esta situación favorable ha sido particularmente importante en soja, el cultivo de mayor relevancia por superficie sembrada y por su impacto en la erosión hídrica. En el escenario SS, los rendimientos disminuyeron a

Cuadro 1. Resultados del ajuste de los modelos de regresión múltiple del rendimiento (kg/ha) vs. las precipitaciones (mm) y el tiempo (años) en los dos escenarios de producción, CC (con conservación) y SS (sin conservación), para los cultivos de soja de primera, soja de segunda, maíz y trigo. $\hat{\beta}_0$, $\hat{\beta}_1$ y $\hat{\beta}_2$ representan: la ordenada al origen y los coeficientes estimados de la regresión para las precipitaciones y los años, respectivamente. CV, R^2 y $\hat{\sigma}$ indican: coeficiente de variación, coeficiente de determinación y desvío estándar, respectivamente. Letras distintas indican diferencias significativas entre las $\hat{\beta}_2$ dentro de un mismo cultivo ($\alpha=0,05$).

Cultivo	Escenario	$\hat{\beta}_0$ (kg/ha)	$\hat{\beta}_1$ (kg/ha/mm)	$\hat{\beta}_2$ (kg/ha/año)		CV	R^2	$\hat{\sigma}$ (kg/ha)
Soja de primera	CC	1431,66	0,45	86,29	a	0,252	0,25	579,21
	SS	2075,51	7,62	-157,10	b	0,311	0,38	693,54
Soja de segunda	CC	2219,13	-1,61	26,20	a	0,229	0,37	720,38
	SS	1340,66	3,76	2,16	a	0,394	0,29	511,68
Maíz	CC	3938,29	15,35	-95,54	a	NA	0,69	925,63
	SS	3981,57	20,61	-244,63	b	NA	0,79	871,82
Trigo	CC	4348,71	-2,60	2,15	a	0,234	0,47	579,16
	SS	-329,36	5,75	233,14	b	0,178	0,18	701,29

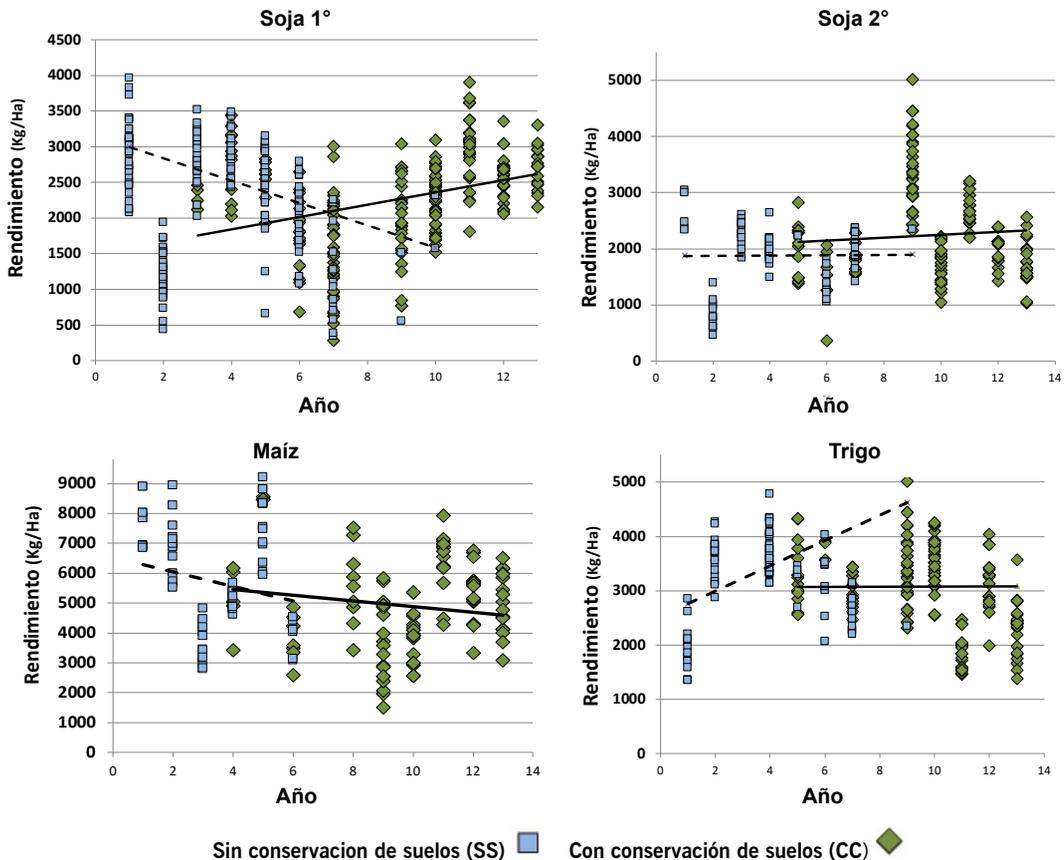
Datos de la Estancia Centella.

razón de 157 kg/año promedio, mientras que en el de CC se logra revertir esta tendencia, llegando a un aumento estimado de 86 kg/año en promedio (Figura 1). Resulta de particular interés remarcar que, además, disminuye la variabilidad de los rendimientos en un 19%.

Para los otros cultivos, la sistematización no arrojó cambios tan relevantes. No se detectaron diferencias significativas en el cambio medio de los rendimientos en la soja de segunda, aunque la tendencia creciente es a favor del escenario con conservación. En el cultivo de maíz, se frenó la fuerte caída del rendimiento en observada en los lotes sin conservación, la cual tiende a estabilizarse con la conserva-

ción del suelo. El trigo demostró un comportamiento errático en los rendimientos debido a problemas de enfermedades fúngicas detectados en lotes con conservación, lo que no permite hacer ninguna conclusión.

La incorporación de la tecnología de conservación del suelo con terrazas de base ancha confirma la reversión del proceso de degradación y el incremento de rendimientos agrícolas específicos. Sin intervención, la caída del rendimiento promedio registrada en soja (-157 kg/ha/año) y en maíz (-244 kg/ha/año) muestran una tendencia negativa para la economía de la empresa, sin considerar posibles daños irreversibles en la estabilidad del



Datos de la Estancia Centella.

Figura 1. Comparación de los rendimientos (kg/ha) de los cultivos de soja de primera, soja de segunda, trigo y maíz bajo los dos escenarios de producción, CC (con conservación) y SS (sin conservación), durante los años analizados (2003-2015). Las líneas indican las tendencias del rendimiento bajo los escenarios CC (línea continua) y SS (línea punteada).

Cuadro 2. Flujo de costos, ingresos y beneficios a lo largo del tiempo para los dos escenarios de producción, CC (con conservación) y SS (sin conservación). Datos en dólares constantes de 2004.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ingreso CC	0	312.205	449.384	626.796	608.783	417.523	604.610	480.429	680.
Ingreso SS	0	359.496	455.142	643.382	622.469	320.919	481.371	392.132	611.919
Ingreso diferencial	0	-47.291	-5.758	-16.586	-13.686	96.604	123.239	88.297	68.533
Inversión	-18.693	-18.693	-18.693	-18.693	0	0	0	0	0
Mantenimiento	0	-2.500	-5.000	-7.500	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000
Incentivo impositivo	0	0	1.857	3.714	5.557	7.428	7.428	7.428	7.428
Balance anual	-18.693	-68.484	-27.594	-39.065	-18.115	94.032	120.667	85.725	65.961

Datos de la Estancia Centella.

suelo (cárcavas). La intervención con terrazas proyecta incrementos promedio sostenidos en soja de 86 kg/ha/año, y reduce la pérdida media de productividad del maíz a una tasa sensiblemente menor (-95 kg/ha/año).

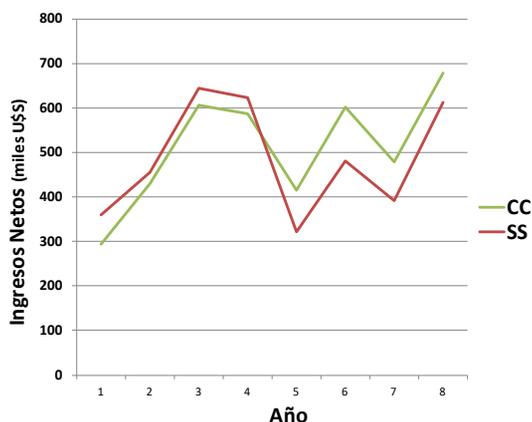
La evaluación del costo-beneficio del modelo económico diseñado se basó en el flujo de fondos de ocho años de producción, con un primer año de inversión inicial (Cuadro 2). A partir del análisis del flujo financiero, se destacan los siguientes indicadores para el caso de 1.000 hectáreas:

- Inversión total en sistematización: USD 71.200
- Valor Actual Neto (VAN) del proyecto (8%): USD 70.006
- Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto (ocho años): 18%

La comparación del escenario de conservación del suelo (CC) con el escenario sin conservación (SS), demuestra que los niveles de rentabilidad de la inversión en la sistematización del suelo resultan significativamente positivos (TIR 18%) a partir de la sostenibilidad de la producción y del incremento de rendimientos de los cultivos. El aporte de la desgravación impositiva aplicada en base a Ley Provincial de Conservación del Suelo es muy significativo para el modelo, explicando un 3% de la tasa de retorno.

La rentabilidad del modelo se incrementa sensiblemente con la sola extensión en dos años del horizonte de planificación (TIR de

24%). Un modelo comparativo de ambos escenarios de rendimientos e ingresos se presenta en la Figura 2.



Datos de Estancia Centella.

Figura 2. Flujo de ingresos en el tiempo para los dos escenarios de producción, CC (con conservación) y SS (sin conservación), para los años 2005-2012. Datos en miles de dólares constantes de 2004.

CONCLUSIONES

El análisis técnico y económico incorporado a la metodología Análisis de Escenarios Meta-TSA permitió identificar de una manera empírica y de fácil visualización el impacto positivo de la conservación del suelo a través de indicadores tanto agronómicos (rendimientos/cambio en la productividad), como económicos (TIR/VAN), que muestran el esfuerzo y los beneficios que recibe el productor al emprender el negocio de la agricultura sustentable. El escenario CC

resulta altamente competitivo, asegurando la sostenibilidad ambiental y económica de la producción agrícola y por extensión, su posible contribución a la conservación de servicios ecosistémicos asociados al uso correcto del suelo (protección de la biodiversidad, regulación del flujo del agua, secuestro de carbono, estabilización del clima, recreación, entre otros) en el territorio provincial. Asimismo, la política de apoyo gubernamental contribuye a crear un entorno positivo para la toma de decisiones, promoviendo un modelo de financiamiento público-privado

apalancado por la garantía de la desgravación impositiva.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se desarrolló en el marco de la Programación UBACyT 2016-2019 y del Convenio FAUBA- Secretaría de Ambiente de la provincia de Entre Ríos. Los autores agradecen al personal técnico de la Estancia Centella (La Biznaga SA) por la posibilidad de acceder a la información.

BIBLIOGRAFÍA

- Alpizar, F. y Bovarnick, A. (2013). *Targeted Scenario Analysis: A new approach to capturing and presenting ecosystem services values for decision-making*. New York, Estados Unidos: PNUD.
- Casas, R. y Albarracín, G. (2015). *El deterioro del suelo y del ambiente en Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Cerana, J. A., Fontanini, P. G., Duarte, O., Rivarola, S., Díaz, E. y Benavidez, R. (2005). Permeabilidad saturada en Vertisoles. Uso del Permeámetro Guelph.. En D. Lobo Luján, D. Gabriels y G. Soto (Ed.) París, Evaluación de Parámetros y Procesos Hidrológicos en el Suelo. Documento Técnico en Hidrología del Programa Hidrológico Internacional (PHI) de UNESCO, N° 71. Paris, Francia: UNESCO.
- Crettaz, E., Gvozdenovich, J. y Saluzzio, M., (2016) *Cálculo del Factor R de la USLE a través del Índice Modificado de Fournier*, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo C. W. (2016) *InfoStat versión 2016*. Grupo Infostat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Gvozdenovich, J. y Papparotti, O. (2011) *Variación del Rendimiento del Cultivo de Soja Debido a la Erosión Hídrica en Entre Ríos. Campañas 2009/2010-2010/11 Paraná, Entre Ríos, Argentina*. Informe Técnico: INTA EEA Paraná.
- Gvozdenovich, J. (2018) *Estimación de la Erosión Hídrica y Escurrimiento con el uso del Modelo Físico WEPP*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Entre Ríos. Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.
- Longo, L. y Tomasini, D. (2018). El Análisis de Escenarios Meta (Targeted Scenario Analysis-TSA) como estrategia para la promoción de la conservación de servicios ecosistémicos. En C. Vicién y otros (Ed.) *Modelización económica en el sector agropecuario* (pp.18-32). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/325907919_Modelizacion_economica_en_el_sector_agropecuario_-_7_Taller_internacional_La_modelizacion_en_el_sector_agropecuario
- Maggi, A., Behrends, K. F., Introcaso, R., y Thompson, D. (2016). Caracterización física y química de un Argiudol vér-tico de la Pampa Ondulada con erosión hídrica en el surco y entresurco. *Ciencia del Suelo*, 34(1), 113-126.
- Oszust, J.; Wilson, M.; Gabioud, E. y Sasal, M. (2014) Importancia y función de la sistematización de tierras para la conservación del suelo y la biodiversidad. En M. E. Zaccagnini (Ed.) *Manual de Buenas Prácticas para la conservación de Suelo, la Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos: área piloto Aldea Santa María-Entre Ríos*. Bs. As, Argentina. PNUD.
- Panigatti, J. L. (2016) *Aspectos de la erosión de los suelos en Argentina II*. Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS).
- Paparotti, O., Pioto, A. y Gvozdenovich, J. (2013). *Acciones de Conservación de Suelos del INTA Paraná en el Territorio*. En Actas de las Jornadas Argentinas de Conservación de Suelos 2013. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 2-4 de julio de 2013, Argentina. AACS.
- Tomasini, D., Martínez Ortiz, U., Pietragalla, V. y Ferrari, C. (2013). Valoración económica del ambiente. En L. Giuffré; S. Ratto (Ed.) *Agrosistemas: Impacto Ambiental y Sustentabilidad*. (pp. 231-255) Buenos Aires, Argentina: Editorial Facultad de Agronomía-UBA.
- Zuur, A., Ieno, E., Walker, N., Saveliev, A. y Smith, G. (2009). *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. Statistics for Biology and Health*. New York, USA: Springer Science+Business.