

## Índice soja/maíz como indicador del aporte de materia orgánica al suelo en la agricultura argentina



*Soybeans/corn index as input indicator of organic matter to the soil in Argentine agriculture*

Presutti, Miriam Elisabet; Gusmerotti, Lucas Alberto; Abbona, Esteban Andrés

 **Presutti, Miriam Elisabet**  
miriampresutti@gmail.com  
Universidad Nacional de La Plata, Argentina  
FCAYF-UNLP, Argentina

 **Gusmerotti, Lucas Alberto**  
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

 **Abbona, Esteban Andrés**  
Universidad Nacional de La Plata, Argentina  
FCAYF-UNLP, Argentina

**Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias**  
Universidad Nacional del Litoral, Argentina  
ISSN: 2346-9129  
ISSN-e: 2346-9129  
Periodicidad: Semestral  
vol. 22, e0005, 2023  
revistafave@fca.unl.edu.ar

Recepción: 26 Mayo 2022  
Aprobación: 20 Septiembre 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/586/5863579008/>

DOI: <https://doi.org/10.14409/fa.2023.22.e0005>

**Resumen:** Actualmente, la agricultura argentina se basa en un modelo tecnológico simplificado y de alta productividad, marcado por la tendencia al monocultivo de soja. Estos sistemas con escaso aporte de carbono (C) al suelo lo predisponen a su degradación por afectar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En contraste, los cultivos en la secuencia de una rotación se diferencian por la cantidad y calidad de los residuos que dejan en el suelo. En la rotación con mayor frecuencia de gramíneas, el balance de C es positivo, mientras que en una rotación con mayor frecuencia de soja los balances son negativos. El objetivo de éste análisis es comparar la relación entre las superficies dedicadas al cultivo de soja y maíz, como indicadora del riesgo de la disminución del aporte de C de los cultivos y de los niveles de materia orgánica de los suelos agrícolas de la República Argentina. El Índice Soja/Maíz se calculó a partir de los datos sobre estimaciones agrícolas oficiales. Se utilizaron las superficies cosechadas de los cultivos de soja y maíz en cada departamento/partido del país y para todas las campañas, desde 1969/70 hasta 2020/21. El Índice propuesto fue calculado para tres niveles administrativos: nacional, provincial y departamental/partido. A nivel nacional, el mismo se fue incrementando hasta valores cercanos a 6, muy por encima del ideal de 1. Si bien en la última década este índice viene descendiendo, aún presenta altos valores en algunos sitios del país. El análisis a nivel provincial y departamento/partido se realizó en las tres principales provincias productoras argentinas.

**Palabras clave:** sustentabilidad, monocultivo, rastrojo, carbono.

**Abstract:** *Currently, Argentine agriculture is based on a simplified and high-productivity technological model, marked by the trend towards soybean monoculture. These systems with little contribution of carbon (C) to the soil predispose it to its degradation by affecting its physical, chemical and biological properties. In contrast, the crops in the sequence of a rotation differ in the quantity and quality of the stubble they leave in the soil. In the rotation with a higher frequency of grasses than soybeans, the C balance is positive, while in a rotation with a higher frequency of soybeans, the balances are negative. The objective of this analysis is to compare the relationship between the areas dedicated to farming soybeans and corn, as an indicator of risk in the reduction of the contribution of C of the crops and of the levels of organic matter of*

*the agricultural soils of the Argentine Republic. The Soybean/Corn Index was calculated from data on official agricultural estimates. The harvested areas of soybean and corn crops were used in each department/municipality of the country and for all campaigns, from 1969/70 to 2020/21. The proposed Index was calculated for three administrative levels: national, provincial and departmental. At the national level, it increased to values close to 6, above the ideal of 1. Although in the last decade this index has been declining, still presents high values in some parts of the country. The analysis at the provincial and department/municipality level was carried out in the three main producing Argentine provinces.*

**Keywords:** *sustainability, monoculture, stubble, carbon.*

## INTRODUCCIÓN

La llanura Chaco-Pampeana es una de las comunidades ecológicas que más transformaciones ha sufrido a causa de la intervención humana. A principios del siglo XX, la producción agrícola argentina se integraba predominantemente con ganadería extensiva en un planteo mixto, caracterizado por una baja productividad y un bajo impacto ambiental. A lo largo de las últimas décadas, esta situación ha cambiado, y actualmente, la actividad agrícola se basa en un modelo tecnológico simplificado y de alta productividad, integrado por cultivos transgénicos, siembra directa y un mayor uso de fertilizantes y plaguicidas (Satorre, 2005; Martínez-Ghersa y Ghersa, 2005). No obstante, en Argentina se ha mantenido una muy baja tasa de fertilización en toda su historia agrícola, lo cual ha generado balances de nutrientes negativos en diferentes regiones productivas (Cruzate y Casas, 2017; Presutti, 2021; Jobbagy et al., 2021). La ganadería también se intensificó y en parte fue reemplazada por engorde a corral o feed-lots. De acuerdo con SENASA (2021), en el país hay un total de 1.149 establecimientos de engorde a corral inscriptos, de los cuales el 71,6% se encuentra ubicado en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe.

En los últimos años, el sistema de producción agrícola estuvo marcado significativamente por un fuerte incremento de la superficie destinada al monocultivo de soja. Abbona et al., (2021) calcularon un índice que establece la predominancia del cultivo agrícola principal para cada partido de la provincia de Buenos Aires. Este índice dimensionó el predominio del cultivo de la soja en gran parte del territorio analizado, y arrojó valores de ocupación que oscilaron entre el 30 y el 90 % de la superficie dedicada a agricultura, sobre todo en el norte de la provincia.

En este contexto, el territorio argentino se posicionó como exportador dominante de soja, con volúmenes de exportación de alrededor del 5% del grano, 40% de la harina (concentrado proteico) y 42% del aceite consumido mundialmente (Jobbagy et al., 2021). Sin embargo, a las ventajas operativas del cultivo de soja, debe contraponerse el escaso aporte de Carbono (C) al suelo que lo predispone a su degradación por afectar las propiedades físicas, químicas y biológicas (Duval et al., 2016), lo cual se agrava por la tendencia al cultivo de una sola especie. Comparado con los sistemas de monocultivo, las rotaciones agrícolas presentan numerosas ventajas, entre las que se encuentra la posibilidad de acumular mayores cantidades de residuos de distinta calidad que representan significativos aportes de carbono orgánico (CO) al suelo. También la inclusión de cultivos de cobertura constituye una alternativa para incrementar o mantener la materia orgánica (MO) edáfica (Beltrán et al., 2018; Martínez et al., 2013). Una forma de aumentar la producción de biomasa y, en consecuencia, la entrada de C al sistema, es la intensificación a través de prácticas agronómicas sustentables, basadas en el aumento del número de cultivos por año, con un uso más intenso de la tierra cultivada y recursos ambientales, como la lluvia y la radiación solar (Caviglia y Andrade, 2010).

Los cultivos en la secuencia de una rotación se diferencian por el volumen y la calidad de los residuos que dejan en el suelo. La cantidad de residuos puede ser calculada a través del índice de cosecha, el cual expresa el rendimiento en granos en relación a la materia seca total de la parte aérea de la planta (Donald, 1962). Así, cultivos como maíz, sorgo, trigo y cebada dejan una importante cantidad de residuos sobre el suelo, mientras que otros como soja, girasol, algodón y lino dejan residuos muy escasos. Por su parte, la calidad de los residuos se refiere a su composición química, pero esencialmente a su relación carbono/nitrógeno (C/N). Los cultivos fijadores de N (leguminosas) se caracterizan por su mayor concentración de N, con residuos de relaciones C/N estrechas (alrededor de 35-40), lo cual implica que se descomponen con mayor rapidez y dejan el suelo descubierto. A diferencia de ellos, los cultivos no fijadores de N, como los cereales, poseen relaciones C/N elevadas (superiores a 60), lo cual determina que sus residuos demoren más en descomponerse en el suelo. En general, la inclusión de gramíneas en la rotación mejora el balance de C del suelo, tanto por la cantidad como por la calidad de los residuos y por proporcionar una mayor cobertura superficial. En rotaciones con mayor proporción de gramíneas (trigo y maíz) el balance de C es positivo, mientras que en una rotación con mayor frecuencia de soja los balances son negativos (Havlin et al., 1990; Studdert y Echeverría, 2000; Martínez et al., 2019).

La MO es el indicador más importante de la calidad del suelo. Sainz Rozas et al. (2011) compararon suelos prístinos con suelos agrícolas en la Región Pampeana y reportaron pérdidas de MO que se ubicaron entre un 36 y 53%. Posteriormente, cuando se los comparó con información de 2018, los tenores de MO continuaron en disminución, especialmente en el sur y sureste de la provincia de Buenos Aires (Sainz Rozas et al., 2019). Esto evidencia que todas las acciones destinadas a incrementar las entradas de C al suelo (rotaciones con pasturas, elevada frecuencia de cultivos con altos aportes de C, adecuada fertilización, inclusión de cultivos de cobertura invernales en secuencias de cultivos agrícolas estivales, entre otras) asociadas a labranzas que minimicen las salidas de C (labranzas conservacionistas) incrementarán el contenido de MO del suelo. En este sentido, aunque el análisis de una rotación de cultivos no depende de la superficie total de cada especie incluida, sino de cómo se distribuye la secuencia en cada lote, se considera que la superficie absoluta dedicada a cada cultivo permite observar la tendencia general de la situación. En particular, se destaca la relación que existe entre el área dedicada a la soja 1era y al maíz, ya que reflejan el grado de rotación de los cultivos y, en este caso en particular, el aporte de MO al recurso suelo. El objetivo de éste análisis es comparar la relación entre la superficie dedicada al cultivo de soja de primera (*Glycine max (L.) Merr.*) respecto a la dedicada al maíz (*Zea mays L.*), en la agricultura argentina como indicador del riesgo de disminución del aporte de C al recurso suelo, y consecuentemente de la MO edáfica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Un indicador sencillo de la rotación de cultivos en un territorio es el Índice Soja/Maíz, el cual resulta del cociente entre la superficie sembrada con soja y la superficie sembrada con maíz en una determinada campaña agrícola. Valores significativamente mayores a 1 de este índice sugieren una mayor predominancia del cultivo de soja sobre el cultivo de maíz, lo que implica una rotación desbalanceada y conlleva un mayor riesgo de insustentabilidad del agroecosistema, sobre todo si se prolonga a lo largo del tiempo. El Índice Soja/Maíz se calculó a partir de los datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Nación (MAGyP) sobre estimaciones agrícolas para las series históricas, desde la campaña agrícola 1969/70 hasta 2020/21. Dado que en las estadísticas de superficie sembrada con maíz se incluye un porcentaje variable según región que se destina a autoconsumo forrajero (entre un 20 y 30%), para el cálculo del índice se consideró la superficie cosechada de ambos cultivos (MAGyP, 2021).

El Índice propuesto fue calculado para tres niveles administrativos: nacional, provincial y departamental/partido. Cabe consignar que hasta la campaña 1999/2000 los registros oficiales no discriminan entre soja de 1era y de 2da, por lo cual a nivel nacional, se consideró la totalidad de la superficie cosechada con soja y

con maíz en todo el país, hasta dicha campaña y a partir de allí únicamente la superficie cosechada de soja 1era y de maíz. El doble cultivo, (cultivo invernal/ soja de 2da) no fue evaluado. En cuanto al análisis a escala provincial, el Índice fue calculado sólo para las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, dado que las mismas aportan aproximadamente el 70-80% de la producción nacional. Finalmente, para el análisis a nivel departamental/partido, se calculó el Índice para los partidos de Buenos Aires y para los departamentos de Córdoba y Santa Fe. Con este último nivel de análisis se evaluó la variación regional del Índice Soja/Maíz en cada provincia seleccionada. Además, se compararon los valores promedios del Índice en diferentes períodos, de manera de evaluar su evolución temporal y visualizar su dinámica a lo largo de las últimas décadas. A nivel nacional y provincial, se presentó la evolución interanual del índice desde el año 1969 hasta el año 2021. Por su parte, a escala departamental/partido se calculó el promedio del índice para el período 2004-2009 y para el período 2016-2021, dado que en dichos años se evidenciaron diferencias a nivel nacional y provincial en la evolución del mismo. Finalmente, para evaluar la tendencia actual del Índice Soja/Maíz se comparó cualitativamente el valor promedio del índice en los últimos cinco años (2016-2021) con respecto al valor promedio del período 2000-2005, en el cual se evidenció el mayor aumento en su valor. Así, en cada departamento se realizó la diferencia entre el valor promedio del índice en el período 2016-2021 (índice actual) y el promedio del período 2000-2005 (índice histórico). Para la visualización en el mapa se utilizaron cinco categorías: muy inferior (índice actual – índice histórico < -5); levemente inferior (índice actual – índice histórico < -0,5 y -0,5 >); sin variación (índice actual – índice histórico < 0,5 y -0,5 >); levemente superior (índice actual – índice histórico < 5 y 0,5 >) y muy superior (índice actual – índice histórico > 5). Valores muy negativos (< -5) de la diferencia entre el índice actual y el índice histórico indican una reducción del índice Soja/Maíz en los últimos 5 años, mientras que valores muy positivos (>5) sugieren un aumento del cultivo de soja por sobre el maíz en las rotaciones en el mismo período. El procesamiento de la información y la elaboración de los mapas finales se realizaron con el Software libre QGIS Geographic Information System.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### I) Nivel Nacional

Desde principios de los años 70 hasta mediados de la década del 80 el Índice se mantuvo por debajo de 1, asociado a la escasa superficie ocupada por el cultivo de soja en el país y a la predominancia del cultivo de maíz en las rotaciones agrícolas (Figura 1). Luego comienza un período en el que se evidencia una tendencia al aumento del Índice Soja/Maíz hasta que en la última campaña calculado con soja total (1999/2000) toma un valor de 2,8. A partir de esta campaña el índice se calculó incluyendo únicamente los datos de soja 1era, iniciando el ciclo con un valor de 2,7 y llegando al máximo en la campaña 2008/09, momento en que alcanza un valor de 5,9. En esta campaña, las condiciones climáticas adversas que acompañaron la evolución de los cultivos estivales se caracterizaron por la ausencia de precipitaciones de importancia y la incidencia de altas temperaturas. No obstante, estas características del clima tuvieron un impacto diferente sobre los cultivos de soja y de maíz. La superficie implantada con soja, totalizó 17 millones de ha (Mha) y el área no recolectada (destinada a pastoreo directo o rollos) fue de un 6%. Mientras que el área implantada con maíz (grano + forraje) fue de 3,4 Mha y la superficie destinada a la alimentación animal se incrementó notoriamente (32%), por lo que el área cosechable para la obtención de granos se redujo a 2,32 Mha.

A partir de allí comienza un período hasta la actualidad donde la superficie implantada con maíz se incrementa en un 94%, por lo que pasó de 5 Mha en la campaña 2011/12 a 9,7 Mha en la 2020/21. En esta última década la soja se incrementó hasta alcanzar un máximo de 20,5 Mha en la campaña 2015/2016 y descendió hasta las 16,6 Mha en la última campaña (11,3 Mha de soja de primera y 5,2 Mha en soja de segunda).

Este aumento en la superficie ocupada por maíz conjuntamente con la reducción en aquella ocupada por el cultivo de soja explica la disminución del índice hasta el valor de 1,37 en la última campaña analizada (11,2 Mha cosechadas con soja de primera y 8,14 Mha cosechadas de maíz). Aunque el índice se acerca al ideal, aún está por encima de él. A pesar de la reducción citada, se mantiene la predominancia de la soja sobre el maíz en las rotaciones agrícolas con alto riesgo de disminución del aporte de C en el recurso suelo.

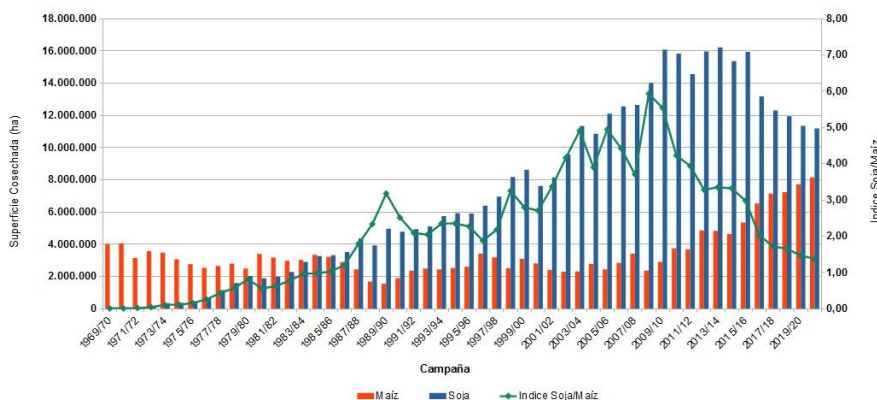


FIGURA 1 / FIGURE 1

Evolución del área cosechada en Argentina con soja y maíz y su relación, desde la campaña 1969/70 hasta la 2020/21. Desde 2000/01 se muestra Soja de primera. / *Harvested evolution soybean and maize area in Argentina and its relationship, since 1969/70 crop season until 2020/21. From 2000/01 first crop soybeans are shown.*

## Ii) Nivel Provincial

Del análisis de las estimaciones agrícolas surge que las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe aportan aproximadamente un 70% del total nacional de la producción de maíz y un 75-77% de la producción de soja, por lo cual en este nivel se evaluaron esas tres provincias. Se calcularon los Índices Soja/Maíz para cada campaña y se promediaron cada 5 años para disminuir los posibles impactos de factores adversos producidos en alguna campaña individual (Figura 2). En el período 2004-2009 se registraron los mayores índices para todo el período analizado (siendo de 4,2 para Buenos Aires, de 3,7 para Córdoba y de 9,5 para Santa Fe). La provincia de Santa Fe registra los valores más altos en todas las campañas, debido a la gran diferencia entre las superficies dedicadas al cultivo de soja y maíz. En Buenos Aires, a partir de la introducción de la soja resistente al glifosato, se incrementó exponencialmente la superficie cosechada del cultivo alcanzando los 6,7 Mha en la campaña 2015/16, de las cuales 5,3 Mha correspondieron a Soja de primera (Figura 3). Los índices calculados para la provincia de Córdoba en las últimas dos décadas, aunque elevados, están por debajo de las otras dos provincias, dada la gran superficie dedicada al maíz. El análisis a nivel provincial arroja valores muy por encima del promedio nacional, fundamentalmente, debido a la gran superficie dedicada a la oleaginosa, siendo de 1,6 para Buenos Aires, de 1,3 para Córdoba y de 2 para Santa Fe.



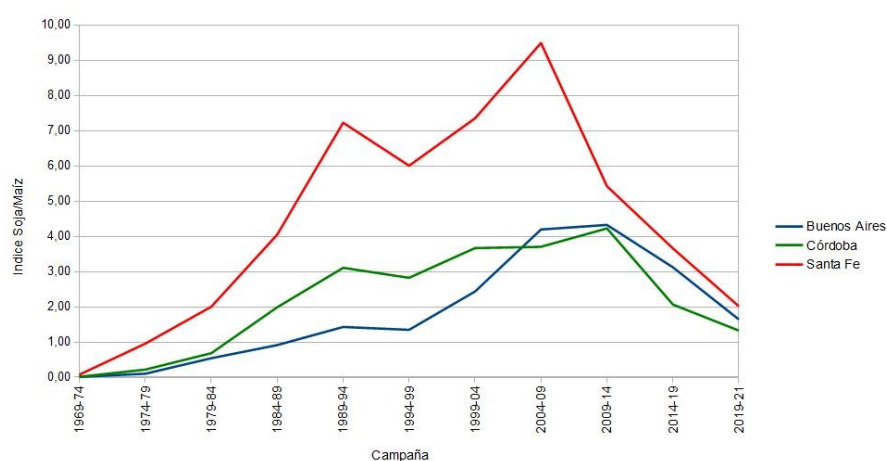


FIGURA 2 / FIGURE 2

Evolución del Índice Soja/Maíz en Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, Rep. Argentina. Promedio quinquenal desde 1969 al 2021. / Soybean/Corn Index evolution in Buenos Aires, Córdoba and Santa Fe. Five years average from 1969 to 2021.

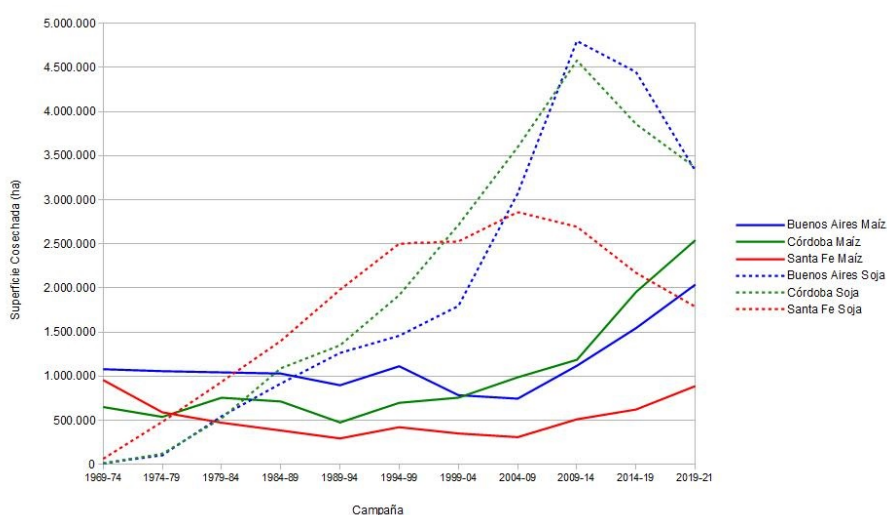


FIGURA 3 / FIGURE 3

Evolución de la superficie cosechadas (ha) con soja y maíz en Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, Rep. Argentina. / Evolution of the harvested area (ha) of soybean and corn in Buenos Aires, Córdoba and Santa Fe, Rep. Argentina.

### Iii) Nivel Departamental/Partido

Durante los años 2004 a 2009 el Índice Soja/Maíz arrojó valores superiores a 2-5 en gran parte de la región analizada. Sólo en el noroeste de la provincia de Córdoba y en el Sur y Este de Buenos Aires los valores se mantuvieron alrededor de 1 (Figura 4). Esto concuerda con los resultados obtenidos a nivel nacional y provincial, y podría estar asociado a los altos precios internacionales de los granos de soja durante dicho período y/o la ocurrencia de eventos climáticos extremos que favorecieron la siembra del cultivo de soja en desmedro de la siembra de maíz (Murgida et al., 2014). Las zonas con altos valores del índice, coinciden con los sectores que presentaron caídas en los niveles de MO en el horizonte superficial reportada por Sainz Rozas et al. (2011). Al respecto, Álvarez et al. (2012) y Duval et al. (2013), reportaron disminuciones significativas

en el CO del suelo a medida que se incrementa la proporción del cultivo de soja en las rotaciones agrícolas. Por su parte, en el período 2016-2021 se evidencia una tendencia a la disminución del Índice Soja/Maíz, explicada principalmente por el aumento de la superficie ocupada por el cereal, aunque la superficie del cultivo de soja no haya mostrado una disminución significativa (Figura 5).

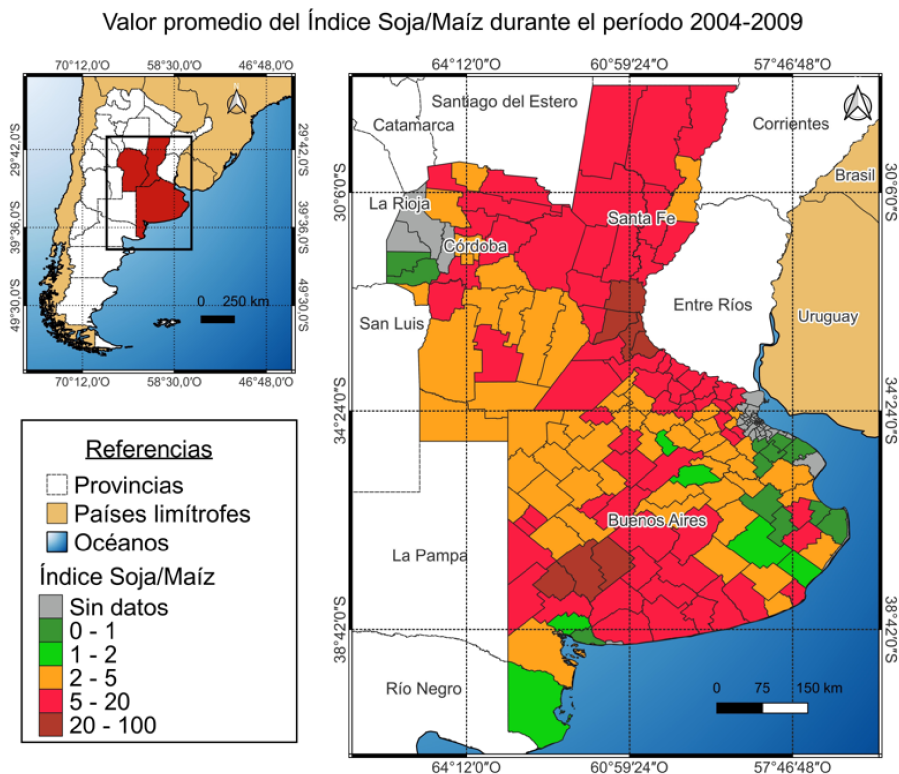


FIGURA 4 / FIGURE 4

Valor promedio del Índice Soja/Maíz para el período 2004-2009 en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, Rep. Argentina. / Average value of the Soybean/Corn Index for the period 2004-2009 in the provinces of Buenos Aires, Córdoba and Santa Fe, Rep. Argentina.

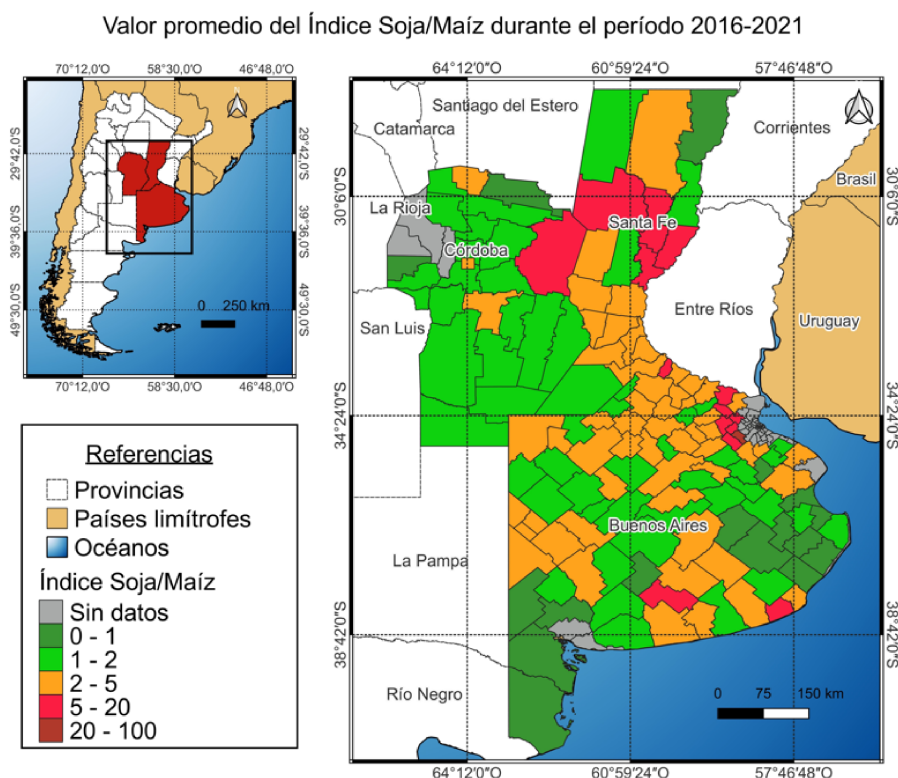


FIGURA 5 / FIGURE 5

Valor promedio del Índice Soja/Maíz para el período 2016-2021 en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, Rep. Argentina. / *Average value of the Soybean/Corn Index for the period 2016-2021 in the provinces of Buenos Aires, Córdoba and Santa Fe, Rep. Argentina.*

La Figura 6 ilustra la tendencia cualitativa del Índice Soja/Maíz en los años 2016-2021 en comparación con el período 2000-2005. En las provincias de Córdoba y Santa Fe el valor promedio del Índice durante los últimos cinco años fue inferior o se mantuvo sin variación frente al período 2000-2005. Sólo en la porción centro de Santa Fe y parte de Córdoba el índice se mantuvo levemente por encima del promedio histórico. Por el contrario, en la provincia de Buenos Aires, se evidencia una mayor cantidad de partidos en los cuales el índice durante el período 2016-2021 se mantuvo por encima de los valores promedios del período 2000-2005, particularmente, en partidos ubicados en la franja central bonaerense y hacia el Este y en algunos partidos del Oeste. Mientras que aumentos significativos del índice se registraron en los partidos cercanos al Área Metropolitana de Buenos Aires (partidos de General Rodríguez, General Las Heras, Luján, Marcos Paz y Pilar). Contrariamente, en el Norte, en el Centro-oeste y Suroeste bonaerense, el índice actual se mantuvo por debajo del histórico. La diferencia tanto en cantidad como en calidad de rastrojo que aporta el cultivo de maíz por sobre el cultivo de soja, y su estrecha relación con el contenido de CO de los suelos (Novelli, 2013), podría explicar la distribución regional del Índice Soja/Maíz y su relación con los niveles de MO reportados por Sainz Rozas et al. (2019).



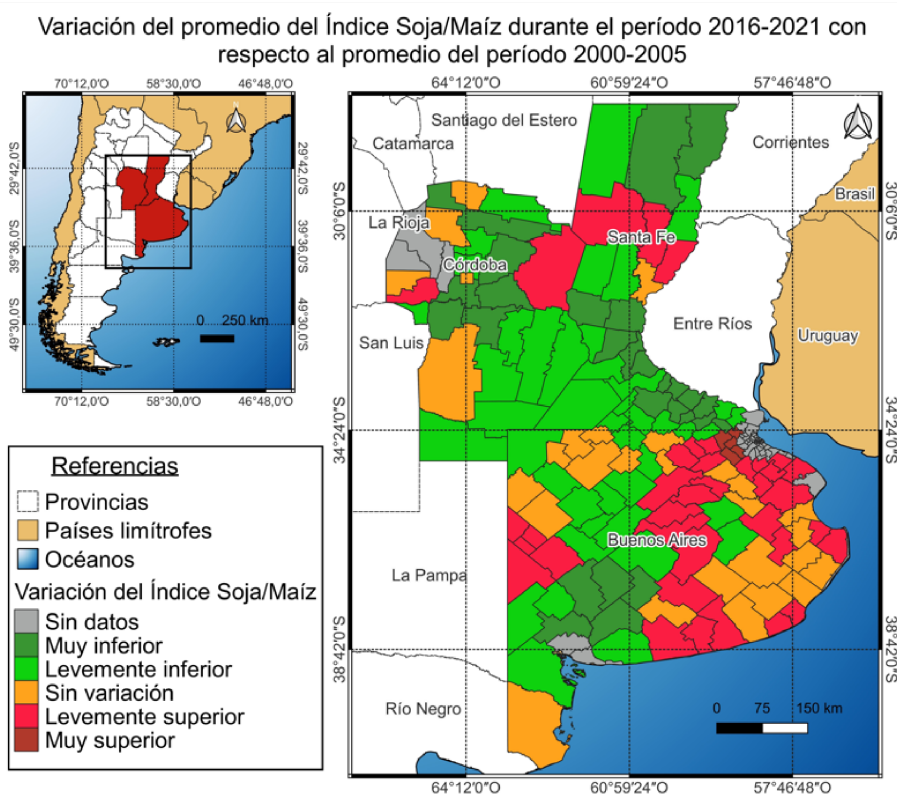


FIGURA 6 / FIGURE 6

Variación promedio del Índice Soja/Maíz del período 2016-2021 respecto al promedio histórico (2000-2005). Índice actual – índice histórico: muy inferior (< -5); levemente inferior (< -0,5 y -0,5 >); sin variación (< 0,5 y -0,5 >); levemente superior (< 5 y 0,5 >) y muy superior (> 5). / *Variation of the average Soybean/Corn Index for the period 2016-2021 with respect to the historical average (2000-2005). Current index – historical index: much lower (< -5); slightly lower (< -0,5 and -0,5 >); no variation (< 0,5 and -0,5 >); slightly higher (<5 and 0,5>) and much higher (>5).*

## CONCLUSIONES

El Índice Soja/Maíz permite establecer, en términos generales, la predominancia de los cultivos de soja o maíz en las rotaciones agrícolas. El análisis espacio-temporal del mismo en tres niveles administrativos permitió evaluar su evolución y visualizar en el territorio aquellas áreas donde los valores son elevados. Esto permite inferir que los aportes generados por los rastrojos de los cultivos son muy escasos y por consiguiente los tenores de MO edáfica tenderán a disminuir. A nivel nacional, los valores del índice se incrementaron hasta situaciones extremadamente insustentables a partir de los cambios en el paquete tecnológico incorporado al cultivo de soja. Si bien en la última década este índice muestra una tendencia a la disminución, aún se encuentra por encima del valor ideal de 1. El análisis a nivel provincial, muestra que, en las tres principales provincias productoras, el índice es muy superior al promedio nacional alcanzando máximos históricos en el período 2004-2009, especialmente en la provincia de Santa Fe. En el análisis a nivel departamental/partidos surge que es en las provincias de Buenos Aires y Santa Fe donde se registran los valores más altos del índice, especialmente en zonas de uso predominantemente agrícola y en cercanías al Área Metropolitana de Buenos Aires. Se concluye que el mapeo de este índice constituye una valiosa herramienta de decisión para repensar futuros escenarios de la agricultura e incentivar la incorporación de una mayor cantidad de cultivos en la rotación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbona, E., Iermanó M.J., Blandi M.L., Capparelli C., Presutti M. & Sarandón S. (2021). Utilidad de Algunos Índices de Uso Agropecuario del Suelo como Herramienta para Evaluar el Riesgo Ambiental: el Caso de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología 2020. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/index.php/publica-sistemas-ambientales>
- Álvarez R & Steinbach, H. (2012). Balance de carbono en agroecosistemas. p: 231-244. En Fertilidad de suelos. Caracterización y manejo en la Región Pampeana. Eds R Álvarez; G Rubio, C Álvarez y R Lavado. FAUBA.
- Beltrán, M.J., Sainz-Rozas, H. & Galantini, J.A. (2018). Cover crops in the Southeastern region of Buenos Aires, Argentina: effects on organic matter physical fractions and nutrient availability. *Environ Earth Sci* 77, 428. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7606-0>
- Caviglia, O.P. & Andrade, F.H. (2010). Sustainable intensification of agriculture in the Argentinean Pampas: Capture and use efficiency of environmental resources. *The Am J. Plant Sci. Biotech.* 3 (Special Issue 1): 1-8.
- Cruzate, G. A. & Casas, R. R. (2017). Balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina en la campaña 2015/16. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, N°28. <http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/issue/IA-LAHP-2017-4>
- Donald, C.M. (1962). In search of yield. *J. Aust. Inst. Agric. Se.* 28: 171-178.
- Duval M. E., Galantini J.A., Iglesias JO, Canelo S; Martínez JM & L Wall. (2013). Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil and Tillage Research* 131: 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.03.001>
- Duval, M.E., Galantini, J.A., Capurro, J.E. & Martínez, J.M. (2016). Winter cover crops in soybean monoculture: Effects on soil organic carbon and its fractions, *Soil and Tillage Research*, Volume 161, 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.04.006>
- Havlin J.L., Kissel, D.E., Maddux, L.D., Claassen, M.M. & Long, J.H. (1990). Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:448-452. <https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400020026x>
- Jobbágy, E. G., Aguiar, S., Piñeiro, G. & Garibaldi, L. A. (2021). Impronta ambiental de la agricultura de granos en Argentina: revisando desafíos propios y ajenos. *Ciencia Hoy*; 29 (173); 55-64.
- MAGyP. (2021). <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/>
- Martínez, J.P., Barbieri, P.A., Sainz Rozas, H. R. & Echeverría, H. E. (2013) Inclusion of Cover Crops in Cropping Sequences with Soybean Predominance in the Southeast of the Humid Argentine Pampa; *Bentham Open; The Open Agriculture Journal*; 7; 1; 2-2013; 3-10. <http://hdl.handle.net/11336/105917>
- Martínez, J.P., Crespo, C., Sainz Rozas, H.R., Echeverría, H.E., Studdert, G.A., Martínez, F., Cordone, G. & PA Barbieri, P.A. (2019). Soil organic carbon in cropping sequences with predominance of soya bean in the argentinean humid Pampas. *Soil Use and Management*. 36-1:173-183. <https://doi.org/10.1111/sum.12547>
- Martínez-Ghersa, M. A. & Ghersa, C. (2005). Consecuencias de los recientes cambios agrícolas, en: Oesterheld, M. (ed) *La Transformación de la Agricultura Argentina*, *Ciencia Hoy*. Vol 15 N° 87. 37-45.
- Murgida, A. M., Travasso, M. I., González, S. & Rodríguez, G. R. (2014). Evaluación de impactos del cambio climático sobre la producción agrícola en la Argentina. *CEPAL - Serie Medio Ambiente y Desarrollo* N° 155.
- Novelli, N.E. (2013) Intensificación de las secuencias de cultivos en un Molisol y un Vertisol: cambios en la estabilidad estructural y en el almacenaje de C en agregados. Tesis doctoral Universidad de Buenos Aires. Biblioteca virtual: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/doctorado/2013novellileonardoesteban.pdf>
- Presutti Miriam. (2021). Balance de nutrientes en la agricultura extensiva bonaerense para la campaña 2019/20. *Revista MDA*. Vol 2 N. ° 2. 43-50. [https://www.gba.gob.ar/desarrollo\\_agrario/revista\\_mda](https://www.gba.gob.ar/desarrollo_agrario/revista_mda)
- Sainz Rozas H.R., Echeverría, H.E. & Angelini, H. (2011). Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la Región Pampeana y Extrapampeana Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (LACS)*. International Plant Nutrition Institute (IPNI).

- Sainz Rozas H.R., Eyherabide, M., Larrea, G., Martínez Cuesta N., Angelini, H., Reussi Calvo, N. & Wyngaard, N. (2019), Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. Simposio Fertilizar. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2021/02/SAINZ-ROZAS-Fertilidad-2019-acta.pdf>
- Satorre, E. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual En: Oesterheld, M. (ed.), La Transformación de la Agricultura Argentina, Ciencia Hoy, Vol 15 N° 87. 24-31.
- Senasa. (2021) CARACTERIZACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS DE ENGORDE A CORRAL. SEPTIEMBRE 2021. Acceso 20 abril 2022. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/82a-informe\\_feed\\_lot\\_septiembre\\_2021-26-10\\_final.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/82a-informe_feed_lot_septiembre_2021-26-10_final.pdf)
- Studdert, G., & Echeverría, H. (2000) Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:1496-1503. <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6441496>.