
HORTICULTURA

**Horticultural soils and peri-urban AgroEcoIndex methodology
(AEIp): validation of environmental impact indicators**

**Suelos hortícolas y metodología AgroEcoIndex periurbano
(AEIp): validación de indicadores de impacto ambiental**



Matoff, E.^{1*}; Frank, F.² y Mitidieri, M.³

¹. Agencia de Extensión Rural Córdoba - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

². Estación Experimental Agropecuaria Anguil - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

³. Estación Experimental Agropecuaria San Pedro - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Córdoba. Argentina.

*Autor de correspondencia: matoff.evangelina@inta.gov.ar

Recibido: 30/06/2021

Acceptado: 03/11/2021

ABSTRACT

Matoff, E.; Frank, F. y Mitidieri, M. 2022. Horticultural soils and peri-urban AgroEcoIndex methodology (AEIp): validation of environmental impact indicators. *Horticultura Argentina* 41 (104): 44-59. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/fogujzy06>

Environmental impact indicators are tools in process of permanent revision and improvement. Thus, any enriching contribution towards them provides accurate information on the real state of the situation being evaluated. The following research has two objectives: To validate the results of environmental impact indicators obtained through the AgroEcoIndex periurban methodology (AEIp) in horticultural soils; and to arrive

to conclusions on the general condition of such soils by comparing them with uncultivated soils as well as soils in the area where other agricultural activities are carried out. A comparison was made between the mean of the results of the horticultural soils and the uncultivated soil, and a Principal Component Analysis (PCA) that also includes the reference values of agricultural soils in the area. A partial coincidence is observed between the data obtained in the soil analyses, and those indicators of the AEIp referring to nitrogen balance and phosphorus balance. In turn, the nitrogen and phosphorus contamination risk indicators reflect the current state of the soils analyzed. In conclusion, there are no signs of degradation or contamination in the soils of the analyzed horticultural

44

establishments according to the methodology used in this study and in comparison, with other agricultural soils in the area.

Additional Keywords: laboratory analysis, horticultural soil quality.

RESUMEN

Matoff, E.; Frank, F. y Mitidieri, M. 2022. Suelos hortícolas y metodología AgroEcoIndex periurbano (AEIp): validación de indicadores de impacto ambiental. Horticultura Argentina 41 (104): 44-59. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/fogujzy06>

Los indicadores de impacto ambiental son herramientas en proceso de revisión y mejora permanente. Así, toda actividad enriquecedora del mismo permite contar con información certera del estado real de la situación evaluada. Dos han sido los objetivos del presente trabajo. Por un lado, validar los resultados de indicadores de impacto ambiental que fueron obtenidos con metodología AgroEcoIndex periurbano (AEIp) en suelos hortícolas. Por el otro, arribar a conclusiones sobre el estado general de dichos suelos a través de la comparación de éstos con suelos no cultivados y suelos de la zona donde se realizan otras actividades agropecuarias.

Se realizó una comparación entre la media de los resultados de los suelos hortícolas y del suelo no trabajado, y un Análisis de Componentes Principales (ACP) que incluye también los valores de referencia de suelos agrícola-ganaderos de la zona. Se observa una coincidencia parcial entre los datos obtenidos en los análisis de suelos, por un lado, y aquellos indicadores del AEIp referidos al balance de nitrógeno y al balance de fósforo por el otro. A su vez, los indicadores de riesgo de contaminación por nitrógeno y fósforo reflejan el estado actual de los suelos analizados. En conclusión, no se presentan indicios de degradación ni contaminación en los suelos de los establecimientos hortícolas analizados según la metodología empleada en este estudio y en comparación con otros suelos agrícolas de la zona.

Palabras claves adicionales: análisis laboratorio, calidad suelos hortícolas.

1. Introducción

Los indicadores de impacto ambiental son herramientas que están en un proceso de revisión y mejora continuo, por lo tanto, toda actividad que aporte a este proceso resulta enriquecedor para contar con información certera que refleje en gran medida el estado real de la situación evaluada.

Los sistemas de evaluación de sustentabilidad e impacto ambiental desarrollados y utilizados en Latinoamérica, se basan en la obtención de información a través de encuestas al productor/responsable del establecimiento productivo, observaciones a campo y análisis de laboratorio de agua y suelo.

El sistema APOIA-NovoRural realiza la evaluación de los impactos ambientales de actividades rurales, a través de matrices de ponderación construidas como indicadores del desempeño ambiental, en plataforma Microsoft Excel®. La aplicación de APOIA-NovoRural requiere inspección de campo, recopilación de datos y muestras de suelo y agua para análisis de laboratorio y obtención de información de gestión con el productor/administrador (Rodrigues & Campanhola, 2003).

Este sistema de evaluación del impacto ambiental fue adaptado para predios rurales de Uruguay, conocido como EIAR (Evaluación de Impacto Ambiental en Predios Rurales) por Stachetti & Moreira (2007); y para establecimientos agropecuarios de Argentina, denominado SEPIA (Sistema de Evaluación Ponderada de Impacto Ambiental) por D' Angelcola *et al.*, (2015).

Los datos necesarios para completar los indicadores de este sistema de evaluación se basan en conocimientos administrativos e históricos del responsable del predio y se obtienen a partir de una entrevista estructurada. Los indicadores relacionados con la calidad del suelo y del agua, se obtienen mediante análisis de laboratorio con la medición de parámetro ya establecidos (D' Angelcola *et al.*, 2017a).

La metodología AgroEcoIndex® (Viglizzo *et al.*, 2006), basa su sistema de recolección de información, en una entrevista estructurada realizada en forma verbal al productor-encargado del establecimiento productivo. La información obtenida se procesa y ajusta a los parámetros solicitados y se vuelca a las planillas Excel del programa AEI. Este programa devuelve dicha información procesada través de los valores de dieciocho indicadores.

Para el caso de producciones hortícolas periurbanas se realizó la adaptación AgroEcoIndex® a través de talleres con expertos, en los que se discutieron, agregaron, modificaron o eliminaron los indicadores que se consideraron relevantes y factibles de ser incluidos en el modelo final (D' Angelcola *et al.*, 2017b). Así se generó el AEIp (AgroEcoIndex periurbano) que consta de 18 indicadores que abarcan los principales aspectos ambientales relevantes: la energía, los nutrientes, riesgo de contaminación por estos, riesgo de contaminación por plaguicidas y la eficiencia de uso del agua.

La finalidad de este trabajo es aportar conocimientos a la metodología AEIp, como así también, a la zona hortícola de la ciudad de Córdoba.

Dos han sido los objetivos planteados en el siguiente trabajo. Por un lado, validar resultados de indicadores de impacto ambiental - Balance de nitrógeno y fósforo; y Riesgo de contaminación por nitrógeno y fósforo"- obtenidos mediante metodología AgroEcoIndex periurbano; y concluir sobre el estado general de los suelos donde se realiza actividad hortícola, comparado con otras actividades agropecuarias que se llevan a cabo en la zona y con suelos sin cultivar.

2. Materiales y métodos

Durante el primer semestre del año 2018, se realizó un estudio de impacto ambiental utilizando la metodología AgroEcoIndex periurbano (AEIp) en 15 establecimientos productivos hortícolas del área periurbana de la ciudad de Córdoba. Dicho estudio arrojó como resultado estimaciones de dieciocho indicadores de impacto ambiental entre los cuales se encuentran 4 enfocados a la calidad del suelo, 11 y 12: Balance de nitrógeno y Balance de fósforo; 13 y 14: Riesgo de contaminación por nitrógeno y Riesgo de contaminación por

fósforo, los cuales van a ser validados en este trabajo. Para construir los valores de los indicadores se indaga sobre, la distribución de los cultivos, infraestructura, consumo de combustible, sistema de riego, actividades de trabajo manual y luego se completaron planillas individuales de cada cultivo con información sobre superficie, sistema de siembra, de cosecha, cantidad y época de labores mecánicas y manuales, cantidad y superficie de uso de plaguicidas, fertilizantes y abonos orgánicos.

En forma conjunta, se extrajeron muestras de suelo hortícola (SH) en todos los establecimientos productivos (P) en que se realizaron las encuestas. Las mismas son muestras compuestas de todo el predio trabajado hasta los 20 cm de profundidad.

El sistema de riego por canales y acequias que actualmente se utiliza fue construido en el año 1890, deduciendo que en esta zona se realiza actividad hortícola hace más de 130 años.

Se tomaron muestras de un suelo no trabajado (SNT) de un sitio comunitario en el que se encuentran instalaciones de servicios, el mismo está ubicado en la zona núcleo y en forma equidistante de donde se extrajeron el resto de las muestras.

Las mismas fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental INTA Manfredi. Se midió materia orgánica (MO) (Walkley & Black), porcentaje de nitrógeno total (PNt) (Kjeldahl), fósforo extractable (Pe) (Bray y Kurtz), pH, (relación suelo/agua 2,5) y conductividad eléctrica (CE) (relación suelo/agua 2,5).

En el laboratorio de Ecotoxicología de Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, se realizó la prueba de actividad respiratoria del suelo (Frioni, 1999). Con esta técnica se evalúa el CO₂ liberado por los microorganismos presentes en suelo, mediante el agregado de sustancias químicas cuya degradación resultan de la actividad de la microflora presente el suelo que se desea estudiar.

Para evaluar el estado de los suelos, se realizó una comparación entre la media de todos los sistemas productivos evaluados y los resultados del suelo no trabajado, mediante Prueba de Hipótesis para una media, utilizando un nivel de significación de 0.05. Se utilizó como valor de la media esperada los resultados del análisis al suelo no cultivado. Además, se realizó la estimación de intervalos de confianza del 95% mediante estimación Bootstrap, llegando a similares resultados, indicando que la técnica de Prueba de Hipótesis resultó adecuada a pesar de la falta de normalidad observada en los datos.

Para evaluar el comportamiento de los sistemas en su dimensión multivariada se realizó un Análisis de Componentes Principales (APC) con el programa InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020). Los resultados se presentan con un diagrama de dispersión de los sistemas productivos, el suelo no cultivado y suelos de la zona, según las dos primeras componentes principales.

Los valores de suelos de la zona (SZ), se obtienen, teniendo como base la información obtenida de la carta de suelos más próxima de en la zona. La misma pertenece a Rio Primero – unidad cartográfica: La Emilia, serie: Barraca Yaco (Tabla 1). Esta información se ajusta y completa con valores de referencia creados por el grupo del Laboratorio de suelos de EEA Manfredi, que utilizan para la interpretación de los análisis de suelo realizados en dicho laboratorio (Tabla 2). Estos fueron elaborados con datos de los análisis de suelos agrícolas ganaderos que se realizan en el laboratorio y pertenecen a suelos de la zona

Table 1: Soil parameter values of the soil chart closest to the area under study (Río Primero, Córdoba - Argentina), reference values taken from the soil laboratory and values used for a soil in the area (SZ). 2019.

Tabla 1: Valores de parámetros de suelo de la carta de suelo más próxima a la zona en estudio (Río Primero, Córdoba – Argentina), valores de referencia tomados del laboratorio de suelos y valores utilizados para un suelo de la zona (SZ). 2019.

Parámetros	Carta de suelo	Valores de referencia laboratorio	Suelos de la zona (SZ)
MO (%)	3,1	2,6-3,5	3
Nt (%)	0,2	0,14-0,2	0,17
Pe (ppm)		20-30	25
pH	6,4	6,6-7,3	7
CE (dS/m)		< 2	2

Table 2: Reference values elaborated by the soil laboratory group of EEA Manfredi, Córdoba, Argentina. 2019.

Tabla 2: Valores de referencia elaborados por el grupo del laboratorio de suelos de EEA Manfredi, Córdoba, Argentina. 2019.

Parámetro	Valores de Referencia
Reacción(pH): (relación suelo/agua: 2,5)	< 5 (muy ácida); 5,1-5,5 (ácida); 5,6-6,0 (moderadamente ácida); 6,1-6,5 (ligeramente ácida); 6,6-7,3 (neutra) 7,4-7,8 (ligeramente alcalina); 7,9-8,4 (moderadamente alcalina); 8,5-9,0 (alcalina); >9 (muy alcalina).
Cond. Eléctrica (CEe): (relación suelo/agua: 2,5) x 5	< 2 (no salino); 2,1-4 (ligeramente salino); 4,1-6 (moderadamente salino); 6,1-8 (salino); 8,1-16 (fuertemente salino); >16 (extremadamente salino).
Materia Orgánica (MO%): (Walkley & Black)	< 1 % (muy bajo contenido); 1,1-1,5 % (bajo contenido); 1,6-2,5 % (moderado contenido); 2,6-3,5 % (buen contenido); > 3,5 % (muy buen contenido).
Nitrógeno Total (N total %): (Kjeldahl)	< 0,058 % (muy bajo contenido); 0,058-0,087% (bajo contenido); 0,088-0,145% (moderado contenido); 0,146-0,200% (buen contenido); > 0,200% (muy buen contenido).
Nitrógeno de Nitratos (N-NO₃-): (Fenildisulfónico)	< 5 (muy baja disponibilidad); 5,1-15,0 (baja disponibilidad); 15,1-20,0 (moderada disponibilidad); >20 (buena disponibilidad).
Fósforo Extractable (Pe): (Bray y Kurtz 1)	< 5,0 (muy poco provisto); 5,1-12,0 (poco provisto); 12,1-20,0 (moderadamente provisto); (Bray y Kurtz 1) 20,1-30 (bien provisto); > 30 (muy bien provisto).

Los datos de porcentaje nitrógeno total, obtenidos de los análisis de suelo de laboratorio de los establecimientos hortícolas y del suelo no trabajado, se compararon con los datos obtenidos de los indicadores de impacto ambiental AEIp mediante el uso de tablas y gráficos.

3. Resultados y discusión

3.1. Validación de indicadores de impacto ambiental AEIp referidos al estado del suelo:

El porcentaje de nitrógeno total, tanto de los establecimientos productivos como del suelo no trabajado, brindan información sobre el contenido actual de este nutriente en cada suelo. Esta variable resulta de las prácticas históricas que se realizaron en estos suelos en el pasado, de la incorporación de abonos y fertilizante, de los rindes que se obtuvieron, etc.

En la tabla 3, se muestran los valores de PNt para los suelos hortícolas cultivados y suelo sin trabajar. Se observa que, para todos los casos salvo uno (P14), los valores de PNt son inferiores al SNT, pero no se puede inferir, que esa diferencia se deba a las labores realizadas en el último año productivo. Si no que puede deberse a los resultados de las actividades históricas realizadas en el lote.

Por otro lado, los resultados de los indicadores de impacto ambiental del AEIp, nos dan información puntual sobre lo que se realizó en un lote, dentro de un establecimiento productivo, hasta un año atrás del momento en que se realiza la encuesta, ya que la información recabada incluye sólo un ciclo productivo.

El balance de nitrógeno (Ind. 11) indicó que existe un balance anual positivo de nitrógeno en la mayoría de los casos estudiados. Salvo en dos de los casos donde el balance fue neutro (0). Sin embargo, no se registró riesgo por contaminación de nitrógeno (Ind. 13) en ninguno de los casos estudiados ya que en todos los casos el valor obtenido para este indicador fue cero (0). (Figura 1).

Si bien, sería de esperar, encontrar una concordancia entre dichos valores, no se puede considerar como error que no los haya, ya que dichos valores muestran información diferente. Estos datos, podrían considerarse como “línea de base” para continuar estudios posteriores simultáneos entre, la extracción de muestras para realizar el análisis de suelo y la realización de la encuesta AEIp, al menos cada dos años, y así sí, poder concluir sobre la tendencia observada entre los valores de los indicadores con respecto a los datos de análisis de suelo. Igual análisis resulta para el caso de los indicadores que evalúan el estado del fósforo en el suelo. En la figura 2, el balance de fósforo entre suelos hortícolas y el suelo no trabajado en su mayoría resultó positivo (salvo en dos casos). El fósforo de los suelos trabajados es mayor que el suelo sin cultivar, esto se explica, por la utilización de guano/cama de pollo/gallina como enmiendas orgánicas. En los guanos de gallina, existe una relación N:P de 1,3:1, es una relación alta en fósforo para la mayoría de cultivos, por tal motivo, debiera existir un plan integral de manejo de nutrientes, que resulte equilibrado para evitar déficit de nitrógeno o acumulación de fósforo (Maisonnave *et al.*, 2019).

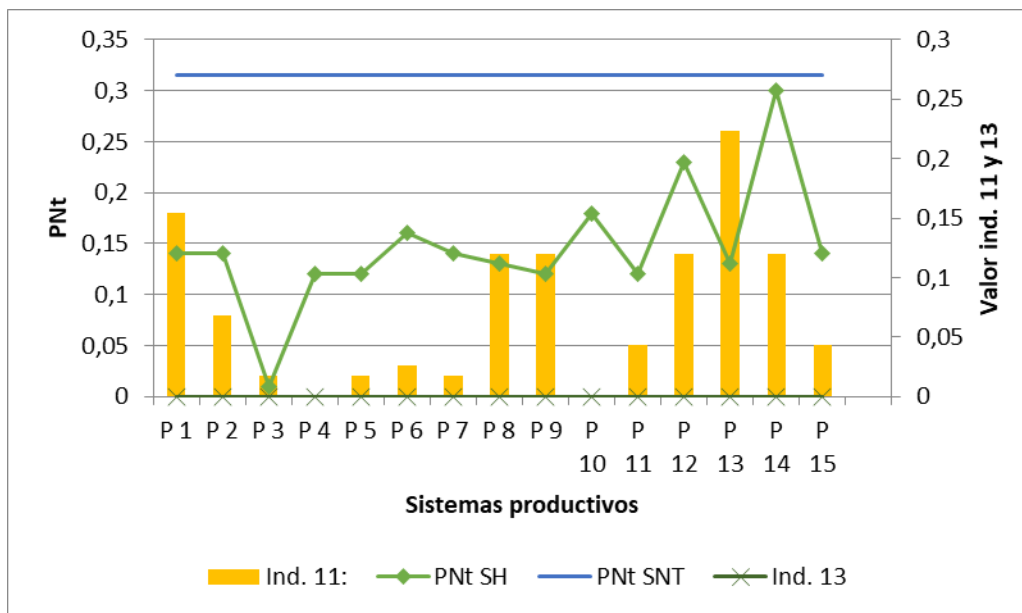


Figure 1: Total nitrogen percentage of horticultural soils (PNt SH) of each productive establishment and of the unworked soil (PNt SNT). Value of Indicator 11: Nitrogen balance (Ind. 11), and Indicator 13: Risk of nitrogen contamination (Ind. 13) of the AEIp model, carried out in the peri-urban area of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 1: Porcentaje de nitrógeno total de suelos hortícolas (PNt SH) de cada establecimiento productivo y del suelo no trabajado (PNt SNT). Valor del Indicador 11: Balance de nitrógeno (Ind. 11), e Indicador 13: Riesgo de contaminación por nitrógeno (Ind. 13) del modelo AEIp, realizados en la zona periurbana de Córdoba, Argentina. 2020.

El balance de fósforo (Ind. 12) mostró valores mayores de cero en siete de los establecimientos productivos y valores neutros en ocho de ellos (0). Al igual que en el caso del nitrógeno los valores mayores a cero no llegan a causar riesgo de contaminación por fósforo (Ind. 14) ya que este indicador dio cero (0) en todos los casos estudiados.

En este estudio, el indicador de riesgos de contaminación por fósforo del AEIp no reflejó riesgo de contaminación por fósforo a pesar de que en algunas muestras el balance fue positivo. Existen antecedentes de regiones donde se realiza horticultura donde los niveles de este elemento acumulados en el suelo si revelan una contaminación (Cuellas *et al.*, 2017), por lo que el ajuste de este indicador se debería continuar estudiando.

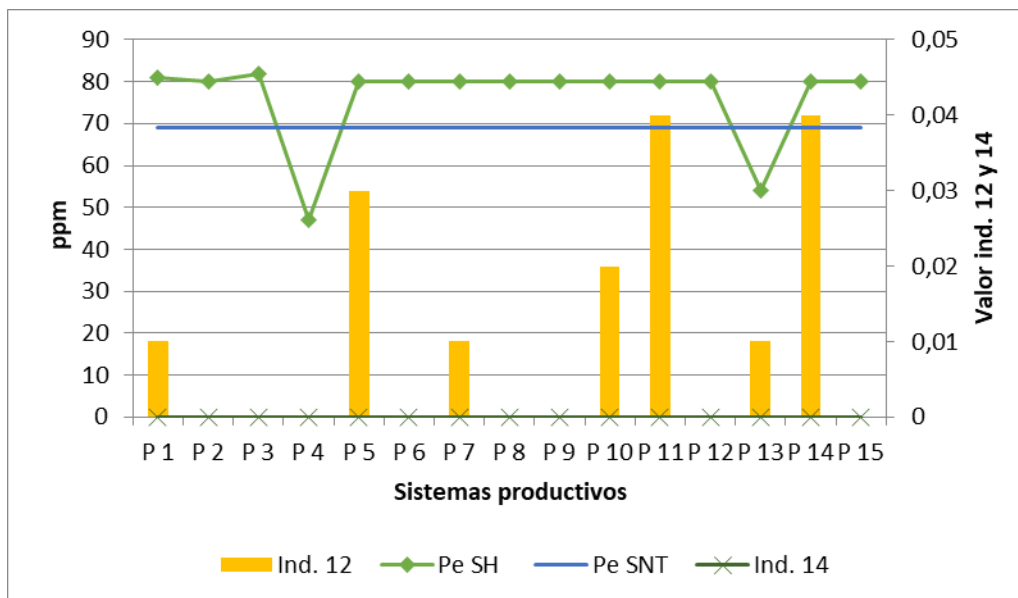


Figure 2. Extractable phosphorus from horticultural soils (Pe SH) of each productive establishment and from the unworked soil (Pe SNT). Value of Indicator 12: Phosphorus balance (Ind. 12), and Indicator 14: Risk of contamination by phosphorus (Ind. 14) of the AEIp model, carried out in the peri-urban area of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 2. Fósforo extractable de suelos hortícolas (Pe SH) de cada establecimiento productivo y del suelo no trabajado (Pe SNT). Valor del Indicador 12: Balance de fósforo (Ind.12), e indicador 14: Riesgo de contaminación por fósforo (Ind. 14) del modelo AEIp, realizados en la zona periurbana de Córdoba, Argentina. 2020.

Con la metodología AgroEcoIndex periurbano (Frank, 2014), mediante encuestas que se realizaron a los productores, se recabó y analizó, información sobre el impacto ambiental de las actividades que se realizaron a lo largo de un año de producción o ciclo productivo, por tal motivo, lo que resulte de las actividades que se realizaron ese año (siembras, fertilización, riego, labores mecánicas y cosecha), pueden coincidir o no, con comparaciones que se realicen fuera de ese periodo de tiempo. Para tal fin, sería recomendable tomar las muestras de suelo conjuntamente cuando se realiza la encuesta y por varios periodos consecutivos para poder corroborar la tendencia que nos muestra el indicador y los datos del análisis de suelo. Por lo tanto, el objetivo planteado “Validar la información recabada con resultados obtenidos de los análisis de suelo realizados en laboratorio”, se pudo cumplir en forma parcial con la información recabada de los análisis de suelo y entrevistas AEIp con que se cuenta para realizar este trabajo.

3.2. Evaluación de calidad de suelos hortícolas:

Se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre el valor promedio de los suelos hortícolas (SH) y el valor registrado para un suelo no trabajado (SNT), para todas las variables de suelo, excepto para CE ($p = 0.2282$) y Respiración ($p = 0.4822$), que no mostraron diferencias significativas con el valor de SNT (Tabla 4).

Los valores de los intervalos de confianza muestran un espacio de valores medios esperados, es decir, por ejemplo, para el caso del contenido de materia orgánica (MO), el valor medio esperado para suelos hortícola con un 95% de confianza estará entre 2,07 y 2,71% (Tabla 3). Siguiendo con este ejemplo, el valor registrado para SNT es 4,71%, al ser un valor superior a 2,71%, no es un valor esperado para SH, por lo que se observa una pérdida de materia orgánica por parte de los sistemas productivos evaluados (Tabla 3). Este mismo comportamiento se observa para nitrógeno total (Nt), fósforo extractable (Pe) y pH. Para CE los límites son 1,61 y 3,22 y el valor del SNT es 2,29, indicando que es un valor posible entre SH, al igual que la Respiración de los microorganismos del suelo (Tabla 3).

Table 3: Mean values of horticultural soils (SH) and value of unworked soil (SNT), in Córdoba, Argentina, for the variables MO, Nt, Pe, pH, CE, R. Year 2020. The difference is expressed as a value absolute. The limits of the confidence interval (Lower Limit and Upper Limit) and the p-value resulting from the statistical test are presented.

Tabla 3: Valores medios de suelos hortícolas (SH) y valor del suelo no trabajado (SNT), en Córdoba, Argentina, para las variables MO, Nt, Pe, pH, CE, R. Año 2020. La diferencia se expresa como valor absoluto. Se presentan los límites del intervalo de confianza (Límite Inferior y Limite Superior) y el valor p resultante de la prueba estadística

Variable	Media SH	SNT	Diferencia	LI (95%)	LS (95%)	p-valor
MO (%)	2,37	4,71	2,34	2,07	2,71	<0,0001
Nt (%)	0,15	0,27	0,12	0,13	0,18	<0,0001
Pe (ppm)	76,27	69	7,27	70,09	80,35	0,0185
pH	7,51	7,8	0,29	7,31	7,72	0,019
CE (dS/m)	2,29	1,7	0,59	1,61	3,22	0,2282
R	0,14	0,16	0,02	0,09	0,19	0,4822

En los establecimientos evaluados observamos disminución del porcentaje de materia orgánica, nitrógeno total, como así también del valor del pH (Figura 3), y aumento en los valores de fósforo extractable y conductividad eléctrica (Figura 4). En varios trabajos consultados sobre evaluación de la calidad de suelos hortícolas, se encuentran resultados similares sobre el comportamiento de algunos de los parámetros analizados, como, por ejemplo: MO, Nt, pH, CE, y Pe. (Cuellas 2017; Fernández & Morales 2018).

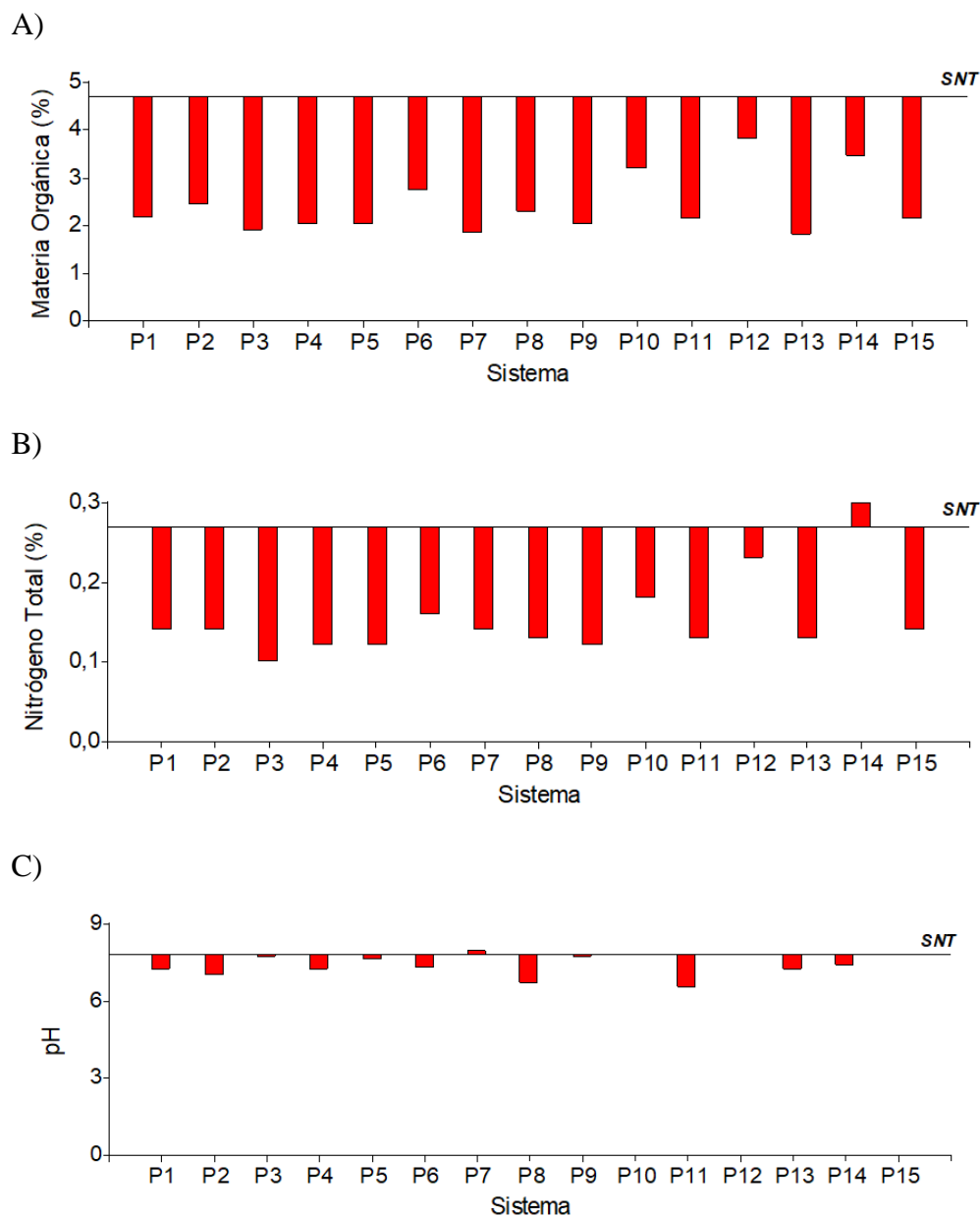


Figure 3. Results of soil analysis of fifteen productive systems for: A) Organic Matter (%), B) Total Nitrogen (%) and C) pH. The cut-off line indicates the value registered for the unworked soil, in the peri-urban area of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 3. Resultados de los análisis de suelo de quince sistemas productivos para: A) Materia Orgánica (%), B) Nitrógeno total (%), y C) pH. La línea de corte indica el valor registrado por el suelo no trabajado, en la zona periurbana de Córdoba, Argentina. 2020.

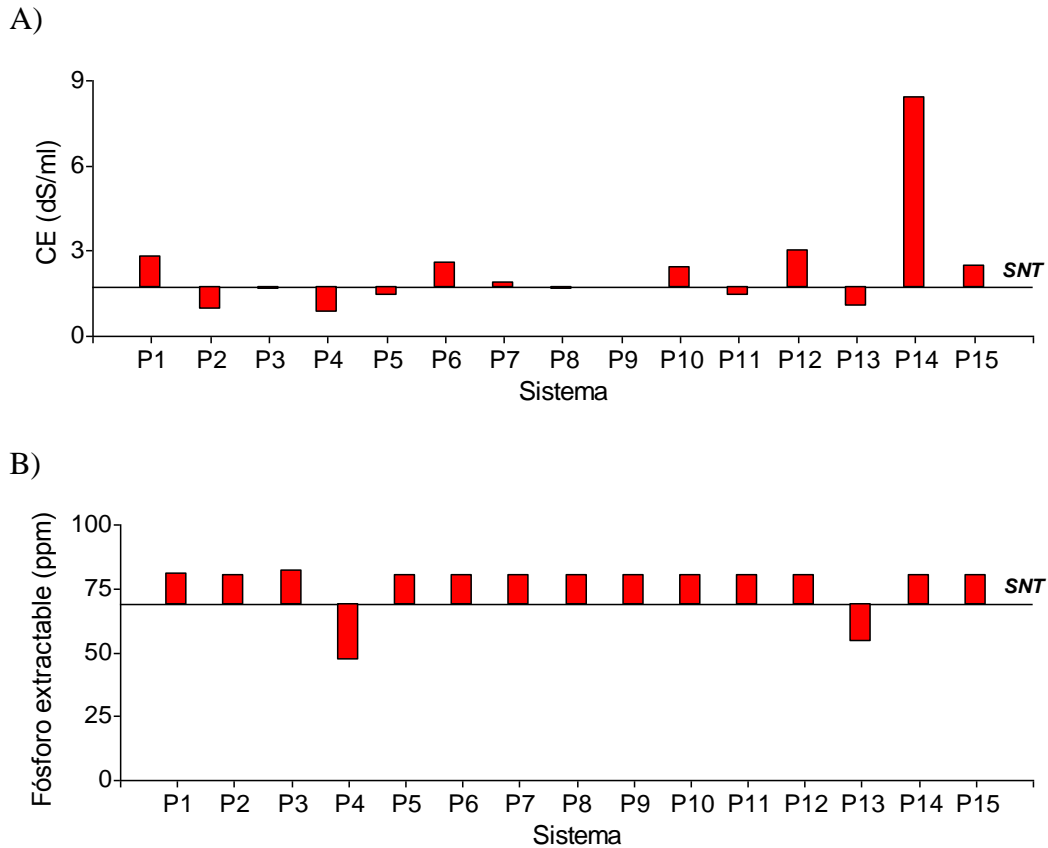


Figure 4. Results of the soil analysis of the fifteen production systems for: A) Electrical Conductivity (CE), and B) Extractable phosphorus, carried out in the peri-urban area of Córdoba, Argentina. Year 2020. The cut-off line indicates the value registered for the unworked soil.

Figura 4. Resultados de los análisis de suelo de los quince sistemas productivos para: A) Conductividad Eléctrica (CE), y B) Fósforo extractable, realizados en la zona periurbana de Córdoba, Argentina. Año 2020. La línea de corte indica el valor registrado por el suelo no trabajado.

Estos resultados coinciden con lo que expresan Jaurixje *et al.* (2013) donde expresan que los mayores valores de respiración basal y biomasa microbiana se encontraron en suelos donde el tipo de manejo contempló enmiendas orgánicas o cuando los suelos estaban sin ningún tipo de manejo agrícola o en barbecho.

Así mismo Di Ciocco, *et al.* (2014) comprobaron que la respiración edáfica presentaba diferencias estadísticamente significativas según el uso del suelo. Los mayores niveles de respiración corresponden a los suelos con pastizales naturalizados, luego a suelos con agricultura reciente, y los menores valores de respiración se registraron en los suelos que llevan varias décadas de actividad agrícola intensiva.

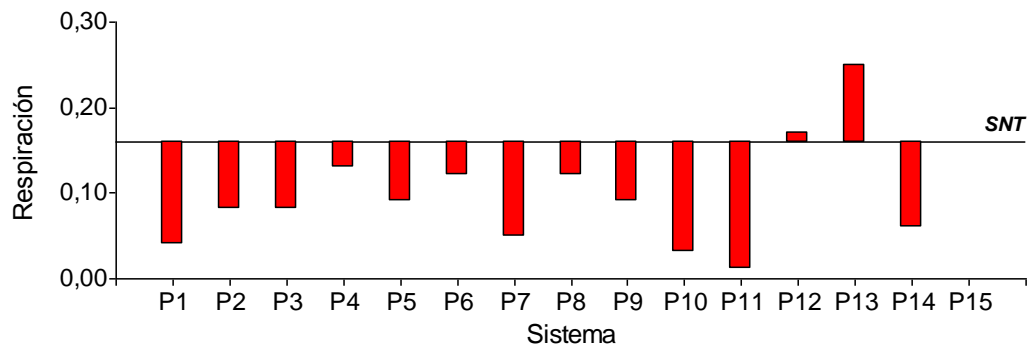


Figure 5. Results of the soil analysis of the 15 productive systems for the respiratory activity of the soil, carried out in the peri-urban area of Córdoba, Argentina. Year 2020. The cut-off line indicates the value registered for the unworked soil.

Figura 5. Resultados de los análisis de suelo de los 15 sistemas productivos para la Actividad respiratoria del suelo, realizados en la zona periurbana de Córdoba, Argentina. Año 2020. La línea de corte indica el valor registrado por el suelo no trabajado.

En la Figura 6 se presenta el gráfico de los sistemas productivos, del suelo no trabajado y suelos de la zona, sobre las dos primeras componentes principales obtenidas a partir del Análisis de Componentes Principales (ACP) de las seis variables de suelo MO, Nt, pH, CE, Pe y R. El diagrama representa el 34% de la variabilidad total entre sistemas. Los sistemas evaluados se concentran en dos grupos. Un grupo conformado por el suelo no trabajado, P12 y P14 y el otro grupo integrado por la mayoría de los productores evaluados y suelos de la zona.

El grupo menos poblado, integrado por el suelo no trabajado, P12 y P14, se caracterizan por altos valores de MO, Nt y CE (Figura 3. A, B y Figura 4. A). El P12 cultiva en forma convencional a campo con riego por surco, el alto valor de nitrógeno total y de materia orgánica que se observa en los datos del análisis de suelo, se explica porque había transcurrido poco tiempo entre la incorporación de cama de pollo y el momento en que se extrajo la muestra de suelo para su análisis. La ubicación del P14 con respecto al resto, se explica ya que es este establecimiento productivo se cultiva en invernadero, con riego por goteo y fertirrigación e incorporación de enmiendas orgánicas. Por eso se encontró alto nitrógeno total y buen contenido de materia orgánica.

El resto de los suelos de los establecimientos hortícolas visitados presentaron en general, menor porcentaje de materia orgánica, nitrógeno total y actividad respiratoria. A su vez, se vieron modificados sus valores de pH y conductividad eléctrica; y mostraron elevados valores de fósforo extractable. En este grupo de suelos, se encuentra también SZ. Por lo tanto, tienen valores cercanos a los valores de referencia los suelos de la zona en los que se practica actividad agrícola-ganadera y cuyos valores indican que se encuentran dentro del rango de suelos con buenas características desde el punto de vista productivo. Se puede concluir, que el estado de los suelos trabajados en sistemas hortícolas presentó buen estado de conservación considerando que alguno de ellos lleva más de 100 años en producción.

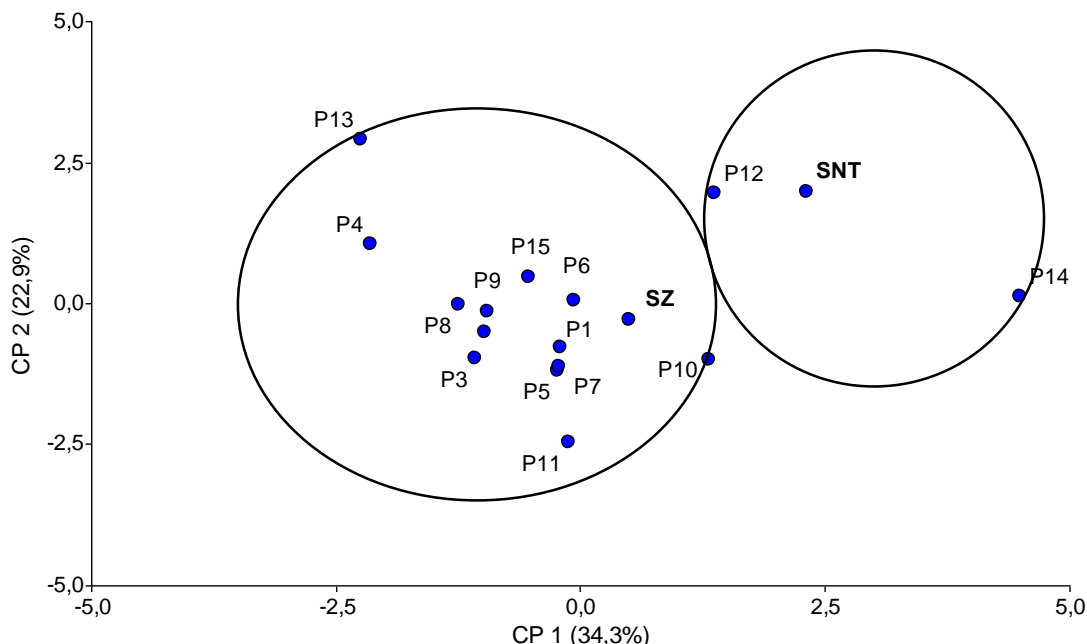


Figure 6: Dispersion diagram of the productive systems (P1 to P15), unworked soil (SNT) and soils of the area (SZ), on the first two main components of PCA made from six soil variables, analyzed in the peri-urban area of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 6: Diagrama de dispersión de los sistemas productivos (P1 a P15), Suelo no trabajado (SNT) y suelos de la zona (SZ), sobre las dos primeras componentes principales de ACP realizado a partir de seis variables de suelo, analizados en la zona periurbana de Córdoba, Argentina. 2020.

Los valores obtenidos en este estudio no muestran un estado de degradación del suelo, ni de falta de calidad de los mismos con consecuencias de la producción, como sí se encontraron en otras zonas productoras hortícolas del país (Cuellas, 2017).

Cabe destacar que, en la zona de este estudio, se riega con agua de buena calidad, tanto la que viene por los canales de riego como la que se extrae de los pozos. La producción se realiza en su mayoría a campo, por este motivo, existe rotación continua de especies cultivadas, incorporación de restos vegetales y periodos de descanso del suelo.

Considerando el sistema AEIp, sería importante contar con un indicador como “Cambio en el stock de carbono del suelo” en el programa. La importancia de la presencia del mencionado indicador también se observó en el estudio realizado por Pagliaricci *et al.*, (2016), donde se evaluaron los cambios producidos en un sistema productivo al reemplazar el uso de bromuro de metilo por solarización. El uso del programa AEIp, y la información brindada por el indicador: Riesgos de contaminación por plaguicidas, reflejaba claramente el cambio del proceso evaluado, por la disminución observada en el valor de uso de plaguicida. Sin embargo, no ocurrió lo mismo, con la reducción de materia orgánica que se observó en el suelo luego del proceso de solarización. Por lo tanto, para ver reflejado este cambio, sería

necesario un indicador como el que citamos anteriormente (Cambio en el stock de Carbono del suelo) que sí está contemplado en el modelo AEI tradicional.

4. Conclusiones

Los indicadores del AEIp, balance de nitrógeno y balance de fósforo, mostraron coincidencia parcial con la tendencia histórica que se observó en los datos obtenidos de los análisis de suelos, en cuanto a la disminución del nitrógeno y aumento del fósforo.

Los indicadores riesgo de contaminación por nitrógeno y fósforo, reflejaron el estado actual de los suelos analizados, ya que los valores de estos elementos no se encuentran en cantidades elevadas con respecto a un suelo no cultivado.

Parte de la falta de coincidencia entre los indicadores de impacto ambiental referidos al estado del suelo con datos de análisis de laboratorio, se pueden atribuir a que el AEIp considera un ciclo de productivo. Para que coincida la información recabada, se deberían extraer las muestras al comienzo y al final del periodo de tiempo considerado por el AEIp.

La técnica “Actividad respiratoria del suelo” resultó útil para estimar el grado de degradación de la materia orgánica.

Se sugiere la incorporación al sistema AEIp del indicador “Cambio en el stock de carbono del suelo” ya que el mismo no pudo detectar las modificaciones en el contenido de materia orgánica con respecto a un suelo no trabajado, que si reflejaron los análisis de suelo.

Según los resultados obtenidos, se puede concluir que los suelos de los establecimientos hortícolas analizados, no presentan mayores indicios de degradación ni contaminación por nitrógeno y fósforo, según la metodología utilizada en este estudio y comparada con otros suelos de la zona sometidos a la actividad agrícola ganadera.

5. Bibliografía

- Arroyo, A., Balzarini, M., Bruno, C., Di Rienzo, J., (2005). Árboles de expansión mínimos: ayudas para una mejor interpretación de ordenaciones en bancos de germoplasma. *Interciencia*, ISSN 0378-1844 Vol 30 N° 9: 550-554.
- Balzarini M., Bruno C, Arroyo A. (2005). Análisis de ensayo agrícolas multi-ambientales: ejemplos con info-gen. *Estadística y Biometría*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Pp: 141
- Cuellas, M. V. (2017) Horticultura periurbana, análisis de la fertilidad de los suelos en invernaderos. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* 33(2): 163-173
- Cuellas, M. V., Delprino, M.R., D'Angelcola, M. E., Valenzuela, O., Czepulis Casares, J., Del Pardo, C., Ciaponi, Mitidieri, M. (2017). Evaluación de la calidad de los suelos hortícolas periurbanos mediante el uso de indicadores. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Boletín: Manejo de los suelos hortiflorícolas*. Vol X. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_boletin_suelos_ndeg_10.pdf
- D'Angelcola, M. E., Constantino, A., Torres, G., Mitidieri, M., Stachetti Rodrigues, G., Delprino, M.R. (2015). Adaptación del sistema de evaluación de impacto ambiental APOIA NOVO RURAL a las explotaciones

- intensivas de Argentina. Congreso Internacional de Servicios Eco sistémicos en los Neo trópicos: de la investigación a la acción, 4. Mar del Plata.
- D' Angelcola, M. E., Delprino M. R., Mitidieri, M., Stachetti Rodrigues, G. (2017a). Sistema SEPIA (Sistema de Evaluación Ponderada de Impacto Ambiental): diagnóstico y monitoreo del impacto de las producciones intensivas. En: Periurbanos hacia el Consenso. Córdoba. p 132.
- D' Angelcola, M. E., Frank, F., Delprino M. R., Matoff, E., Constantino, A., Mitidieri, M. (2017b). B. AgroEcoIndex® Periurbano: una herramienta para evaluar la gestión ambiental en establecimientos hortícolas. En: Periurbanos hacia el Consenso. Córdoba.
- Di Ciocco, C., Sandler, R., Falco, L., Coviella, C. (2014). Actividad microbiológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico-químicas. Revista de la Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Cuyo. 46 (1).73-85.
<http://revista.fca.uncu.edu.ar>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat. Facultad Ciencias Agropecuarias-Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
<http://www.infostat.com.ar>
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Gonzalez, L. A., Tablada, E. M., Díaz, M. Del P., Robledo, C. W., Balzarini, M. G. (2005). Estadísticas para las Ciencias Agropecuarias. Sexta Edición. ISBN: 987-1142-68-4. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina. Pp 239.
- Efron, B., Tibshirani, R. (1993). Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other methods of statistical accuracy. *Statistical Science*, 1(1): 54- 77.
- Fernandez, I., Morales, C. (2018). Evaluación de las propiedades químicas y físico-químicas de los suelos de Colonia Sta. Rosa, Oran. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Boletín: Manejo de los suelos hortiflorícolas. Vol X. https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_boletin_suelos_ndeg_10.pdf
- Frank, F. (2007). AgroEcoIndex® agrícola. Ejemplos de su empleo en La Pampa y San Luis. Universidad Católica de Córdoba. Recuperado de: www.uca.edu.ar/uca/common/grupo5/files/UCA-Frank.pdf.
- Frank, F. (2014). Presentación teórica AgroEcoIndex periurbano. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de <http://inta.gov.ar/documentos/curso-introduccion-a-dos-sistemas-de-evaluacion-de-impacto-ambiental-para-su-aplicacion-en-actividades-intensivasurbanas-y-periurbanas-1>
- Frioni, L. (1999). Procesos microbianos. Ed. de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. 332 pp
- Jaurixje M., Torres D., Mendoza B., Henríquez, M., Contreras J. (2013). Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. Boletín manejo de suelo hortiflorícolas. ISSN 2591-5622 Edición digital. Marzo 2018. Volumen X.
- Johnson, R.A., Wichern, D.W. (1998). Applied multivariate statistical analysis. 4th Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

- Maisonave, R., Lamelas, K., Mair, G., Rodriguez, N. (2019). Guano de gallina. Valor agronómico. Caracterización físico química del guano de gallinas ponedoras de granjas del noreste de la provincia de Buenos Aires. Buenos Aires. Secretaria de Agroindustria. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/otros/_archivos//190430_V_alor%20Agronomico%20Guano%20gallina%202019.pdf.
- Pagliaricci, L., Delprino, M.R., Paganini, A., Barceló, W., Peña, L., Bernardez, A., Constantino, A., Delpardo, C., Ciaponi, M., Brambilla, M.V., Barbieri, M., Piris, E., Frank, F., Paolinelli, N., D'angelcola, E., Mitidieri, M. (2016). Impacto económico y ambiental de la sustitución del bromuro de metilo en la producción de tomate bajo cubierta. Estudio de caso en una empresa frutihortícola del partido de Zárate, Buenos Aires. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/documentos/impacto-economico-y-ambiental-de-la-sustitucion-del-bromuro-de-metilo-en-la-produccion-de-tomate-bajo-cubierta-estudio-de-caso-en-una-empresa-frutihorticola-del-partido-de-zarate-buenos>
- Prack Mc Cormick, B., Rodríguez, H., Sokolowski, A., Gagey, C., Wolski, J., Barrios, M. (2019). Evaluación experimental de la calidad del suelo en respuestas a prácticas de manejo hortícola. La cama de pollo. V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie. Pp58-61.
- Rodrigues, G., Campanhola, C. (2003). Avaliação de Impacto Ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do novo rural. Jaguariúna, Brasil. Embrapa Meio Ambiente.
- Stachetti Rodrigues, G. Moreira, A. (2007). Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales. Montevideo. IICA-PROCISUR. Recuperado: http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/1_manual_de_evaluacion_de_impacto_ambiental_de_actividades_rurales.pdf
- Viglizzo, E., Frank, F., Bernardos, J., Buschiazzo, D., Cabo, S. (2006). A Rapid Method for Assessing the Environmental Performance of Commercial Farms in the Pampas of Argentina. *Ecosystems Monitoring and Assessment* 117:109–134.
- Zamora, E. (2018). Carta De Suelo: Rio Primero: unidad cartográfica: La Emilia, serie: Barraca Yaco. Cartas de suelos de Córdoba. Ministerio de Agricultura y Ganadería-Gobierno de Córdoba. <http://suelos.cba.gov.ar>
- Horticultura Argentina es licenciado bajo Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 2.5 Argentina.