
HORTICULTURA

**Environmental impact indicators on horticultural farms
in the periurban area of Córdoba City, Argentina**

**Indicadores de impacto ambiental en establecimientos hortícolas
del área periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina**



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: Evangelina Matoff: matoff.evangelina@inta.gob.ar

Recibido: 30/06/2021

Aceptado: 04/11/2021

ABSTRACT

Matoff, E.; Frank, F. y Mitidieri, M. 2022. Environmental impact indicators on horticultural farms in the periurban area of Córdoba City, Argentina. *Horticultura Argentina* 41 (104): 60-83. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/a5iw7ss40>

The environmental impact indicators (IIA) summarize relevant information, making visible phenomena of interest to quantify, measure and publish them. The AgroEcoIndex®, is a sistem designed at the National Institute of Agricultural Technology for extensive productions in the Pampean region. Currently, this system is being adapted to horticultural productions and is called Periurban AgroEcoIndex (AEIp), which could become a valuable tool for evaluating environmental impact and accompanying improvement processes in horticultural farms. The objectives of the work are to evaluate fifteen commercial horticultural farms near the city of Córdoba, and generate reference values for three

production models (conventional in the field, conventional intensive and agroecological), based on the academic contribution of experts from the horticultural sector in the area, in order to compare IIA. Data analysis was performed by Principal Component Analysis (PCA). By estimating the IIA used in this evaluation, it is concluded that no risks of soil contamination by nitrogen and phosphorus were detected, and that the risk of contamination due to pesticide use was low in light vegetable farms (of green leaves) and high in those where they included potato cultivation. In general, the fifteen horticultural farms evaluated in the study area presented similar values compared to the values of the three theoretical models designed, which means an acceptable environmental impact for this type of production.

Additional keywords: periurban, horticulture, models, reference values.

RESUMEN

Matoff, E.; Frank, F. y Mitidieri, M. 2022. Indicadores de impacto ambiental en establecimientos hortícolas del área periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. *Horticultura Argentina* 41 (104): 60-83.
<http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/a5iw7ss40>

Los indicadores de impacto ambiental (IIA) resumen información relevante, volviendo visibles fenómenos de interés para cuantificarlos, medirlos y publicarlos. El AgroEcoIndex® es un sistema diseñado en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria para producciones extensivas de la región pampeana. Actualmente, se está adaptando dicho sistema a las producciones hortícolas, el cual se denomina AgroEcoIndex periurbano (AEIp), que podría convertirse en una herramienta valiosa para evaluar el impacto ambiental y acompañar procesos de mejora en los establecimientos hortícolas. Los objetivos del trabajo son evaluar quince establecimientos hortícolas comerciales cercanos a la ciudad de Córdoba y generar

valores de referencia para tres modelos productivos (convencional a campo, convencional intensivo y agroecológico), a partir del aporte académico de expertos del sector hortícola de la zona, para así comparar los IIA. El análisis de datos se realizó mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP). Mediante la estimación de los IIA utilizados en esta evaluación, se concluye que no se detectaron riesgos de contaminación del suelo por nitrógeno y fósforo, y que el riesgo de contaminación por uso de plaguicidas, fue bajo en establecimientos donde se realizan especies hortícolas livianas (de hojas verdes) y alto en las que incluían el cultivo de papa. En general, los quince establecimientos hortícolas evaluados en la zona de estudio presentaron valores similares comparados con los valores de los tres modelos teóricos diseñados, lo cual significa un impacto ambiental aceptable para este tipo de producciones.

Palabras claves adicionales: periurbano, horticultura, modelos, valores referencia.

1. Introducción

Debido a la creciente preocupación de la sociedad por el efecto que causarían las prácticas agrícolas cercanas a zonas urbanas, surge la necesidad de realizar trabajos con base académica científica donde se evalúe el Impacto Ambiental de las producciones intensivas ya que en la actualidad nos encontramos frente a la ausencia de este tipo de información. No existen evidencias ni a favor ni en contra, del impacto sobre el ambiente que generan las prácticas agrícolas de los productores hortícolas del cinturón verde de la ciudad de Córdoba.

A partir de la década de los noventa, muchas han sido las publicaciones sobre temas referidos a la sustentabilidad y por consiguiente a indicadores de impacto ambiental e indicadores de desarrollo sostenible. Gallopín (2006) señala que los indicadores deseables son variables que resumen, o de alguna manera, simplifican información, hacen visible o perceptible fenómenos de interés, y cuantifican, miden y comunican información relevante. Explica a su vez, que los indicadores pueden adoptar distintos valores o estados, para contribuir a establecer umbrales, estándares, normas, metas o valores de referencia.

Del mismo modo, Quiroga (2009), menciona que los indicadores ambientales y de desarrollo sostenible, constituyen un sistema de señales claras y oportunas sobre un determinado proceso

ambiental; y que constituyen un sistema de información selecta que permite a los actores, comunidades de territorios específicos y a los países, según sea el caso, evaluar su progreso en cuanto a determinadas metas o establecer niveles observados en un año base.

Los indicadores ambientales, al igual que los económicos y sociales, permiten que los distintos actores y usuarios puedan compartir una base común de información cuantitativa, selecta, procesada, descrita y contextualizada. Así, se facilita la objetivación de los procesos que es pertinente considerar a la hora de evaluar, tomar decisiones, e intervenir (Quiroga, 2009).

El programa AgroEcoIndex® es un soporte informático, basado en hojas de cálculo de Microsoft Excel®, que contiene indicadores de gestión ambiental especialmente diseñados para empresas agropecuarias de la pampa húmeda argentina. El mismo consiste en una serie de indicadores cuantitativos, diseñados para facilitar el diagnóstico y la interpretación de procesos críticos en los agroecosistemas, con el objetivo de mejorar la capacidad de decisión del productor agropecuario. Se evalúan 18 indicadores ambientales: porcentaje de cultivos anuales, uso de energía fósil, producción de energía, eficiencia de uso de la energía fósil, balances de N y P, cambio en el stock de C del suelo y de la biomasa leñosa, riesgo de contaminación por N y P, riesgo de contaminación por plaguicidas, erosión del suelo, balance de gases Invernadero, consumo de agua, eficiencia en el uso del agua, relación lluvia-energía producida, intervención del hábitat, impacto sobre el hábitat y agrobiodiversidad (Viglizzo *et al.*, 2006).

El AgroEcoIndex®, está diseñado, validado y calibrado para operar sobre establecimientos agropecuarios tradicionales en la región pampeana de Argentina. En el caso de intentar analizar unidades distintas a los sistemas de producción antes mencionados como, por ejemplo: frutales, hortalizas, ganaderías no tradicionales, etc., o de intentar evaluar establecimientos en otras regiones (u otros países), es necesario realizar algunos ajustes antes de utilizarlo (Frank, 2007). 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.*, 2017). 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.

En la actualidad, el AEIp está siendo utilizado en algunos establecimientos hortícolas de las provincias de Buenos Aires, Chaco y Córdoba. Paralelamente, se trabaja en la validación de los resultados obtenidos, y en la obtención de valores de referencia para comparar futuras evaluaciones. Por ejemplo, el Sistema AEIp ha sido utilizado para evaluar el impacto del reemplazo del bromuro de metilo por la técnica de biosolarización, en una producción de tomate bajo cubierta, en un predio de la localidad de Zárate. Este trabajo sirvió para cuantificar cambios en el nivel de riesgo de contaminación por plaguicidas; consumo y eficiencia en el uso de energía fósil (Pagliaricci *et al.*, 2016).

En este contexto se evidencia la importancia de contar con un sistema de indicadores que evalúen el desempeño ambiental de los predios. La aplicación de los mismos en un número representativo de establecimientos, podría conducir a obtener estimaciones regionales y aportar herramientas para la planificación territorial. Concretamente, el desarrollo del sistema AEIp podría ser un modelo útil para aplicar en esta situación. El mismo se ha utilizado en la evaluación de sistemas de producciones hortícolas de las localidades de La Plata, Zárate, Colonia Caroya y cinturón verde de la ciudad de Córdoba.

El uso del AEIp para evaluar procesos de mejoras o comparar el desempeño de productores de un mismo territorio, requiere contar con valores de referencia que permitan arribar a conclusiones respecto a los resultados de los relevamientos que se realicen. Los valores de referencia deberían surgir del conocimiento de sistemas productivos locales y las condiciones ecológicas en que se desarrollan. Los mismos deberían ser elaborados por expertos en el tema,

donde queden reflejados criterios productivos compatibles con los problemas y oportunidades que enfrentan los productores de la zona. (Bockstaller & Girardin, 2003).

Se plantearon los siguientes objetivos de trabajo:

Evaluar el desempeño ambiental de quintas hortícolas del cinturón verde de Córdoba mediante el modelo AEIp.

Diseñar modelos productivos hortícolas adaptados a las características de la zona que permitan calcular los valores de referencia para los indicadores del AEIp.

2. Materiales y métodos

2.1. Cinturón verde de Córdoba:

Según Marinelli (2020), “el Cinturón Verde (CV) de la ciudad de Córdoba es el área de producción de alimentos de proximidad a la ciudad capital. El CV se encuentra en la interfaz rural-urbana, es decir, en el territorio comprendido entre el conglomerado urbano y la zona rural extensiva. Dicha interfaz abarca alrededor de 180.000 ha e incluye parte de la región metropolitana de Córdoba y el área histórica de riego y de uso hortícola alrededor de la ciudad”. En esta zona se han identificado 1649 hectáreas (1%) de producción de especies hortícolas, y 839 hectáreas (0.5%) de superficie bajo cubierta: antigranizo, media-sombra e invernaderos. (Figura 1). En los establecimientos ubicados en zona nor-este se producen generalmente hortalizas livianas (de hoja verde) como ser lechuga, acelga, espinaca, perejil, rúcula, achicoria, cebolla de verdeo, puerro, remolacha, brócoli, coliflor, repollo, berenjena, tomate, pimiento, etc., al sur de la ciudad encontramos establecimientos dedicados a la producción de papa, zanahoria y maíz dulce.

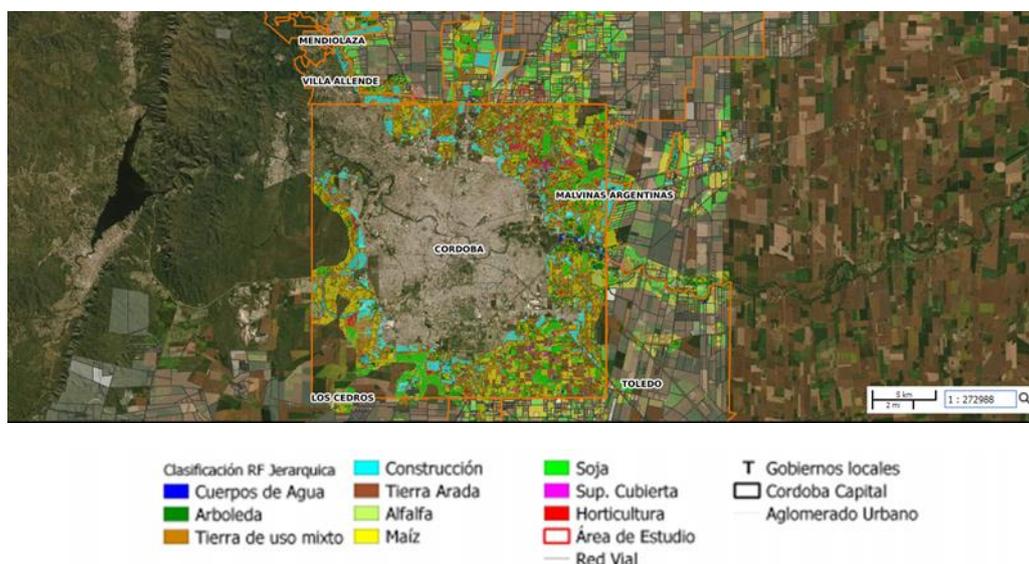


Figure 1: Land use and coverage map-Periurban Big Córdoba, Argentina. 2019.IG (CONAE-UNC)-INTA-CONICET.

Figura 1: Mapa de cobertura y uso del suelo-Periurbano Gran Córdoba, Argentina. 2019.IG (CONAE-UNC)-INTA-CONICET.

En general, la producción se realiza a campo y el riego es por surco, el mismo proviene del sistema de riego por acequia o se extraen de pozos privados. Los más tecnificados realizan trasplante de algunas especies, en surcos con riego por goteo y bajo estructuras de media sombra. Sólo algunos utilizan estructura de invernadero. Con respecto al manejo fitosanitario

de los cultivos, utilizan productos químicos habilitados para tal fin, las aplicaciones son con mochila para las hortalizas livianas y con pulverizadoras para las hortalizas pesadas debido a la mayor extensión de las parcelas. Existen productores que hacen manejo agroecológico, sin aplicación de agroquímicos; se conocen experiencias donde se han utilizado controladores biológicos. La fertilización se realiza en forma química u orgánica, mediante la utilización de guanos y compost. Así, es posible observar una amplia variabilidad de sistemas de producción de hortalizas, pudiendo suponer que algunos causan menor impacto al ambiente y otros mayores (Matoff *et al.*, 2017).

Aproximadamente el 80 % de los productores comercializa a través del mercado de abasto de la ciudad y del mercado de abasto de Malagueño; de allí se distribuye a la ciudad de Córdoba y localidades aledañas. También hay productores que comercializan a través de ferias agroecológicas o directamente a distribuidores mayoristas.

2.2. Entrevistas AgroEcoIndex periurbano:

En el Mercado de Abasto de Córdoba, están registrados 263 productores de la zona que ingresan a comercializar sus productos. Ese listado se utilizó como base para seleccionar a quien se les iba realizar la encuesta AEI y la extracción de muestras de suelo. Se realizó un muestreo aleatorio estratificando por la ubicación geográfica del establecimiento y tipo de producción que realiza (hortalizas livianas y pesadas).

Se seleccionaron quince establecimientos productivos distribuidos según densidad en la zona: dos en zona de norte de la ciudad de Córdoba, barrio Guiñazú; diez en zona nor-este, Villa Esquiú y tres en zona sur, barrio Coronel Olmedo (Figura 2. A y B). Los mismos están identificados con la abreviación P (Producción) y el número correspondiente, P1 al P15

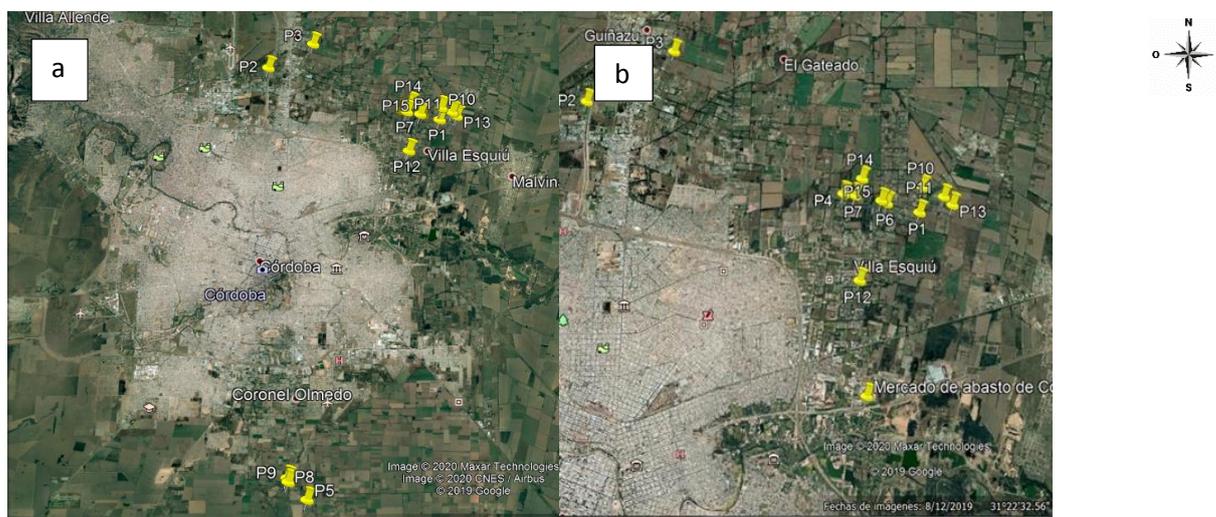


Figure 2. a y b: A. Photo of the city of Córdoba showing the location of the fifteen productive establishments surveyed (P1 to P15). B. Detail of the Villa Esquiú neighborhood, where the largest number of surveyed establishments is concentrated. Córdoba, Argentina. 2019. Google maps.

Figura 1. a y b: A. Foto de la ciudad de Córdoba donde se ve la ubicación de los quince establecimientos productivos encuestados (P1 a P15). B. Detalle de barrio Villa Esquiú, donde se concentra la mayor cantidad de establecimientos encuestados. Córdoba, Argentina. 2019. Google maps.

Durante el primer semestre del año 2018, se visitó personalmente a los productores seleccionados e informó sobre el estudio que se pensaba realizar, y si estaban dispuestos a colaborar con el mismo. A la entrevista se asistió con la encuesta estructurada impresa “Planilla Inicial para relevamiento de datos AEIp” que se encuentra disponible dentro de las planillas Excel del programa (Figura 3).



Figure 3: Conducting interviews with producers in horticultural establishments. Córdoba, Argentina. 2018. Matoff, E.

Figura 3: Realización de entrevistas a productores hortícolas en los establecimientos. Córdoba, Argentina. 2018. Matoff, E.

En la entrevista se indagó al productor en forma verbal sobre las características del establecimiento, 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.

La información recabada se procesó y ajustó a los parámetros solicitados y se cargó en las planillas Excel del programa AEIp Este programa devuelve dicha información procesada través de los valores de dieciocho indicadores mencionados en Tabla 1 para cada sistema de producción.

Table 1: Environmental impact indicators calculated by AEIp and its units of measurement. Argentina, 2021.

Tabla 1: Indicadores de impacto ambiental calculados por AEIp y sus unidades de medida. Argentina, 2021.

Código	Indicador	Unidad
Ind1	Consumo de energía fósil	MJ EF/m ² /año
Ind2	Consumo de energía humana	MJ EH/m ² /año
Ind3	Consumo de energía total	MJ E/m ² /año
Ind4	Relación entre energía fósil y humana	MJ EF/ MJ EH
Ind5	Producción de energía	MJ E/m ² /año
Ind6	Ingresos estandarizados	\$
Ind7	Eficiencia de uso de la energía fósil	MJ E/MJ EF
Ind8	Eficiencia de uso de la energía total	MJ E/MJ EF+EH
Ind9	Relación entre energía fósil e ingresos	\$/MJ EF
Ind10	Relación entre energía total e ingresos	\$/MJ EF+EH
Ind11	Balance de Nitrógeno	kg/m ² /año
Ind12	Balance de Fósforo	kg/m ² /año
Ind13	Riesgo de contaminación por N	mg/L
Ind14	Riesgo de contaminación por P	mg/L
Ind15	Riesgo de contaminación por plaguicidas	Índice Relativo
Ind16	Consumo de agua	mm/año
Ind17	Relación consumo de agua-energía producida	MJE/mm
Ind18	Relación consumo de agua-ingresos	\$/mm

Descripción de los indicadores del AEIp (Frank, 2014).

1. Consumo de energía fósil (MJ/m²/año): conversión de todas las actividades, insumos e infraestructura que consumen combustible fósil (uso de tractor, fertilizantes, motor eléctrico, etc.). Por ejemplo, considera el uso de fertilizantes, no por el fertilizante en sí, sino por el consumo de combustible fósil que implica fabricar el fertilizante. Los factores de conversión se encuentran disponibles dentro del sistema.

2. Consumo de energía humana (MJ/m²/año). Este también es un indicador específico de lo intensivo donde el trabajo humano se hace más relevante. Es un indicador de consumo de energía no asociada a contaminación sino todo lo contrario. Es la suma de las actividades de aplicaciones de abonos, plaguicidas, fertilizantes y las labores de mantenimiento de cultivo diarias. Los factores de conversión se encuentran disponibles dentro del sistema.

3. Consumo de energía total (MJ/m²/año). Es la suma del consumo de energía fósil y el consumo de energía humana.

4. Relación energía fósil y humana. Es el cociente entre el consumo de energía fósil y el consumo de energía humana.

5. Producción de energía. Es la suma de la conversión de los productos obtenidos en el año de evaluación a su valor energético, se expresa en MJ/ha/año. Los factores de conversión se encuentran disponibles dentro del sistema.

6. Ingresos estandarizados (\$). Es la suma de la producción anual de todos los cultivos expresada como ingreso estándar. El ingreso estándar es un valor relativo de los ingresos que

no tiene en cuenta la estación de año, la inflación, incidencias de mercado, etc. Los ingresos estándar de cada cultivo se encuentran disponibles dentro del sistema.

7. Eficiencia en el uso de la energía fósil. Es la relación entre el consumo de energía fósil y la producción de energía (MJ E/MJ EF).

8. Eficiencia de uso de la energía total. Es la relación entre el consumo de energía total y la producción de energía (MJ E/MJ EF+EH).

9. Relación entre energía fósil e ingresos (\$/MJ). Es la relación entre el consumo de energía fósil y la producción de ingresos estandarizados.

10. Relación entre energía total e ingresos (\$/MJ). Es la relación entre el consumo de energía total y la producción de ingresos estandarizados.

11. Balance de Nitrógeno (kg/m²/año). Es la diferencia entre las entradas y las salidas de N. Los valores de conversión para cada cultivo se encuentran disponibles dentro del sistema.

12. Balance de P (kg/m²/año). Es la diferencia entre las entradas y las salidas de P. Los valores de conversión para cada cultivo se encuentran disponibles dentro del sistema.

Los riesgos por contaminación por N y P se miden en función del consumo de agua. Se calculan si el balance hídrico determina exceso de uso de agua. Si el Balance hídrico resulta negativo no se calcula.

13. Riesgo de contaminación por N (mg/L). Surge de la relación entre el balance de N y el consumo de agua anual medido en litros.

14. Riesgo de contaminación por P (mg/L). Relación entre el balance de P y el consumo de agua anual medido en litros.

15. Riesgo de contaminación por plaguicidas. Se consideran las características del plaguicida: toxicidad, solubilidad, absorción por la materia orgánica del suelo, vida media del plaguicida y presión de vapor. Además, considera el método de aplicación y si es en invernáculo o al aire libre. Los valores de cada característica para cada plaguicida y método de aplicación se encuentran disponibles dentro del sistema.

16. Consumo de agua (mm/año). Se considera el riego, las precipitaciones, la evapotranspiración y retención de agua de la zona agroecológica. Estos valores son provistos por el sistema.

17. Relación entre la energía producida y consumo de agua. Mide la eficiencia en el uso de agua, cuanta energía (MJ) se generan por mm de agua utilizado.

18. Relación entre los ingresos y el consumo de agua (\$/mm). Mide la eficiencia en el uso de agua en relación al ingreso monetario, es decir cuánto es el ingreso por cada mm utilizado.

2.3. Diseño de modelos hortícolas:

Se diseñaron tres modelos, basados en tres tipos de producciones hortícolas que existen actualmente en la zona estudiada, los mismos son, rentables económicamente, sustentables desde el punto de vista ambiental y factible de ser realizados en el cinturón verde de la ciudad de Córdoba. Para la construcción de estos modelos se organizaron dos talleres con expertos en el tema. Los modelos construidos para obtener los resultados de sus indicadores fueron:

1. Modelo agroecológico (MAE)
2. Modelo convencional a campo (MCC)
3. Modelo convencional intensivo (MCI)

2.3.1 Taller 1: Modelo Agroecológico (MAE):

Este modelo se construyó a partir de un taller que se organizó con la participación de técnicos de la Agencia de Extensión Rural (AER) del INTA Córdoba, referentes en agroecología y un

técnico referente en horticultura de la Municipalidad Colonia Caroya y docente en la Facultad de Ciencias Agropecuarias- Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC).

A los participantes del taller, se les dio la consigna de diseñar un sistema de producción hortícola agroecológico, rentable y sustentable en el tiempo y factible de ser realizado en el cinturón verde de la ciudad de Córdoba. Para el mismo se definieron hectáreas de producción, cultivos a realizar, ciclos de producción, insumos para el control de plagas, fertilización, labores culturales, infraestructura necesaria, sistema de riego. El resultado de este taller fue el diseño del MAE.

En el mismo se acordó, que el modelo constaría de un 30 % de la superficie bajo sombráculo, con riego por goteo y trasplante de plantín. Se eligieron quince especies hortícolas, debido a que en estos sistemas es muy importante contar con una gran variedad de productos para comercializar y de especies en el cultivo para preservar la biodiversidad; lechuga mantecosa (*Lactuca sativa* var. *capitata*), lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*), achicoria (*Cichorium intybus*), rúcula (*Eruca vesicaria* ssp. *sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*), acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*), cebolla de verdeo (*Allium fistulosum*), apio (*Apium graveolens*), perejil (*Petroselinum crispum*), remolacha (*Beta vulgaris*), zapallito verde (*Cucurbita maxima* var. *zapallito*), habas (*Vicia faba*), calabacín (*Cucurbita moschata* 'Butternut') y berenjena (*Solanum melongena*). Para el control de plaga se consideraron productos biológicos y preparados caseros; la fertilización a base de compost de cama de pollo y fertilizantes biológicos.

Para calcular los requerimientos hídricos de los cultivos se consideró la evapotranspiración real (ETr) teniendo en cuenta la evapotranspiración de referencia para un cultivo en la zona (Eto), (Weirg, Arce y Arce, 2004; Morábito et al., 2015), multiplicado por el coeficiente del cultivo (Kc). La expresión resultante se presenta en (1)

$$(1) ETr = Eto \times Kc$$

Se estimó un promedio de ETr de los cultivos durante el año, (125-150 mm/mes) y se supuso un 100 % de eficiencia para riego por goteo y 50 % de eficiencia para riego por surco.

La información elaborada se trasladó a las planillas del programa AEIp, y se obtuvieron los resultados de los indicadores para este sistema productivo.

2.3.2 y 2.3.3. Taller 2. Modelo convencional a campo (MCC) y convencional intensivo (MCI):

En este taller participó el director del Mercado de Abasto y jefe de Cátedra de Horticultura FCA-UNC.; un productor hortícola del cinturón verde, técnico de la Asociación de Productores Hortícolas de Córdoba, promotor grupo Cambio Rural, y con actividad en el sector privado.

La consigna de este taller, al igual que para el sistema agroecológico, fue diseñar un sistema hortícola aplicable a las características productivas del cinturón verde, que resulte rentable económicamente y sustentable ambientalmente. Al igual que en el taller uno (1), se dieron los ítems a ser trabajados y los cultivos que tenían que estar incluidos, rotaciones, plagas y control de las mismas, fertilización química y orgánica, labores culturales del suelo, etc. Los resultados de este taller fue el MCC y MCI.

Para seleccionar los cultivos que deben estar en la planificación, se partió de una lista de los productos que se cultivan en el cinturón verde, pero se definió, que había que realizar el estudio de margen bruto de cada uno de ellos para establecer una lista de prioridad de 8-10 productos principales, de los 16-18 que se encuentran habitualmente cultivados.

Se realizó el estudio de margen bruto de todos los cultivos y se seleccionaron las doce especies de mayor margen bruto y volumen comercializado; lechuga mantecosa (*Lactuca sativa* var. *capitata*), lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*), rúcula (*Eruca vesicaria* ssp. *sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*), acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*), brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*), cebolla de verdeo (*Allium fistulosum*), apio

(*Apium graveolens*), perejil (*Petroselinum crispum*), remolacha (*Beta vulgaris*), zapallito verde (*Cucurbita maxima* var. *zapallito*). Se tomaron los rendimientos medios de la zona y los precios publicados en la página del Mercado Central de Buenos Aires, ya que en el Mercado de Abasto de Córdoba no hay registro de esta información.

Para control de plagas se dispuso el uso de productos biológicos disponibles en el mercado (Trichoderma, Spinosat, Bacillus thuringiensis); agroquímicos solo de grupos III y IV autorizados por SENASA para su aplicación en la especie hortícola determinada. Listado fitosanitarios - SENASA (2019). La fertilización se calculó en base de los rendimientos de los cultivos, (Ferrato *et al.*, 2010) y se utilizó compost de cama de pollo, urea y fertilizante compuesto según requerimientos propio de cada cultivo.

Se acordó un modelo convencional a campo (MCC) y un modelo convencional intensivo (MCI). Ambos se practican actualmente en la zona. El MCC consiste en riego de los cultivos por surcos, con trasplante de algunas especies, solo las de mayor valor del plantín. En el MCI se plantea que el 30% de la superficie cultivada esté protegida con malla antigranizo, tenga riego por goteo y mulch plástico y que se realice trasplante de las especies que allí se cultiven. De esta manera se obtiene más calidad, rendimiento y utilización del suelo con protección ante inclemencias climáticas. El resto de la superficie a campo y con sistema de riego por surcos.

Para calcular el agua suministrada por riego, se utilizó el mismo criterio que en modelo agroecológico antes mencionado.

La información de los modelos teorizados se volcó a las planillas del programa AEIp con lo que se obtuvieron los resultados de los indicadores utilizados como valores de referencia.

2.4. Comparación de establecimientos productivos hortícolas reales con los valores de referencia obtenidos mediante modelos teóricos diseñados:

Para la comparación de los sistemas de producción se incluyeron en el análisis los indicadores de energía, contaminación y agua del sistema AEIp (Tabla 2):

2.4.1. Energía: siendo los indicadores del 7 al 10; Eficiencia de uso de energía fósil, Eficiencia de uso de la energía total, Relación entre energía fósil e ingresos.

2.4.2. Contaminación: Balance de nitrógeno, Balance de fósforo, Riesgo de contaminación por nitrógeno, Riesgo de contaminación por fósforo, Riesgo de contaminación por plaguicidas.

2.4.3. Agua: Consumo de agua, Relación consumo de agua-energía producida.

Se analizaron principalmente los indicadores de contaminación ambiental, debido a que son los aspectos más cuestionados por estos días, en relación a la producción hortícola.

Con los datos de los indicadores generados por el AEIp de los sistemas de producciones reales, de los quince productores entrevistados y los de los tres modelos de producción generados en los talleres, se realizó un Análisis de Componentes Principales ACP, (Johnson & Wichern, 1998) para conocer la variabilidad entre sistemas reales y los modelos diseñados. Los mismos se representaron en el plano conformado por las dos primeras componentes principales y se analizó su dispersión. Además, para comparar cada indicador con el valor de los modelos se realizaron gráficos de barra. Para mejorar la interpretación de los resultados del ACP, se ajustó un Árbol de Recorrido Mínimo (ARM) sobre el espacio multidimensional y se graficó en el plano de las dos primeras componentes principales (Arroyo *et al.*, 2005). El ajuste del análisis estadístico propuesto y los gráficos presentados se realizaron con el programa de análisis de datos InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2016).

Tabla 2: Indicators of the AEIp system used for the comparison of horticultural farms. Argentina, 2021.

Tabla 2: Indicadores del sistema AEIp utilizados para la comparación de sistemas productivos hortícolas. Argentina, 2021.

Tipo	Número	Indicador	Unidades
Energía	Ind7	Eficiencia de uso de la energía fósil	MJ E/ MJ
	Ind8	Eficiencia de uso de la energía total	MJ E/ MJ
	Ind9	Relación entre energía fósil e ingresos	\$/ MJ EF
	Ind10	Relación entre energía total e ingresos	\$/ MJ
Contaminación	Ind11	Balace de Nitrógeno	kg/m ² /año
	Ind12	Balace de Fósforo	kg/m ² /año
	Ind13	Riesgo de contaminación por N	mg/L
	Ind14	Riesgo de contaminación por P	mg/L
	Ind15	Riesgo de contaminación por plaguicidas	Índice
Agua	Ind16	Consumo de agua	mm/año
	Ind17	Relación consumo de agua-energía producida	MJ E/mm

El ACP, se clasifica dentro del análisis multivariado, como una técnica de reducción de dimensión, es decir pasar la variabilidad de un espacio multidimensional a un espacio bidimensional (el plano). Además, hace posible describir, en ese plano, la variabilidad entre las observaciones, las variables y las interrelaciones entre variables y observaciones. Por la forma de construcción de las componentes principales, las dos primeras son las que mayor variabilidad explican, por lo tanto, el plano formado por estas dos, es el que representa la máxima variación explicada con dos ejes. La forma de interpretación más adecuada de dicho plano es primero considerar las proyecciones sobre el eje horizontal, los casos ubicados en el extremo, derecho o izquierdo, nos muestran los casos más diferentes entre sí. En el eje vertical, los ubicados más arriba, o los que encontramos más hacia abajo, también nos muestran mayores diferencias entre esos casos. Los puntos que se ubican en una zona central, indican alta similitud entre casos (Balzarini *et al.*, 2005).

3. Resultados y discusión

3.1. Características de los establecimientos productivos hortícolas reales:

En la Tabla 3 se presentan las principales características de los establecimientos productivos entrevistados. En su mayoría (diez de quince) pertenecen a la zona nor-este, por ser la zona con más número de establecimientos hortícolas, dos en la zona norte y tres en el sur de la ciudad de Córdoba. Son productores de origen argentino (9) y boliviano (6). Las superficies de producción en su mayoría son entre 4 y 6 ha, dos productores tienen alrededor de 15 ha y otros dos, superan las 25 ha. En general, son establecimientos de producción de hortalizas livianas (también llamadas de hojas verdes o frescas), salvo dos productores que producen hortalizas pesadas (papa). El número de cultivos promedio es de ocho teniendo como extremos uno y quince cultivos. La producción se realiza a campo salvo dos producciones que tienen sombráculo/media-sombra y un productor que tiene invernáculo (Figura 4). El riego es mayoritariamente por surco (Figura 5) y algunos utilizan riego por goteo, no utilizando otros sistemas de riego. El valor de "Riesgo por uso de plaguicidas" se obtiene del indicador del modelo AEIp "Riesgo de contaminación por el uso de plaguicidas"

Table 3: Characteristics of the horticultural production establishments that were evaluated with the AEIp system in Córdoba, Argentina. 2019.

Tabla 3: Características de los establecimientos productivos hortícolas que fueron evaluados con el sistema AEIp en Córdoba, Argentina. 2019.

	Zona	Origen productor	Superf · /ha.	Produce hortalizas	N° Cultivos realiza	Infra-estructura	Sistema de riego	Fertilización	Riesgo por uso de plaguicidas
P1	Nor-Este	Boliviano	6	Liviana	9	A campo	Surco	Química y orgánica	2,5
P2	Norte	Argentino	4	Liviana	4	A campo	Surco	Química y orgánica	0,08
P3	Norte	Argentino	3	Liviana	3	A campo	Surco	Química y orgánica	0,25
P4	Nor-Este	Argentino	3	Liviana	6	A campo	Surco	Química y orgánica	2,6
P5	Sur	Argentino	16	Livianas y pesada	14	A campo	Surco	Orgánica	0
P6	Nor-Este	Boliviano	14	Liviana	9	A campo	Surco	Química	1,8
P7	Nor-Este	Argentino	5,5	Liviana	8	A campo/ sombrero	Surco/goteo	Químico y orgánica	0,85
P8	Sur	Boliviano	6	Liviana	13	A campo	Surco	Química y orgánica	0,44
P9	Sur	Boliviano	6	Liviana	13	A campo	Surco	Química y orgánica	0,45
P10	Nor-Este	Argentino	27	Liviana	8	A campo/ Sombrero	Surco/goteo	Química y orgánica	0,4
P11	Nor-Este	Argentino	33	Pesada	1	A campo	Surco	Química y orgánica	135
P12	Nor-Este	Boliviano	6	Liviana	15	A campo	Surco	Química y orgánica	0,9
P13	Nor-Este	Argentino	6	Liviana	6	A campo	Surco	Químico y orgánica	1,85
P14	Nor-Este	Argentino	5	Liviana	1	Invernadero	Goteo	Químico y orgánica	3
P15	Nor-Este	Boliviano	7	Liviana	9	A campo	Surco	Químico y orgánica	2,6

Respecto a los sistemas de fertilización y control de plagas: trece de los quince productores realizan fertilización tanto química como orgánica (guanos y compost), uno utiliza únicamente fertilización química y otro solo fertilización de tipo orgánica



Figure 4: Production under shade / medium shade, with transplanting of seedlings and drip irrigation in horticultural farms in Córdoba, Argentina. 2018. Matoff, E.

Figure 4: Producción bajo sombráculo/media-sombra, con trasplante de plantines y riego por goteo en quintas hortícolas de Córdoba, Argentina. 2018. Matoff, E.

3.2. Características de los modelos teóricos con los que se obtuvieron los valores de referencia:
Las características principales de los modelos teóricos generados en los dos talleres participativos se presentan en la Tabla 4. Para todos los modelos se consideró la producción de hortalizas livianas, a campo y riego por surco, con un 30 % de la superficie bajo sombráculo con riego por goteo.

Table 4: Characteristics of the theoretical models designed by experts in the sector. Córdoba, Argentina. 2019

Tabla 4: Características de los modelos teóricos diseñados por expertos del sector. Córdoba, Argentina. 2019.

	Superf. /ha.	Produce hortalizas	N° Cultivos	Infra-estructura	Sistema de riego	Ferti-lización	Riesgo por uso de plaguicidas
Modelo agroecológico	1	Liviana	15	A campo/ sombráculo	Surco/ Goteo	Orgánica	0
Convencional a campo	6	Liviana	12	A campo/ Sombráculo	Surco/ Goteo	Química/ orgánica	1,1
Convencional intensivo	6	Liviana	12	A campo/ Sombráculo	Surco/ Goteo	Química/ orgánica	0,6

3.3. Análisis de los indicadores de impacto ambiental obtenidos:

En la Figura 6 se presenta el diagrama de dispersión de las dos primeras componentes principales del ACP ajustados sobre los 15 sistemas productivos reales y los tres modelos teóricos y los doce indicadores del AEIp seleccionados para esta comparación. Con las dos primeras Componentes Principales generadas se explica el 63.9 % de la variabilidad global observada en el conjunto de datos.

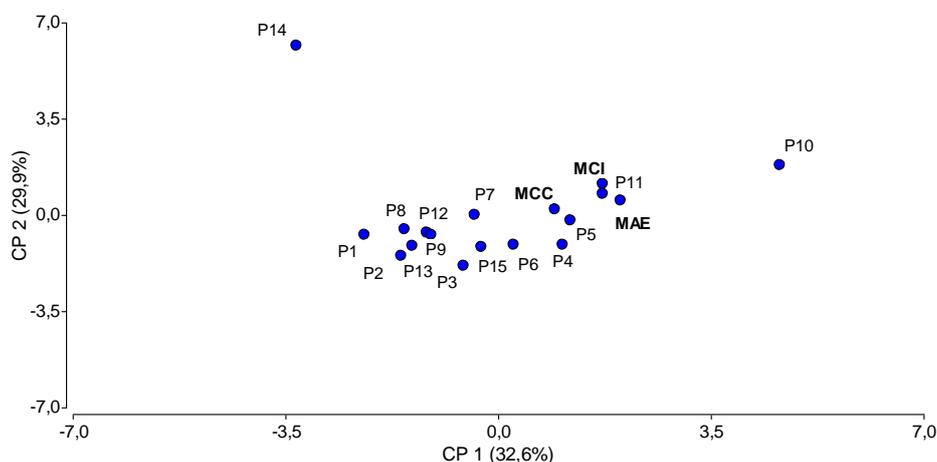


Figure 6: Scatter diagram of the productive systems P1 to P15 and of the theoretical models MCC, MCI, MAE on the first two main components of PCA made from eleven AEIp indicators. carried out in the peri-urban area of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 6: Diagrama de dispersión de los sistemas productivos P1 a P15 y de los modelos teóricos MCC, MCI, MAE sobre las dos primeras componentes principales de ACP realizado a partir de once indicadores AEIp, realizados en zona periurbana de Córdoba, Argentina. 2020.

Los tres modelos teóricos se encuentran en una posición central indicando que presentan valores medios similares, si los comparamos con el resto de los sistemas evaluados.

Los sistemas de producción que muestran mayor diferencia respecto a los demás son P10, P14 (Figura 6). Esta diferenciación se debe principalmente a las características productivas de estos sistemas. En P10 hacen mucho hincapié en la eficiencia productiva, obteniendo altos rindes por unidad de superficie. P14 se caracteriza por ser un sistema que tiene gran incorporación de tecnología (invernadero, mayas térmicas, riego por goteo, fertirrigación, etc.) en comparación con otros establecimientos de la zona. Estas características productivas los diferencian del resto de los establecimientos estudiados.

Para analizar individualmente los indicadores, se realizaron gráficos de barra con los datos de los quince sistemas hortícolas y los tres modelos teorizados. Se incluyó el valor promedio de los sistemas, que es un criterio que se utilizó para hacer comparaciones entre los establecimientos estudiados.

Respecto a la eficiencia en el uso de energía fósil (Ind7), los modelos teóricos tienen valores más bajos comparados con los sistemas estudiados (Figura 7). Este indicador se calcula a partir de la relación entre el consumo de energía fósil ($\text{Ind1} = \text{MJ EF}/\text{m}^2/\text{año}$) y la producción de energía ($\text{Ind5} = \text{MJ E}/\text{m}^2/\text{año}$). La producción de energía es considerada a partir de la energía que tienen los productos que salen del establecimiento. Un alto valor en el indicador 7 indica baja eficiencia, mientras que, valores bajos del Ind7 indican alta eficiencia en el uso de energía fósil.

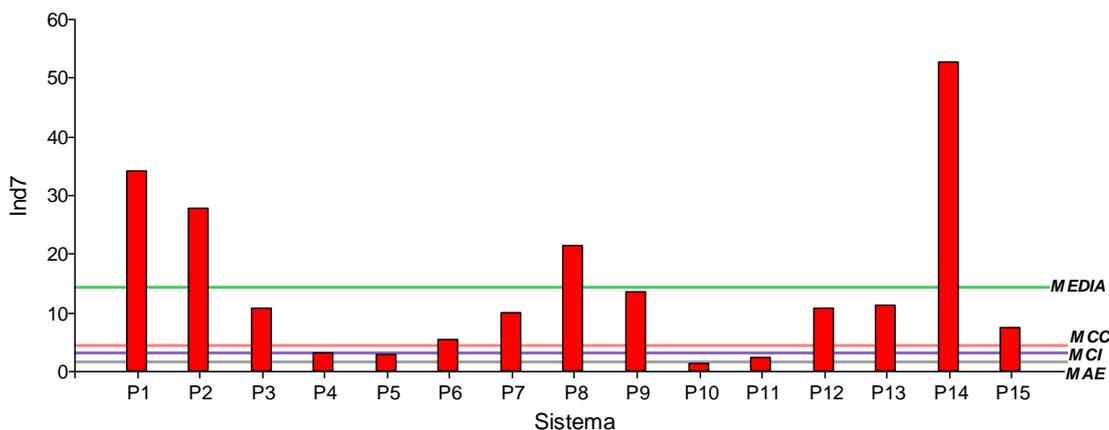


Figure 7: Results of Efficiency of use of fossil energy (Indicador7: MJ E / MJ EF) for each production system. Cut lines are observed representing the value registered for the indicator, from top to bottom, for the mean, MCC, MCI and MAE. Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 7: Resultados de Eficiencia de uso de la energía fósil (Indicador7: MJ E/MJ EF) para cada sistema de producción. Se observan líneas de corte que representa el valor registrado para el indicador, de arriba a abajo, para la media, MCC, MCI y MAE. Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

El Indicador 8 mide la eficiencia en el uso de la energía total. Los modelos teóricos presentan buena eficiencia en el uso de la energía total, salvo en dos establecimientos (P10 y P11) que la eficiencia en el uso de la energía es mayor debido a que en estos establecimientos hay altos rendimientos de producción (Figura 8).

El sistema P11 es el único sistema estudiado donde se realiza producción de papa, con lo que la energía producida también es alta, teniendo en cuenta que el indicador considera la energía contenida en el producto que sale del establecimiento.

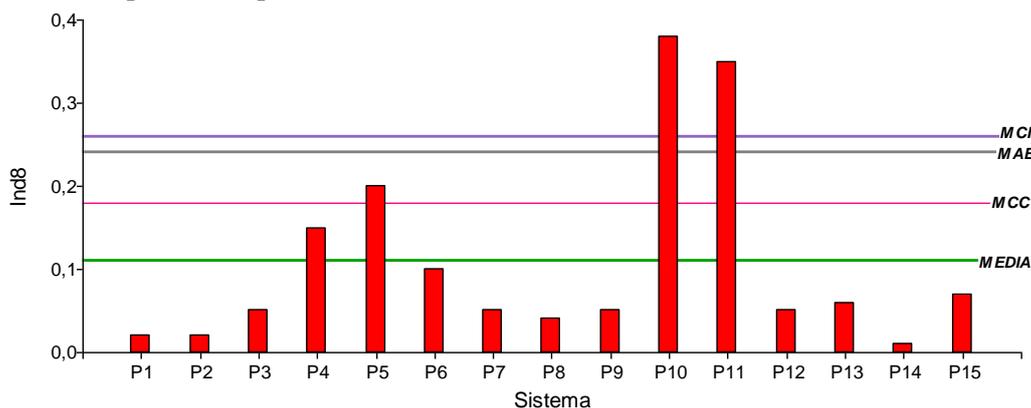


Figure 8. Total, energy use efficiency results (Indicador8: MJ E / MJ EF + EH) for each production system. The graph shows cut lines that represent the value registered for the indicator, from top to bottom, for MCI, MAE, MCC and the mean. Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 8. Resultados de Eficiencia de uso de la energía total (Indicador8: MJ E/MJ EF+EH) para cada sistema de producción. En el gráfico se observan líneas de corte que representan el

valor registrado para el indicador, de arriba a abajo, para MCI, MAE, MCC y la media. Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

En el indicador 9, relación entre uso energía fósil e ingresos por producción, el establecimiento P10 es el único que tiene mejor comportamiento comparado con los modelos teóricos (Figura 9).

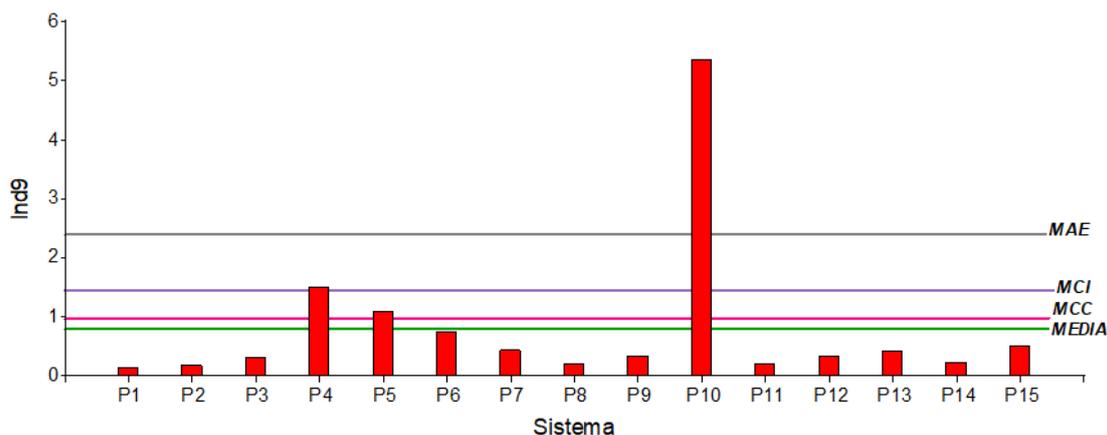


Figure 9. Results of the Relationship between fossil energy and income (Indicator9: \$ / MJ EF) for each production system. In the graph, the cut lines represent the value registered for the indicator, from top to bottom, for MAE, MCI, MCC and the mean. Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 9. Resultados de la Relación entre energía fósil e ingresos (Indicador 9: \$/MJ EF) para cada sistema de producción. En el gráfico las líneas de corte representan el valor registrado para en indicador, de arriba a abajo, para MAE, MCI, MCC y la media. Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

Como el indicador anterior esto se debe a los altos rendimientos productivos que se logran en el establecimiento. Igual comportamiento presenta el indicador 10, relación entre energía total e ingresos (Figura 10).

Los balances medios anuales de nitrógeno (N) y fósforo (P) por hectárea (kg/ha/año) se estiman a partir de un cálculo de la diferencia entre ingresos y egresos cuantificables de estos minerales en el establecimiento estudiado (metodología AEI). Para no degradar ni contaminar el suelo, el balance de nitrógeno debe ser lo más cercano a cero.

Los modelos teóricos mostraron valores de balance de N (Ind11) y balance de P (Ind12) apenas por encima de cero (0,01 kg/m2/ año). (Figuras 11 y 12). Con los valores propuestos en los modelos, no hay riesgo de contaminación por N ni por P y tampoco lo hubo en los establecimientos hortícolas reales evaluados ya que todos dieron 0.

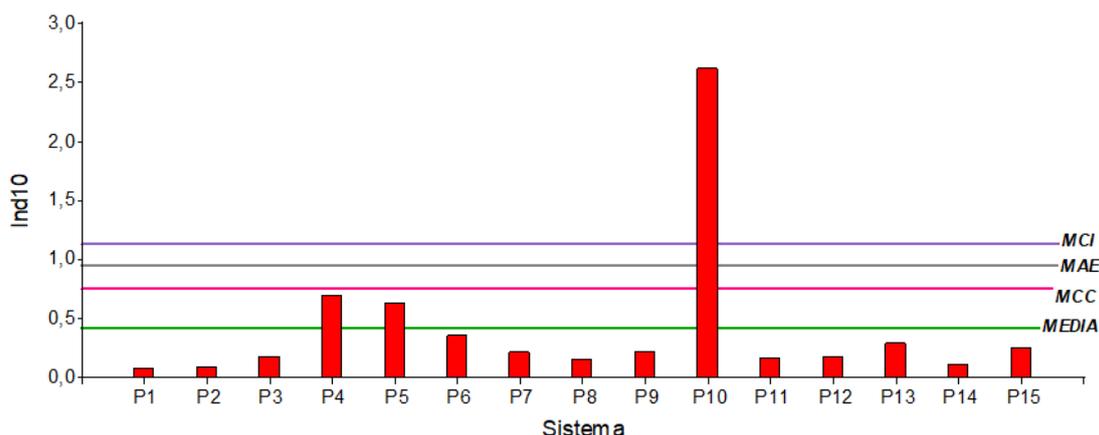


Figure 10. Results of the Relationship between total energy and income (Indicator 10: \$ / MJ EF + EH) for each production system. In each graph, the cut-off line represents the value registered for the indicator, from top to bottom, for MCI, MAE, MCC and for the mean. Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 10. Resultados de la Relación entre energía total e ingresos (Indicador 10: \$/MJ EF+EH) para cada sistema de producción. En cada gráfico la línea de corte representa el valor registrado para en indicador, de arriba a abajo, para MCI, MAE, MCC y para la media. Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

El balance de nitrógeno en los sistemas reales resultó mayor a cero en la mayoría de ellos. Mostrando el valor más alto, 0,26, el sistema P13 y cero los sistemas P4 y P10 (Figura 11).

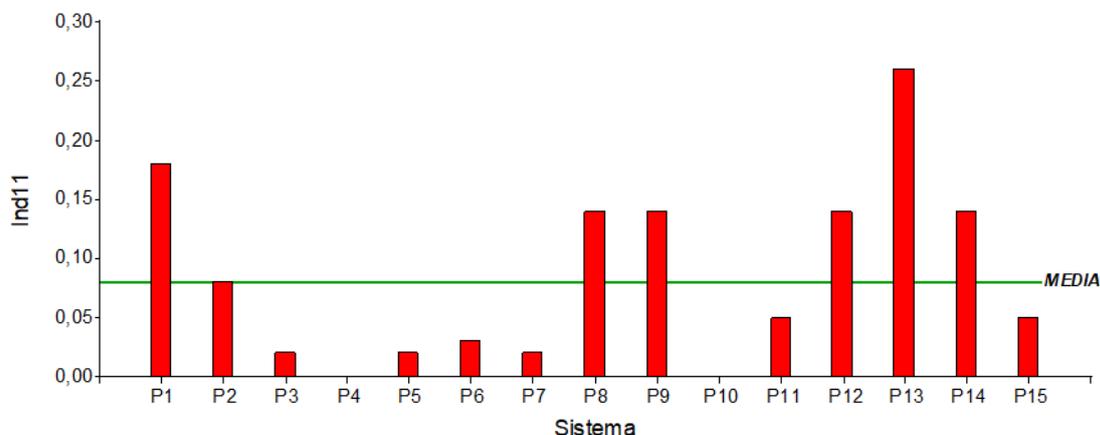


Figure 11. Results of the Nitrogen Balance (Indicator 11: kg / m2 / year) for each production system. In the graph, the cut line represents the value recorded for the mean. The value is zero for MCC, MCI, and MAE. Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 11. Resultados del Balance de Nitrógeno (Indicador 11: kg/m2/año) para cada sistema de producción. En el gráfico la línea de corte representa el valor registrado para la media. El valor es cero para MCC, MCI y MAE. Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

En el caso del Balance de P, los sistemas reales presentaron valores todavía más cercanos a cero, mostrando un máximo de 0,04 (P11 y P14) y un mínimo de cero (Figura 12).

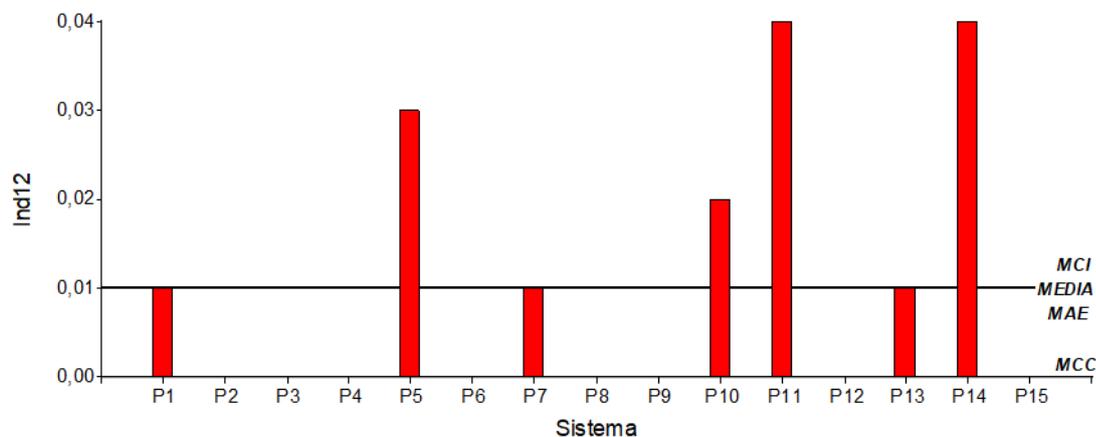


Figure 12. Results of the Phosphorus Balance (Indicator 12: kg/m /year) for each production system. In the graph, the cut-off line represents the mean value registered for the indicator. The value is zero (0) for MCI, MAE, MCC. Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 12. Resultados del Balance de Fósforo (Indicador 12: kg/m²/año) para cada sistema de producción. En el gráfico la línea de corte representa el valor de la media registrado para el indicador. El valor es cero (0) para MCI, MAE, MCC. Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

Debido al uso de cama de pollo es más difícil lograr un balance de fosforo neutro, este es principal motivo por el cual se ve acumulación de este elemento en los suelos de uso hortícola. (Prack Mc Cormick *et al.*, 2019).

El indicador 15: riesgo de contaminación por plaguicida, muestra que la media de los establecimientos censados, está cercana a 1.3, (Figura 13). Si exceptuamos de este análisis el dato la producción P11, en la cual se produce papa semilla y papa consumo, con alta utilización de agroquímicos.

Los modelos teóricos presentan un valor medio, de riesgo de contaminación por plaguicidas cercanos a 0.6 (MAE=0; MCC=1,11 y MCI=0,62), mientras que los sistemas de producción reales muestran un riesgo mínimo de cero y máximo 135 (P11, Figura 14).

Los indicadores 13 y 14; Riesgo de contaminación por N y Riesgo de contaminación por P, dieron valor cero (0) para todos los establecimientos hortícolas y para los tres modelos teóricos, por este motivo no se incorporan los gráficos de barra relacionados a estos indicadores.

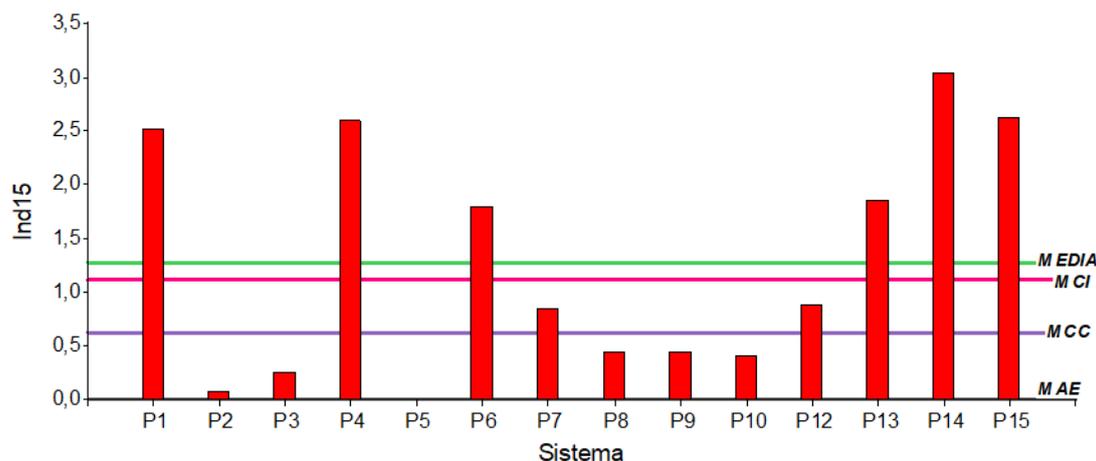


Figure 13. Results of the Risk of contamination by pesticides (Indicator 15: Relative Index) for each production system, the P11 data were excluded. In the graph, the cut-off line represents the value registered for the indicator, from top to bottom, for the mean, MCI, MCC and for the MAE, the value gives zero (0).

Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 13. Resultados del Riesgo de contaminación por plaguicidas (Indicador 15: Índice Relativo) para cada sistema de producción, se excluyeron los datos P11. En el gráfico la línea de corte representa el valor registrado para en indicador, de arriba a abajo, para la media, MCI, MCC y para el MAE, el valor da cero (0). Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

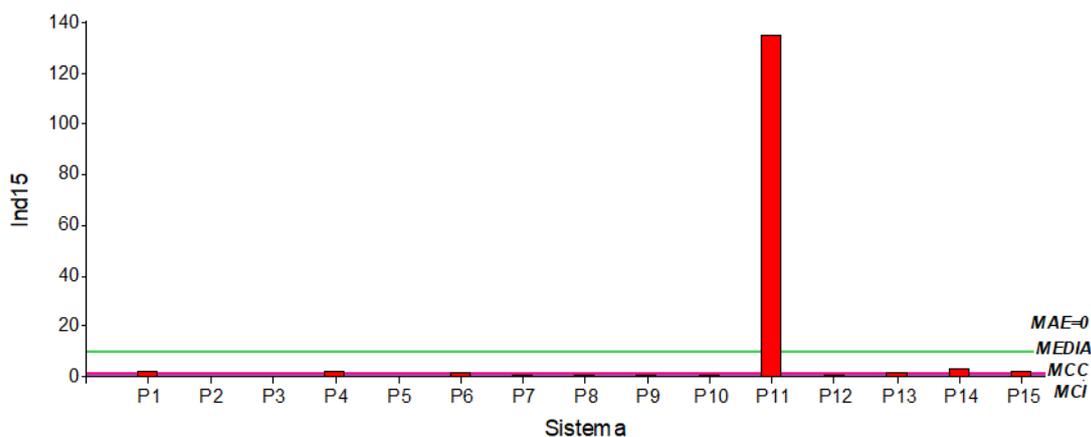


Figure 14. Pesticide contamination risk results (Indicator 15: Relative Index) for each production system, including P11. In each graph, the cut-off line represents the value registered for the indicator, from top to bottom, for the mean, MCC and MCI. The agroecological model (MAE) gives zero (0). Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 14. Resultados del Riesgo de contaminación por plaguicidas (Indicador 15: Índice Relativo) para cada sistema de producción, incluido P11. En cada gráfico la línea de corte representa el valor registrado para el indicador, de arriba a abajo, para la media, MCC y MCI.

El modelo agroecológico (MAE) da cero (0). Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

Si se plantea un uso controlado y responsable de los agroquímicos, podríamos producir con valores cercanos a 1, sin disminuir rendimientos y sin contaminar el ambiente.

Cabe destacar que, en las quintas hortícolas del cinturón verde de Córdoba, se vienen implementando programas que promueven las buenas prácticas agrícolas (BPA), teniendo como eje principal la correcta aplicación de plaguicidas.

Según los datos de la Dirección de Ferias y Mercados de la Municipalidad de Córdoba, se observa que vienen disminuyendo en los últimos años los porcentajes de “verduras no aptas por el uso de pesticidas”, que se comercializan en el Mercado de Abasto. Dicho porcentaje disminuyó del 16% en el año 2010, al 4% en el año 2015 como consecuencia de un mejor uso de los productos agroquímicos. (Fontán, 2018).

La utilización de agroquímicos en el ciclo de producción de papa, claramente nos está indicando que hay un alto riesgo de contaminación por plaguicida. Existen antecedentes de trabajos en los que se ha logrado producir papa con rendimientos aceptables y con una mínima utilización de agroquímico, siendo este un desafío a futuro para continuar trabajos en este sentido en la zona. (Gramaglia, 2019).

El consumo de agua mide los milímetros de agua consumidos en el establecimiento por año, este dato está relacionado directamente con la superficie de cada cultivo que se realiza en el establecimiento a lo largo del año, por tal motivo, nos brinda la información del consumo de agua que tiene cada establecimiento productivo evaluado y sólo sería comparable con sistemas muy similares.

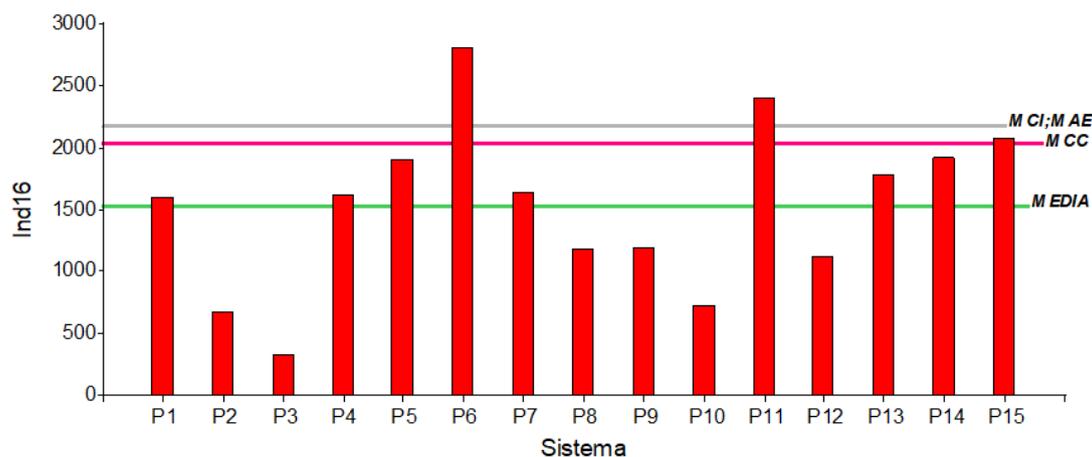


Figure 15. Results of Water Consumption (Indicator 16: mm/year) for each production system. In the graph, the cut-off line represents the value registered for the indicator, from top to bottom, for MCI, MAE, MCC, and for the mean. Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 15. Resultados del Consumo de agua (Indicador 16: mm/año) para cada sistema de producción. En el gráfico la línea de corte representa el valor registrado para en indicador, de arriba a abajo, para MCI, MAE, MCC, y para la media. Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

Respecto a la relación entre el consumo de agua y la energía producida, tanto los sistemas productivos evaluados como en los modelos teóricos, tienen relación cercana a cero. Todos los

modelos dieron una relación de 0,01, mientras que, los sistemas reales mostraron un mínimo de cero y otros apenas 0,02 (Figura 16).

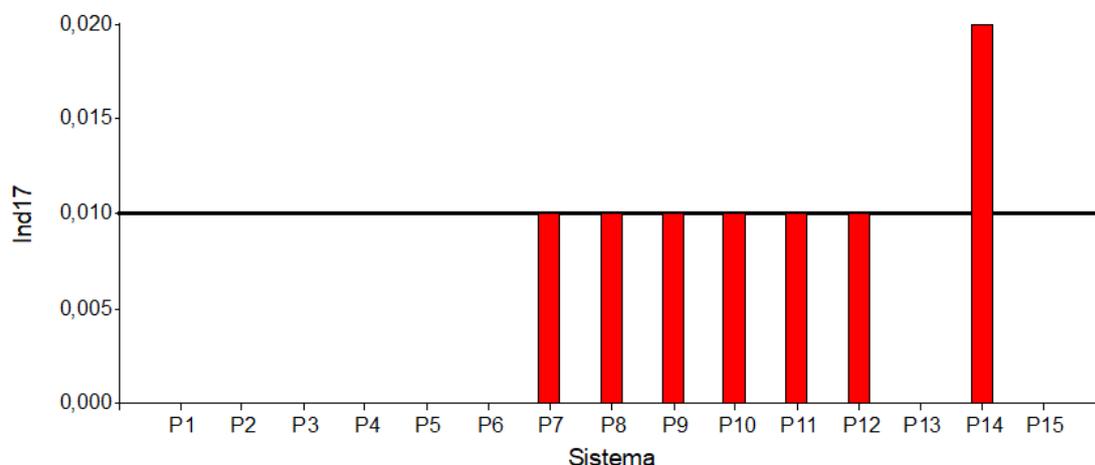


Figure 16. Results of the Water consumption-energy produced ratio (Indicator 17: MJ E / mm) for each production system. In the graph, the cut line represents the value recorded for the mean. The MCC, MCI, MAE gave zero as well as the systems that do not appear in the figure. Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 16. Resultados de la Relación consumo de agua-energía producida (Indicador 17: MJ E/mm) para cada sistema de producción. En el gráfico la línea de corte representa el valor registrado para la media. El MCC, MCI, MAE dieron cero al igual que los sistemas que no aparecen en la figura. Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

Los valores del indicador que mide la relación entre el consumo de agua y el ingreso por producción, resultaron muy cercanos entre la media de los establecimientos censados y los valores de los tres modelos teóricos (Figura 17). En todos los casos el mayor valor lo tiene el establecimiento P14. En este establecimiento productivo el cultivo se realiza bajo invernadero y con sistema de riego por goteo en su totalidad, esto nos indicaría mayor ingreso por cada milímetro de agua suministrada. Para el resto de los casos se observa que es muy parecida la media de las producciones con los modelos teóricos.

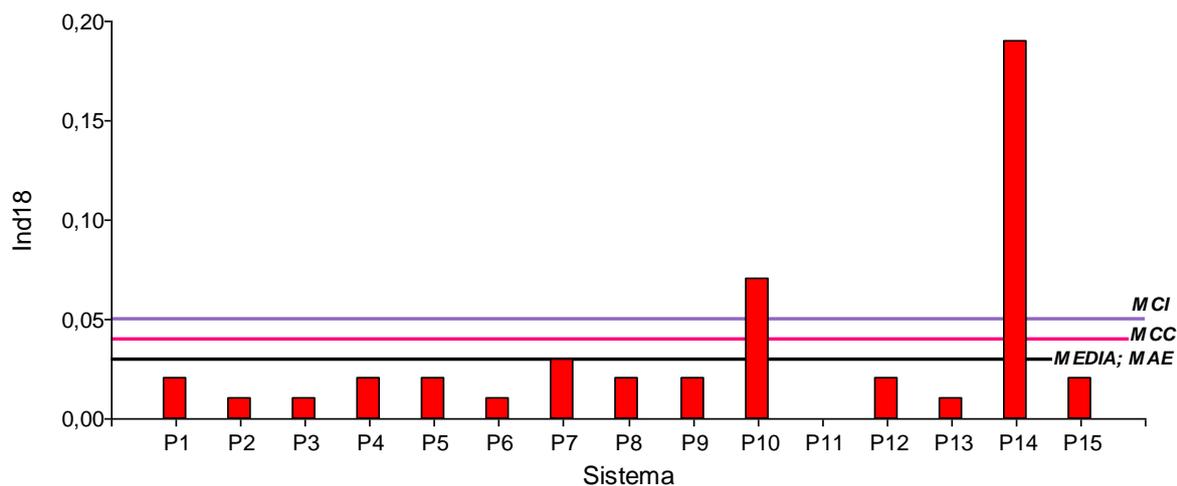


Figure 17. Results of the Water consumption-income ratio (Indicator 18: \$/mm) for each production system. In the graph, the cut-off line represents the registered value of MCI, MCC, for the mean and MAE. Peri-urban area of the city of Córdoba, Argentina. 2020.

Figura 17. Resultados de la Relación consumo de agua-ingresos (Indicador 18: \$/mm) para cada sistema de producción. En el gráfico la línea de corte representa el valor registrado MCI, MCC, para la media y MAE. Zona periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. 2020.

4. Conclusiones

Se evaluó el desempeño ambiental de quince establecimientos hortícolas del cinturón verde de la ciudad de Córdoba a partir de los resultados de 12 indicadores. La metodología AEIp, resultó valiosa para tal fin.

Mediante la estimación de los indicadores de impacto ambiental utilizados, concluimos que no hay riesgos de contaminación del suelo por nitrógeno y fosforo, y el riesgo de contaminación por uso de plaguicidas es bajo en producciones de hortalizas livianas y alto en establecimientos que incluyen el cultivo de papa. En general, los quince sistemas de producción hortícola de la zona de estudio presentaron valores similares comparados con los valores de los tres modelos teóricos diseñados, implicando un impacto ambiental aceptable para este tipo de producciones. Se generaron valores de referencia para tres modelos productivos: convencional a campo, convencional intensivo y agroecológico. Los mismos fueron diseñados a partir del aporte académico de expertos pertenecientes al sector hortícola de la zona de estudio, bajo la siguiente consigna “que sean sustentables desde el punto de vista ambiental, rentables económicamente y factibles de realizar en el cinturón verde de Córdoba”. De esta manera se realizó un aporte al sistema AEIp, para su posterior implementación y se generó información válida para el cinturón verde de Córdoba, ya que son valores de referencia adaptados a las condiciones locales.

El sistema AEIp, resultó ser una herramienta útil para medir el impacto ambiental de quintas hortícolas. Por medio de este trabajo se demostró que los valores de referencia locales fueron apropiados para reflejar las particularidades del territorio evaluado.

5. Bibliografía

- Arroyo, A., Balzarini, M., Bruno, C. y 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. y 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
- Bockstaller, C. y Girardin, P. (2003). How to validate environmental indicators. *El sevier science ltda*. 76. (2003) 639-653.
- D' Angelcola, M.E., Frank, F., Delprino, M.R., Matoff, E., Constantino, A. y Mitidieri, M. (2017). AgroEcoIndex® Periurbano: una herramienta para evaluar la gestión ambiental en establecimientos hortícolas. En: *Periurbanos hacia el Consenso*. Córdoba.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Gonzalez, L., Tablada, E. M., Díaz, M. Del P., Robledo, C. W. y Balzarini, M. (2005). *Estadísticas para las Ciencias Agropecuarias*. Sexta Edición. ISBN: 987-1142-68-4. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina. Pp 239.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G.; Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [<http://www.infostat.com.ar>]
- Ferrato, J. A., Mondino, M. C., Grasso, R., Ortiz Mackinson, M., Longo, A., Carrancio, L., Firpo, I. T., Rotondo, R., Zembo, J. C., Castro, G., García, M., Rodríguez Fazzone, M. y Iribarren, M. J. (2010). Buenas prácticas agrícolas para la agricultura familiar. Cadena de las principales hortalizas de hoja en Argentina. FAO. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Fontán, H. (2018). Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en el cinturón verde de Córdoba Capital. Dirección de Calidad Alimentaria. Mercado de abasto. Municipalidad de Córdoba. 40° Congreso Argentino de Horticultura. ASAHO. Córdoba.
- Frank, F. (2007). AgroEcoIndex® agrícola. Ejemplos de su empleo en La Pampa y San Luis. Pontificia Universidad Católica Argentina. Recuperado www.uca.edu.ar/uca/common/grupo5/files/UCA-Frank.pdf
- Frank, F. (2014). Presentación teórica AgroEcoIndex periurbano. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado <http://inta.gov.ar/documentos/curso-introduccion-a-dos-sistemas-de-Nevaluacion-de-impacto-ambiental-para-su-aplicacion-en-actividades-intensivasurbanas-y-periurbanas-1>
- Gallopin, G. (2006). Los Indicadores de desarrollo sostenible: aspectos conceptuales y metodológicos. Ponencia al Seminario de Expertos sobre Indicadores de Sostenibilidad en la formulación y seguimiento de políticas. FAO-FODEPAL, Santiago de Chile.
- Gramaglia, C. (2019). *Manejo agroecológico de un cultivo de papa en Traslasierra*. Córdoba. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado. <https://inta.gov.ar/documentos/manejo-agroecologico-de-un-cultivo-de-papa-en-traslasierra>
- Johnson, R. A. y Wichern, D. W. (1998). *Applied multivariate statistical analysis*. 4th Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Marinelli, M. V. (2020). Maestría en Aplicaciones de Información Espacial (MAIE) y Proyecto “Herramientas analíticas de valoración y cuantificación de la producción

- hortícola basada en sensores remotos”. Pág. 112.
- Matoff, E., Zarate, C., Mitidieri, M., Delprino, M., D’Angelcola, M., Frank, F., Bracamonte, E. y Angulo, E. (2017). Evaluación de producciones hortícolas del periurbano de Córdoba mediante el uso de indicadores de gestión ambiental. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado <https://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-producciones-horticolas-del-periurbano-de-cordoba-mediante-el-uso-de-indicadores-de-gestion-ambiental>
- Morabito, J., Salatino, S., Hernandez, R., Schilardi, C., Alvarez, A. y Palmieri, P. (2015). Distribución espacial de la evapotranspiración del cultivo de referencia y de la precipitación efectiva para las provincias del centro-norte de Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Nacional De Cuyo*. 47(1).109-125. <http://revista.fca.uncu.edu.ar/>
- 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., Dangelcola, E. y 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 <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. y 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.
- Quiroga Martínez, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. CEPAL.
- SENASA. (2019). Listado de límites máximos de residuos de activos por cultivos enero 2019 Y Anexo 1. Argentina. Servicio Nacional de Sanidad. Recuperado <http://www.senasa.gob.ar/tags/productos-fitosanitarios-y-fertilizantes>
- Viglizzo, E., Frank, F., Bernardos, J., Buschiazzo, D. y 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.
- Weirg, E., Arce, E. y Arce, J. (2004). Medición de la evapotranspiración máxima con técnicas lisimétricas y obtención del coeficiente del cultivo (Trigo, soja de 2da. y maíz) En Marcos Juárez, pcia. de Córdoba, Argentina. X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología. Mar del Plata 13 al 15 de octubre 2004. <http://agro.unc.edu.ar/~clima/AADA/Congresos/MDQ/142.htm>

Horticultura Argentina es licenciado bajo Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 2.5 Argentina.