

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

www.inta.gov.ar/sanpedro



L. Pagliaricci; M.R. Delprino; A. Paganini; W. Barceló; L. Peña; A. Bernardez; A. Constantino; C. Delpardo; M. Ciaponi; M.V. Brambilla; M. Barbieri; E. Piris; F.Frank, N. Paolinelli; E. Dangelcola; M. Mitidieri

EEA San Pedro

Email: pagliaricci.leandro@inta.gov.ar

Introducción

A partir de la premisa de establecer una producción agropecuaria sustentable que proteja las condiciones de vida naturales, sea amigable con el medio ambiente y con el ser humano, se trabaja en el desarrollo de herramientas que nos permitan determinar las consecuencias de nuestras acciones tanto a corto, mediano y largo plazo (Frank, F. 2014).

Los sistemas utilizados en este análisis: AgroEcoIndex Periurbano (AEIp) y el Sistema de Evaluación Ponderada de Impacto Ambiental (SEPIA), consisten en la estimación de índices agroecológicos, que permiten el diagnóstico y la interpretación de los procesos que se desarrollan en los agroecosistemas, en el primer caso y la evaluación del impacto de las actividades agrícolas en sus dimensiones ecológica, social, cultural y económica, en el segundo. Utilizan indicadores ambientales, socioeconómicos y de gestión y administración de los predios, con fines de diagnóstico y monitoreo de cambios.

Los agroecosistemas proveen importantes bienes y servicios tales como alimentos y la conservación de los recursos naturales del territorio (Rótolo, G. C. y Francis, C. A., 2008). En las áreas urbanas y periurbanas, se ubican agroecosistemas donde el productor es el responsable del manejo racional de los factores de producción a fin de optimizar la utilización de recursos de manera compatible con el medio ambiente.

Con el objetivo de realizar un aporte para mejorar la sostenibilidad en la producción de tomate bajo cubierta, se propuso a un productor referente del partido de Zárate, reducir el uso de plaguicidas aplicados al suelo y evaluar como este cambio modificaría su desempeño económico y ambiental.

Se utilizó la técnica de estudio de caso. A través de la aplicación de indicadores ambientales, ecológicos y económicos, se estimó el impacto provocado por la implementación de un paquete tecnológico tradicional, que contempla el uso de bromuro de metilo en la desinfección de suelos, en relación a una técnica que no utiliza plaguicidas como la biosolarización. La misma se basa en el uso de energía solar y aporte de materia orgánica al suelo (Mitidieri, M., 2013). Además, con datos proporcionados por la firma, se realizó un análisis económico tradicional, a fin de realizar una valorización de ambas técnicas en el transcurso de un ciclo de cultivo.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en el predio de un productor de hortalizas bajo cubierta, localizado en el periurbano de la ciudad de Zárate, provincia de Buenos Aires, Eco-región Pampa (Subregión de la Pampa Húmeda, Complejo de la Pampa Ondulada, Mateucci *et. al*, 2012).

Se propuso una mejora en la sostenibilidad de la producción, a través de la adopción de la técnica de biosolarización, en reemplazo al uso de bromuro de metilo como desinfectante del suelo. A su vez, se relevaron datos para poder evaluar los cambios en el desempeño económico y ambiental, generados por la aplicación de esta práctica mediante el uso de dos sistemas de indicadores. Se

*Trabajo presentado en Congreso de ASAHO 2015, obteniendo una distinción por su contribución a la salud y seguridad alimentaria

utilizó el sistema AgroEcoIndex¹ Periurbano (Frank, F., 2014), desarrollado por el INTA a partir del modelo AgroEcoindex (Viglizzo et.al. 2006) aplicado a la horticultura periurbana y el modelo SEPIA², adaptado a partir del programa Apoia NovoRural desarrollado por EMBRAPA (Rodrigues y Campanhola, 2003).

A fin de recolectar la información primaria, se realizaron entrevistas semiestructuradas de carácter exploratorio al productor durante todo el ciclo de cultivo. Por otra parte, se tomaron muestras de suelo y agua para su posterior análisis en laboratorio.

En una superficie cubierta de 2000 mil m², se aplicó la técnica de biosolarización. La misma consistió en aplicar una enmienda orgánica (1,5 kg de cama de pollo compostada por m²) mediante el uso de un rotobator, y cubrir los surcos del invernáculo con polietileno cristal durante treinta días, en el mes de noviembre. En el transcurso de este proceso, el invernadero se regó periódicamente para mantener la humedad del suelo. Antes y después de biosolarizar, se obtuvieron muestras de suelo con las que se analizaron propiedades físico químicas, población de nematodos y microorganismos patógenos. La biosolarización se efectuó desde el 8 de noviembre hasta el 9 de diciembre de 2014. El transplante se efectuó el 13 de diciembre del mismo año.

El tratamiento de biosolarización fue evaluado mediante la siembra en medio Agar papa glucosado, de muestras de suelo obtenidas a partir de tres sitios dentro del invernadero; las mismas se extrajeron antes y después del tratamiento de biosolarización. Se realizaron diluciones a partir del suelo y se evaluó la población de microorganismos patógenos y benéficos. Además las mismas muestras se utilizaron para realizar bioensayos utilizando plantas de tomate del híbrido Elpida para evaluar la presencia de nematodos formadores de agallas. Esta metodología resultó efectiva para la evaluación de tratamientos en ensayos anteriores realizados en el laboratorio de fitopatología de la EEA INTA San Pedro (Mitidieri M., 2013). Las mismas muestras fueron utilizadas para el análisis de los parámetros químicos y físico-químicos del suelo en el laboratorio de suelos de la EEA INTA San Pedro.

Para llevar a cabo la evaluación económica, se utilizó la herramienta del Margen Bruto (MB), caracterizado como una medida de resultado clásica en el análisis de la empresa agropecuaria. En la confección del cálculo, según la metodología propuesta por Frank (1994) y González y Paglietini (2001), se consideró la producción y comercialización mayorista de tomate para consumo en fresco. Con la finalidad de cuantificar el Ingreso Bruto (IB), se consultaron los registros llevados por el productor acerca de los precios percibidos durante la campaña actual. En cuanto a precios de insumos necesarios para el proceso productivo, es importante destacar que corresponden a valores estimativos zonales. Para la obtención del MB, se consideró la venta de la producción menos los gastos operativos de cultivo y amortizaciones. En relación a la mano de obra directa, a efectos del cálculo, se considera como un descuento efectivo del 35 %, correspondiente a gastos de mediería, sobre el IB al momento de la venta.

Las instalaciones fueron construidas y adaptadas en el año 1982, es por ello, que toda la infraestructura y sus respectivos equipos se encuentran amortizados. No obstante, de acuerdo a la bibliografía especializada, las mismas poseen un Valor Residual Actual (VRA) y todos los años se reserva un monto de dinero para realizar las correspondientes reparaciones.

¹ El sistema AgroEcoIndex fue desarrollado por el Área Estratégica de Gestión Ambiental de INTA para facilitar el diagnóstico y la interpretación de procesos críticos en los agroecosistemas de la Región Pampeana. (Frank, F., presentación del Sistema en Seminario Indicadores de Impacto Ambiental, INTA EEA AMBA, 2014)

² El modelo SEPIA consiste en un conjunto de matrices de ponderación elaboradas para analizar los impactos ambientales resultantes de las prácticas de manejo involucradas en la producción de alimentos (D'Angelcola 2014, no publicado).

Resultados y discusión

Luego del tratamiento de biosolarización, el cultivo se desarrolló sin manifestar deficiencias nutricionales ni excesos de vigor. Es importante destacar que no se registró pérdida de plantas por ataque de patógenos del suelo. La adopción de la práctica no implicó, según el testimonio del productor, una reducción en el rendimiento total del cultivo. El control de nematodos y patógenos del suelo fue satisfactorio, como se observa en el Gráficos 1 y 2. Después del tratamiento se observa una reducción de UFC de microorganismos patógenos, siendo *Fusarium* el hongo que aparece luego de los tratamientos. Este resultado coincide con otros obtenidos ya que es un género de difícil control mediante la solarización. Además se observa la reducción en la población de microorganismos no patógenos y benéficos.

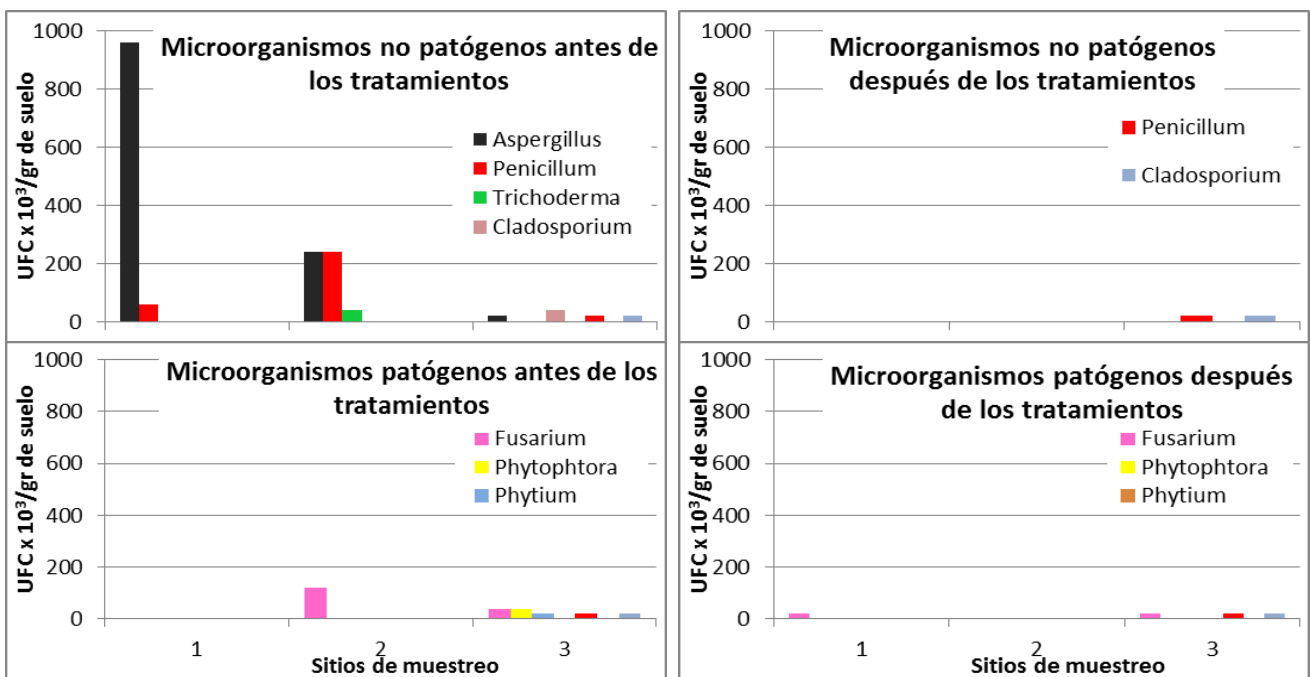


Gráfico 1. Unidades formadoras de colonias de *Fusarium spp.*, *Pythium spp.* y *Phytophthora spp.* por gramo de suelo. Siembras en APG realizadas a partir de muestras obtenidas en tres sitios de muestreo del invernadero, antes y después del tratamiento de biosolarización.

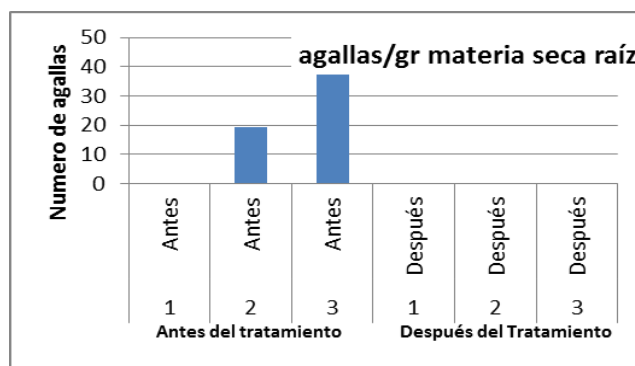


Gráfico 2. Agallas por gramo de materia seca de raíz. Híbrido Elpida. Bioensayos realizados con las muestras de tres sitios de muestreo del invernadero antes y después del tratamiento de biosolarización.

Como resultado de los análisis de laboratorio realizados y la utilización de indicadores ambientales del modelo SEPIA, se observó que la implementación de la biosolarización en la producción de tomate bajo cubierta, redujo el porcentaje de materia orgánica del suelo (la misma pasó de 2.31 % a 1.56 %) y el contenido de cationes como Ca, Mg y Na. (Anexo Tabla 1). Las altas temperaturas registradas durante el proceso (la temperatura máxima registrada debajo del polietileno fue de 82 °C), incentivaron la mineralización de la materia orgánica, como se ha observado en experiencias anteriores (Mitidieri, M. 2012). La necesidad de realizar riegos frecuentes durante la implementación de la técnica de biosolarización generó una pérdida de los nutrientes citados hacia capas inferiores del suelo. Hay que aclarar que no se llegó a extraer una muestra de suelo antes de la aplicación de enmienda orgánica, por este motivo, no se cuantificó el efecto provocado por esta técnica con respecto a la situación inicial. Por otra parte, con la aplicación del modelo AgroEcoindex, se puede concluir que el desempeño ambiental de la biosolarización manifiesta notables ventajas en los indicadores relacionados con el riesgo de contaminación con plaguicidas y en el consumo de energía fósil. Además, se observa un aumento en la eficiencia energética del proceso productivo (Anexo Tabla 2).

En lo que respecta a la estructura productiva de la empresa, se observó una relación relevante de mediería existente entre el propietario y la mano de obra directa demandada por el cultivo. En cuanto a las obligaciones de ambas partes, hay que destacar, que el propietario es el encargado de la preparación del terreno, del suministro de insumos específicos y, por último, de la comercialización de la producción en el mercado de destino. Por su parte, el mediero realiza el manejo del cultivo y su posterior cosecha.

El reemplazo del bromuro de metilo generó una disminución importante en el costo de producción. En el ítem de los Costos Directos (CD), hay que destacar la incidencia de las amortizaciones y el costo de los materiales para la cosecha, ya que ambos rubros representan, en promedio, más de 60 % del CD. Por otra parte, si se hubiera bromurado el suelo antes del trasplante, la realización de esta práctica habría significado más del 26 % del CD, mientras que la biosolarización solamente participó con el 5 % del mismo ítem. Con todas las particularidades implícitas en la técnica de estudio de caso, los resultados del análisis económico para esta actividad son más que preocupantes debido al bajo retorno por peso invertido (Anexo Tabla 3).

Conclusiones

Uno de los principales servicios que brindan los agroecosistemas de las áreas periurbanas, es satisfacer y garantizar las necesidades básicas de alimentación de la población. La utilización de indicadores de sustentabilidad ambiental permitió validar, a nivel de productor, y en un invernadero con más de treinta años de uso, una técnica de desinfección del suelo como la biosolarización. El desempeño ambiental de esta técnica manifiesta notables ventajas en los indicadores relacionados con el riesgo de contaminación con plaguicidas y en el consumo de energía fósil. El control de la población de patógenos del suelo y nematodos, fue muy bueno. Se permitió aumentar la sostenibilidad del sistema, siempre y cuando se corrijan los efectos negativos que puede acarrear sobre algunos parámetros del suelo, como el contenido de materia orgánica. A pesar de limitaciones que posee la técnica de estudio de caso, los resultados económicos de esta investigación pueden tomarse como referencia para su aplicación en un análisis futuro de un sector productivo y/o territorio. El estudio constituyó una experiencia positiva en el fortalecimiento de un equipo de trabajo conformado por especialistas en distintas áreas del conocimiento, que a través del uso de los sistemas de indicadores de impacto ambiental, realizó un análisis exhaustivo de los cambios propuestos al productor.

Financiación

Este trabajo fue financiado por el PNHFA 1106081 *Contribución al desarrollo territorial de las producciones intensivas*, el PNHFA 1106083 *Desempeño ambiental y socioeconómico de sistemas de producción intensiva con énfasis en áreas urbanas y periurbanas* y el PreT BANOR 1271204 *Gestión para el desarrollo del sistema agroalimentario en los partidos de Zárate, Ramallo y San Nicolás*.

Referencias bibliográficas

- D'Angelcola, M.E.; Constantino, A.; Torres, G.; Mitidieri, M.; Stachetti Rodrigues, G.; Delprino, M.. 2015. Adaptación del sistema de evaluación de impacto ambiental "APOIA NOVO RURAL" a las producciones intensivas de Argentina. Resumen. En: IV Congreso Internacional de Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos: de la Investigación a la Acción. Mar del Plata, Argentina, 30 de septiembre de 2015.
- Frank, R. 1994. Introducción al cálculo de costos agropecuarios. 6ª ed. Buenos Aires, El Ateneo.
- Fran F. 2014. Introducción a dos sistemas de evaluación de impacto ambiental para su aplicación en actividades intensivas urbanas y periurbanas. Presentación oral realizada en INTA EEA AMBA. Junio, 2014
- Gonzalez, J. ; Cruzarte, G.A.; Panigatti, J.L. 2014. Suelos de la costa NE del río Paraná (prov. de Buenos Aires). San Pedro: Ediciones INTA, e-book
- Gonzalez, M. y Paglietini, L. 2001. Los costos agrarios y sus aplicaciones. Buenos Aires. Editorial Facultad de Agronomía.
- Matteucci, S. 2012. Ecorregión Pampa. En: Morello, J.; Mateucci, S.; Rodriguez, M. Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos. Ed: Orientación Gráfica Editora. Cap.12 p: 391-445. Bs.As, 2012. ISBN: 978-987-1922-00-0.

- Mitidieri, M. 2013. La biofumigación y el uso de portainjertos resistentes hacen posible el manejo sostenible de patógenos de suelo en cultivos hortícolas. En: Sanidad en Cultivos Intensivos. Módulo 2: Tomate y pimiento. Cómo mantener la sanidad de manera responsable. Eds. Mitidieri, M. y Francescangeli, N. pág 8.
- Mitidieri, M.S; Brambilla,M; Barbieri, M; Peralta, R.; Arpía , E.; Celié, J.; Piris, M.; Piris, E. ;Gonzalez, J;; DelPardo, K y Chavez, E. 2012. Evaluación de tratamientos repetidos de biofumigación en cultivo de tomate bajo cubierta: una experiencia a largo plazo. En: Seminario de horticultura urbana y periurbana. Buscamos soluciones entre todos. Editores: Mitidieri , M., Corbino G. y Constantino, A. Ediciones INTA. p: 49-60.
- Rodrigues, G. S.; Campanhola, C. 2003. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 38(4): 445-451.
- Rotolo,G. C. , Francis, C. A. 2008. Los servicios ecosistémicos en el "corazón" agrícola de Argentina. En línea <http://inta.gob.ar/documentos/los-servicios-ecosistemicos-en-el-201ccorazon201d-agricola-de-argentina/at_multi_download/file/los-servicios-ecosist%C3%A9micos-en-el-coraz%C3%B3n-agricola.pdf> Fecha de consulta: 10/02/15.
- Viglizzo E. F.; Frank F. C.; Bernardos J. Y Buschiazzo de Cabo S. 2006. A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the Pampas of Argentina. En: Environmental Monitoring and Assessment, 117:109-134.

ANEXO TABLAS

Tabla 1. Análisis de suelo después de aplicar la enmienda orgánica, Antes y después del tratamiento de biosolarización.

Muestreo	M.O	C.O	N	P	Ph	C.E	C.I.C	Ca	Mg	K	Na	Rel	PSI
	%			ppm	1/2,5		Meq/100g					%	
Antes	2.31	1.34	0.14	111.33	7.41	1.08	40	18.27	8.77	1.48	0.59	9.39	1.48
Después	1.56	0.91	0.15	147	7.54	0.36	17.33	12.27	4.26	1.65	0.21	6.04	1.17

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de laboratorio.

Tabla 2. Estimación de impacto ambiental según AEI Periurbano. BRO=bromurado, BIO=biosolarizado con manejo productor.

Indicador	Unidad	BRO	BIO
Consumo de energía fósil	Mj EF/m ² /año	251,1	107,4
Consumo de energía humana	Mj EH/m ² /año	69,9	69,4
Consumo de energía total	Mj E/m ² /año	321	176,8
Relación entre energía fósil y humana	Mj EF/Mj EH	0,3	0,6
Producción de energía	Mj E/m ² /año	9,0	9,0
Ingresos estandarizados	\$	140	140,0
Relación entre energía fósil e ingresos	\$/Mj EF	0,6	1,3
Relación entre energía total e ingresos	\$/Mj EF+EH	0,4	0,8
Riesgo de contaminación por plaguicidas	Índice Relativo	940,6	15,1
Consumo de agua	mm	722,5	722,5
Relación consumo de agua-ingresos	\$/mm	0,2	0,2

Fuente: Elaboración propia en base a AgroEcoIndex Periurbano.

Tabla 3. Análisis económico

Ítem	\$ Cultivo sin bromuro	\$ Cultivo con
Ingreso Bruto (IB)	77.000,00	77.000,00
Gastos de mediería	26.950,00	26.950,00
Ingreso Neto (IN)	50.050,00	50.050,00
Preparación del	1.083,74	1.083,74
Plantines	8.150,00	8.150,00
Biosolarización	1.900,00	—
Bromurado	—	14.900,00
Fertilizantes	200,33	200,33
Fungicidas	1.782,91	1.782,91
Insecticidas	1.317,29	1.317,29
Cosecha	16.500,00	16.500,00
Amortizaciones	16.383,40	16.383,40
Costo Directo (CD)	47.317,67	60.317,67
Margen Bruto (MB)	2.732,33	- 10.267,67

Fuente: Elaboración propia en base a datos del productor