

ESTIMACIÓN DE CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS CON INDICADORES AMBIENTALES Y ECONÓMICOS EN HUERTAS DE TOMATE EN SANTA FE

CASTIGNANI, M. I.¹; ARREGUI, M. C.¹ & PELATTI, N. S.¹

RESUMEN

En el cinturón hortícola santafesino se emplean plaguicidas con aplicaciones frecuentes y elevadas dosis aumentando costos y contaminación. El objetivo del trabajo fue cuantificar el impacto económico de producir con tres niveles de riesgo de contaminación por plaguicidas en tomate.

A partir de encuestas discriminando la tecnología empleada en el uso de plaguicidas se determinaron tres tipologías: Alto (más de 60 tratamientos por ciclo), Medio (entre 40 y 60) y Bajo riesgo de contaminación (menos de 40). Para cada una se evaluó el riesgo con un indicador de lógica difusa y el costo de la contaminación por diferencia de margen bruto entre tipologías.

Se observó que con alto riesgo de contaminación se produjo 22 y 33% más que con medio y bajo. Un menor riesgo disminuyó en 35% el margen bruto por lo que aplicar tecnologías de bajo impacto ambiental no resultó conveniente en términos económicos.

Palabras clave: riesgo ambiental, evaluación económica, lógica difusa, horticultura.

SUMMARY

Pesticide contamination assessment with environmental and economic indicators in Santa Fe tomato farms.

In Santa Fe horticultural belt, pesticides are sprayed frequently and with high active ingredient doses giving higher production costs and contamination levels. The aim of this study was assessing the economic impact of producing tomato with three pesticide risk contamination levels.

Three farm types were determined by means of surveys taking account technology and pesticides use: High (more than 60 applications during crop cycle); Medium (40 to 60 applications) and Low (less than 40 treatments) level of pesticide contamination risk. Pesticide contamination risk was calculated with a fuzzy logic indicator and economic costs were assessed by gross margin differences among farm typologies.

Crop production with high contamination risk was 22 and 33% higher than with medium and low level, respectively. Gross margin was 35% lower in farms with less contamination risks. Therefore, technology with low environmental impact was not economically sustainable.

Key words: environmental risk, economic assessment, fuzzy logic, horticulture.

1.- Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805. (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. E-mail: mcastign@fca.unl.edu.ar

Manuscrito recibido el 29 de junio de 2004 y aceptado para su publicación el 17 de diciembre de 2004.

INTRODUCCIÓN

La productividad de tomate está severamente limitada por plagas y enfermedades. Se han detectado pérdidas de rendimiento en tomate atacado por el ácaro rojo (*Acutolips licopersici* Masee) (Lin *et al.*, 1999); la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Lei *et al.*, 1998) o la polilla del tomate (Miranda *et al.*, 1998). Las enfermedades más conocidas son los marchita-mientos causados por *Verticillium* y *Fusarium* y los virus que pueden llegar a causar la muerte de la planta.

Se han producido también pérdidas económicas por la reducción del valor comercial de los productos. La calidad del fruto se ha convertido en un tema prioritario y se han establecido estándares respondiendo a la creciente demanda de los consumidores. Los principales criterios empleados se vinculan con la atracción visual a través de la forma del fruto, su color y la presencia de daños (Guichard *et al.*, 2001). En el caso del tomate, las excreciones de la mosca blanca pueden permitir el desarrollo de fumaginas y en presencia de polilla se observan pequeñas perforaciones. La disminución de la calidad exigida en el mercado puede implicar pérdidas que tornarían difícilmente viable el negocio hortícola (Sarandon, 1998).

La principal estrategia para controlar plagas y enfermedades es el empleo de plaguicidas. En Argentina, en la década pasada la producción hortícola ha experimentado una mayor intensificación y utilización de alta tecnología. En ese sentido, el uso excesivo de agroquímicos puede causar una liberación innecesaria de productos tóxicos al medio y una degradación de los recursos naturales (Sarandon, 1998).

Simultáneamente, se ha generalizado el concepto de agricultura sostenible, es decir, sistemas de producción ecológicamente

adecuados y económicamente viables (Sarandon, 1998). Frente a estos desafíos a veces es difícil para los agricultores decidir que acciones implementar pues carecen de herramientas sencillas de diagnóstico para evaluar los efectos ambientales de las prácticas agrícolas y su impacto económico.

Se han desarrollado múltiples índices para evaluar el riesgo de impacto ambiental causado por el empleo de plaguicidas. La lógica difusa es una herramienta sencilla que permite la integración de distintos tipos de información para formalizar conclusiones y se ha utilizado para evaluar el impacto de los plaguicidas en el ambiente (van der Werf y Zimmer, 1998). El uso de lógica difusa está basado en la idea de que es muy difícil determinar valores de referencia exactos para el potencial impacto ambiental de una práctica agrícola. Por lo tanto, este método provee un marco de análisis semántico donde se explicitan reglas de decisión que pueden ser modificadas o actualizadas a medida que se incrementa el conocimiento del sistema involucrado.

Por otro lado, existe una cuantiosa literatura sobre las distintas metodologías usadas para medir en términos monetarios los servicios ambientales aunque es difícil estimar los beneficios económicos de la protección ambiental (Constanza, 1997; Pearce *et al.*, 1995) tanto a nivel global cuanto más a nivel de empresas individuales. Una forma de ponderación del impacto ambiental es la combinación del cambio de productividad y la pérdida de ingresos. Al reducirse el nivel de contaminación varía la productividad, ya que puede alterarse la calidad del producto y aumentar el porcentaje de descarte provocando pérdidas.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) evaluar el impacto ambiental de plaguicidas con un indicador de lógica difusa en cultivos de tomate de Santa Fe; 2) evaluar los resul-

tados económicos de huertas con distintos niveles de empleo de plaguicidas.

MATERIALES Y METODOS

Los datos analizados pertenecen al ciclo del cultivo de tomate de 2002 en establecimientos del cinturón hortícola santafesino. Los suelos son franco arenosos. El promedio anual de lluvias es de 900 mm. Los cultivos analizados fueron transplantados en junio y julio y cosechados desde octubre hasta diciembre.

Los datos recolectados referentes a la tecnología empleada, aplicaciones de plaguicidas (ingrediente activo, dosis, momento y frecuencia de aplicación) así como los rendimientos y comercialización del producto fueron obtenidos a partir de la información suministrada por los asesores técnicos que asisten a horticultores. Los precios de los insumos utilizados corresponden a los vigentes en ese momento en los proveedores del área de localización del estudio. El precio del producto considerado corresponde al promedio histórico 1991–2000 registrado en Mercado Central de Buenos Aires, por ser el destino más frecuente de la producción de tomate en esta zona.

En este trabajo se empleó el indicador *Ipest* para estimar el potencial efecto ambiental de las aplicaciones de plaguicidas. Es un sistema experto de lógica difusa (Van der Werf & Zimmer, 1998) que consiste de 4 módulos. Uno, estima el riesgo de la presencia del plaguicida (dosis de aplicación) y los otros tres el que se produce en los tres compartimientos ambientales más importantes, agua subterránea, agua superficial y aire. Los valores de los módulos dependen de 6 variables vinculadas al principio activo: la vida media (DT50), el GUS (Groundwater Ubiquity Score), la constante de Henry, la ingesta diaria admisible, la toxicidad acuática y

la dosis de aplicación, y 4 variables relacionadas con el tratamiento realizado: potencial de lixiviación, porcentaje de deriva, tipo de tratamiento y potencial de drenaje (Roussel *et al.*, 2000). Cargados los valores para cada tratamiento plaguicida, el sistema experto calcula el valor de cada módulo según el grado de membresía a los subconjuntos F (favorable) y D (desfavorable) de las variables que lo componen. La pertenencia está vinculada a reglas de decisión. Los cuatro módulos se agregan siguiendo el mismo procedimiento y así se obtiene para cada plaguicida y aplicación una evaluación del impacto ambiental.

Si se desean agregar los riesgos calculados para todas las aplicaciones en el ciclo del cultivo se emplea la fórmula:

$$I_{pest} = 10 - k \sum I_{pest_i}$$

Donde *k* es una constante que depende del cultivo; *Ipest* es el valor del indicador obtenido para cada aplicación. En tomate el valor de *k* es 0.1. Valores de *Ipest* = 7 se consideran un riesgo aceptable, y todos los que estén por debajo inaceptables.

El análisis económico de la actividad comprendió el cálculo del margen bruto, definido como diferencia entre el ingreso y los costos directos (gastos, amortizaciones e intereses directos) (Norman *et al.*, 2002). El ingreso representa el total de ventas que se realizaron durante el ciclo, descontados los gastos de comercialización se lo llama Ingreso neto. En el costo directo se consideraron gastos fijos y variables. El rendimiento es la variable que permite distinguir los gastos variables (mano de obra y cosecha y comercialización) de los fijos (labores de implantación y culturales, plantines, plaguicidas y protección física). La mano de obra es variable por responder al sistema de mediería, donde el mediero aporta el trabajo, el 50% de los insumos (semillas y agroquímicos) y recibe el 50% de los ingresos por

venta. Para realizar los cálculos se empleó el módulo de margen bruto de actividades del software MODHORT.

La valoración económica del impacto ambiental por el uso de plaguicidas se realizó por una combinación entre el cambio de productividad y la pérdida de ingresos que se produce entre empresas con distintos niveles de uso de plaguicidas y por ende de riesgo de contaminación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE IMPACTO AMBIENTAL

De acuerdo a los valores obtenidos del indicador, las huertas pudieron agruparse en tres categorías (Cuadro 1): de riesgo elevado, de riesgo medio y de riesgo bajo.

Los cultivos de tomate con alto riesgo ambiental recibieron entre 23 y 42 tratamientos insecticidas y 17 a 49 de fungicidas durante el ciclo del cultivo (Cuadro 2). Los valores de Ipest para aplicaciones individuales variaron desde 6.59 para clorpirifos hasta 10 para teflubenzuron. La mayoría de los plaguicidas en las dosis empleadas en cada tratamiento dieron valores del indicador por encima de 7, que son aceptables. Sin embargo, el bajo valor agregado de Ipest se debió al elevado número de aplicaciones que tuvo un alto impacto en el resultado final.

En las huertas con riesgo ambiental medio se emplearon los mismos ingredientes activos que en las anteriores pero el número de tratamientos totales disminuyó (Cuadro 2), ya que se registraron entre 12 y 20

aplicaciones de insecticidas y 15 a 25 de fungicidas. Por lo tanto, el valor agregado de Ipest tuvo una media superior a 6 muy próximo al aceptable.

Los establecimientos con bajo riesgo tuvieron entre 10 y 14 tratamientos insecticidas y 10 a 15 de fungicidas. Aun cuando algunos ingredientes activos poseen alto riesgo ambiental (por ej., clorpirifos: Ipest=6.59 o buprofezin: Ipest= 6.17) éstos se emplearon con menor frecuencia que los de menor riesgo (Cuadro 2).

Por lo tanto, las variaciones en el riesgo de impacto ambiental tuvieron más relación con las diferencias en el número de tratamientos realizados que con la selección de principios activos ambientalmente más inocuos.

Los resultados observados muestran la sensibilidad del indicador Ipest para detectar distintas situaciones de riesgo de contaminación en sistemas agrícolas intensivos. Este indicador ya se había empleado en sistemas agrícolas extensivos en Francia (van der Werf & Zimmer, 1998; Roussel *et al.*, 2000) y otro similar, empleando lógica difusa, se utilizó en Argentina en cultivos de maíz, trigo, soja y girasol (Ferraro *et al.*, 2003).

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS EMPRESAS CON DISTINTO NIVEL DE RIESGO DE IMPACTO AMBIENTAL

En el Cuadro 3 se puede observar que la producción de las empresas con uso intensivo de plaguicidas (riesgo de impacto alto) tuvieron el menor porcentaje de descarte

Cuadro 1: Medias y desvío estandard de valores Ipest en huertas de tomate del cinturón hortícola de Santa Fe.

	Riesgo alto	Riesgo medio	Riesgo bajo
Ipest	4.00±1.22	6.29±0.45	7.27±0.60

Cuadro 2: Ingredientes activos y número de tratamientos en huertas de tomate con distintos niveles de riesgo ambiental.

Ingrediente activo	Número de tratamientos		
	Riesgo alto	Riesgo medio	Riesgo bajo
Abamectina	3	2	-----
Benomil	4	2	2
Buprofezin	1 a 10	3	1
Captan	5	5	-----
Carbofuran	2	-----	1
Cartap	4 a 5	2	2
Cipermetrina	2 a 7	2 a 3	2
Clorfenapir	3	-----	-----
Clorpirifos	4 a 5	3	----
Deltametrina	8	4	1
Imidacloprid	3 a 10	1	1
Iprodione	5	2	1
Lambdacialotrina	1 a 5	3	2
Mancozeb	6 a 20	10	5 a 10
Metamidofos	2 a 7	3	1
Metidation	10	-----	----
Metiocarb	2	-----	----
Oxicloruro de cobre	5 a 20	5 a 10	6
Procimidione	5	-----	5
Spinosad	2	-----	-----
Teflubenzuron	2	1	3
Tebufenozide			3
Zineb	5	5	----

Cuadro 3: Producción e ingresos para los sistemas de alto, medio y bajo riesgo de impacto ambiental.

Aspectos Productivos e Ingresos	Riesgo de impacto		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Rendimiento (kg/ha)	94810	77805	70604
Descarte (porcentaje)	5	10	15
Producción comercializada (kg/ha)	90069	70024	60013
Ingreso por venta (\$/ha)	123178	95762	82119
Gastos de comercialización (\$/ha)	11177	8689	7451
Ingreso neto (\$/ha)	112001	87073	74668

en la cosecha y por ende los rendimientos más elevados. Los descartes se debieron a daños directos o indirectos por la presencia de plagas y/o enfermedades y a cuestiones ambientales y de manipulación. Existió una importante diferencia de ingresos entre las tipologías, que se mantuvo también para los gastos de comercialización y para el ingreso neto (Cuadro 3).

El Cuadro 4 detalla los márgenes brutos, que en los sistemas de alto riesgo de impacto ambiental superan en un 24% al sistema de riesgo medio y un 35% al sistema de bajo

riesgo. Esa diferencia está directamente vinculada a la diferencia de ingresos entre las tres tipologías (Cuadro 3) que es muy superior a la observada entre los costos directos.

El Cuadro 5 presenta la estructura de costos directos, con la elevada participación de la mano de obra derivada del sistema de mediería. Los agroquímicos tienen una baja incidencia, y coherentemente, es levemente superior en la tipología de mayor riesgo de impacto ambiental.

El Cuadro 6 muestra la valoración económica (en términos de disminución de

Cuadro 4: Margen Bruto para las tipologías definidas.

Concepto	Riesgo de impacto		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Ingreso neto (\$/ha)	112001	87072	74667
Costos directos (\$/ha)	54522	43277	37639
Margen bruto (\$/ha)	57479	43795	37028

Cuadro 5: Incidencia de distintos rubros en el costo directo para los tres sistemas.

Concepto	Riesgo de impacto		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Plantines	10.43%	13.15%	15.11%
Labores	4.19%	5.28%	6.07%
Agroquímicos	3.57%	2.03%	2.16%
Protección	0.20%	0.25%	0.28%
Mano de Obra	81.48%	79.19%	76.27%
Interés circulante	0.13%	0.10%	0.12%

Cuadro 6: Pérdida de ingresos y diferencias en margen bruto entre tipologías.

Concepto	ALTO vs. MEDIO	ALTO vs. BAJO
Pérdida de Ingresos (\$/ha)	24929	37334
Pérdida de Margen bruto (\$/ha)	13684	20451

ingresos o resultados) de las tres tipologías; resultan importantes las pérdidas en la producción conservacionista.

La contaminación ambiental es frecuentemente abordada desde una perspectiva ética, haciendo énfasis en los niveles de responsabilidad de los agentes; pocas veces se cuenta con datos descriptivos del contexto en el que se encuentra inserta una actividad productiva y sus condicionamientos. Una práctica conservacionista se puede adoptar cuando: 1) es más provechosa que las otras alternativas, 2) no involucra gastos iniciales o problemas financieros y 3) los retornos por su aplicación no son inciertos (Tisdell, 1996).

En este trabajo se observó que en los sistemas de producción de tomate a campo del cinturón hortícola de la ciudad de Santa Fe, una elevada utilización de plaguicidas (que tiene baja incidencia en los gastos totales) brindó producciones entre 22 y 33% más altas que en sistemas menos intensivos. Además se obtuvo el mayor margen bruto, asociado a un menor descarte y mayor calidad cosmética del producto. Un menor riesgo de contaminación implicó una disminución del 35% del margen bruto aunque las diferencias de uso de plaguicidas fueron relevantes para el ambiente, pues el riesgo de contaminación resultó una vez y media más elevado en los sistemas de uso intensivo de plaguicidas; la frecuencia de los tratamientos explicó el valor del indicador.

Suponiendo igual tecnología, rendimiento y precio de insumos, la producción sin riesgos ambientales, realizada solamente por la tipología de bajo riesgo por uso de agroquímicos, debería recibir un diferencial de precio de un 43% para lograr igual margen bruto que la producción convencional con alto riesgo. Normalmente el consumidor paga un diferencial de precio ante un producto orgánico o derivado de una producción

integrada. Algunos informes señalan como estrategia de marketing para potenciar la imagen de calidad, la utilización de la producción ecológica o integrada, buscando además el llamado efecto locomotora sobre las ventas de productos convencionales (Brugarolas *et al.*, 2002). En Estados Unidos el 55% de los consumidores habituales estarían dispuestos a pagar un 20% más por este tipo de productos (Juliá Igual & Marí, 2002). En la mayoría de los países de la Unión Europea el exceso de precios para los productores de vegetales orgánicos no supera el 30% (Juliá Igual & Marí, 2002). En Latinoamérica, y en especial Chile, los consumidores están dispuestos a pagar hasta un 10% de sobreprecio respecto a las hortalizas convencionales (Souza Casa-dinho, 2000). En Argentina, el sobreprecio por productos orgánicos varía entre un 20 a un 40% dependiendo del producto (Lupín & Gentile, 2003).

Sin embargo, el consumidor promedio prioriza precios a calidad, es decir no esta preparado a pagar más por un producto que aún no siente como necesidad o percibe como mejor (Balbi, 2002).

Durante el ciclo del cultivo considerado en este trabajo, se observó que aplicar tecnología de bajo impacto ambiental no resultó conveniente en términos económicos en el horizonte temporal de la toma de decisiones de productores de tomate.

Por lo tanto, mientras los consumidores no perciban la necesidad de consumir calidad y pagar por ella y frente a la ausencia de políticas y regulaciones que obliguen a producir conservando y permitan disminuir esta brecha económica es de esperar que no cambie el sistema de producción y por ende el riesgo ambiental que implica un alto uso de agroquímicos.

BIBLIOGRAFÍA

- BALBI, M. J.** 2002. Argentina Organic Products Report. USDA Foreign Agricultural Service. URL: <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200203/135683750.pdf>.
- BRUGAROLAS, M. & L. M. RIVERA.** 2002. Comportamiento del consumidor valenciano ante productos ecológicos e integrados. Revista de Estudios Agrosociales y Pesque-ros, 192: 105-121.
- CONSTANZA, R.** 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- FERRARO, D. O.; C. M. GHERSA & G. A. SZNAIDER.** 2003. Evaluation of environmental impact indicators using fuzzy logic to assess the mixed cropping systems of the Inland Pampa, Argentina. *Agric., Ecosys. & Environ.*, 96: 1-18.
- GUICHARD, S.; N. BERTIN; C. LEONARDI & C. GARY.** 2001. Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes. *Agronomie*, 21: 385-392.
- JULIA IGUAL, J. F. & S. MARÍ.** 2002. El mercado hortofrutícola en la Unión Europea. Especial referencia a la producción orgánica. Version : abril 2004. URL: <http://perso.univ-lyon2.fr/~malonso/julia-Mari.PDF>.
- LEI, H.; W. F. TJALLINGII & J. C. VAN LENTEREN.** 1998. Probing and feeding characteristics of the greenhouse whitefly in association with host-plant acceptance and whitefly strains. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88: 73-80.
- LIN, T.; A. SCHWARTZ & Y. SARANGA.** 1999. Non-stomatal factors limit cotton photo-synthesis under silverleaf whitefly stress. *Physiologia Plantarum*, 107: 303-31.
- LUPÍN, B. & N. GENTILE.** 2003. Caracterización del mercado argentino de hortalizas orgánicas. XXXIV Reunión Anual de la AAEA. Río Cuarto, Resumen. pp. 10.
- MIRANDA, M. M. M.; M. PICANCO; J. C. ZANUNCIO & R. N. C. GUEDES.** 1998. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bio-control Sci. & Technol.*, 8: 597-606 (M1.50).
- NORMAN, D. W.; R. O. BURTON, Jr.; S. G. FREYENBERGER; R. D. JONES & J. JOST.** 2002. Financial Analysis for Sustainable Agriculture. Part 1: Gross Margin Analysis, Definitions and Enterprise Analysis. Kansas State University, 14 pp.
- PEARCE, D. W. & R. K. TURNER.** 1995. Medición del daño ambiental. I. El valor económico total. Colegio de Economistas de Madrid (eds.). Ed. Celeste, Madrid, 490 pp.
- ROUSSEL, O.; A. CAVELIER & H. M. G. VAN DER WERF.** 2000. Adaptation and use of fuzzy expert system to assess the environmental effect of pesticides applied to field crops. *Agric., Ecosys. & Environ.*, 80: 143-158.
- SARANDON, S. J.** 1998. Sustentabilidad de la producción frutihortícola. La calidad: ¿aliada o enemiga?. XXI Congreso de Horticultura, San Pedro. Resumen. pp 208.
- SOUZACASADINHO, J.** 2000. La Horticultura orgánica bonaerense: límites y potencialidades para su expansión. Anales de la XXXI Reunión Anual de Asociación Argentina de Economía Agraria, Rosario, Resumen, pp 8.
- TISDELL, C.** 1996. Economic indicators to assess the sustainability of conservation farming projects: an evaluation. *Agric., Ecosys. & Environ.*, 57: 117-131.
- VAN DER WERF, H.** 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agric., Ecosys. & Environ.*, 60: 81-96.
- VAN DER WERF, H. & C. ZIMMER.** 1998. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. *Chemosphere*, 36: 2225-2249.