

Evaluación del impacto ambiental de los plaguicidas en la Producción Hortifrutícola (Parte 2. Cultivos Hortícolas)



Diego Maeso¹, Saturnino Núñez¹, Pablo Núñez²,
Ignacio Mieres², Paula Conde², Felicia Duarte²
y Alfredo Bruno³

Introducción

En una entrega anterior se presentaron los resultados correspondientes a cultivos frutícolas de un trabajo de investigación comenzado por INIA Las Brujas en 2004, tendiente a evaluar el impacto ambiental derivado del uso de plaguicidas. En este artículo se hará lo propio con lo realizado en cultivos hortícolas y, finalmente se discutirán brevemente la información colectada y nuestras acciones en el tema para los próximos años. Dada la gran variedad y heterogeneidad de los cultivos hortícolas producidos en nuestro país, este estudio se restringió a dos: tomate y zanahoria. Tomate por el alto empleo de plaguicidas en su producción, tendiente a controlar sus múltiples problemas sanitarios y zanahoria por su importante área de producción y el surgimiento, en una zona determinada, de una plaga (el gorgojo de la zanahoria, *Listronotus dauci*) cuyo manejo aún no está ajustado y obliga a múltiples aplicaciones de insecticidas.

Como se expresó en el artículo anterior, estos trabajos buscaron obtener información objetiva en el tema que facilitara la toma de decisiones por parte de productores, consumidores y autoridades. En lo referente a INIA, abrir el campo a futuras investigaciones tendientes a mejorar el manejo de plaguicidas para obtener un producto comercial de calidad, sano y seguro, a través de un proceso de producción amigable con el medio ambiente.

¹ Técnicos Protección Vegetal INIA. ² Pasantes convenio INIA-Fac. Agronomía. ³ Consultor BID

Metodología usada en la evaluación del impacto ambiental

La metodología utilizada para la evaluación del impacto ambiental fue la descrita en el artículo precedente. En el caso de producción hortícola, en una primera etapa se realizaron encuestas a 51 productores de tomate y 26 de zanahoria de diferentes zonas del sur del país respecto al manejo, frecuencia de aplicación y tipo de plaguicidas utilizados, con la finalidad de caracterizar el uso de plaguicidas en esos cultivos.

Con esa información se llevaron a cabo dos estudios, en uno se trató de determinar la cantidad de residuos de plaguicidas en los distintos componentes del ecosistema (agua, sedimentos y suelo) y en los productos consumidos por el ser humano (en este caso frutos de tomate y raíces de zanahoria) en cultivos de un área geográfica determinada, asociada a un pequeño curso de agua. Para ello se realizaron análisis químicos, biológicos y estimaciones mediante modelos de simulación (modelo Soilfug, Di Guardo et. al. 1994). Los valores obtenidos fueron comparados con los límites de toxicidad de organismos del ecosistema. Se consideraron dos zonas: la cuenca de la cañada Cuchilla de Rocha (Sauce, departamento de Canelones), con una importante concentración de cultivos de tomate, entre otros, y la cuenca de la Cañada Costas del Colorado (próxima a San Antonio, departamento de Canelones) con una importante concentración de cultivos de zanahoria.

En el otro estudio se calculó el índice de impacto ambiental (EIQ, Kovach et. al. 1992) el cual, en función de las características de los productos aplicados, dosis y frecuencia de aplicación, permitió contrastar el impacto ambiental producido por tecnologías de control o sistemas de producción diferentes.

Los sistemas de producción comparados fueron el sistema convencional (PC) y la Producción Integrada (PI). La principal diferencia entre ambos radica en que en la PI hay un mayor compromiso con el medio ambiente, respetándose normas de producción que tienden a lograr, entre otras metas, una mayor sustentabilidad ambiental de la producción.

Para ello son claves la selección de plaguicidas de bajo impacto ambiental y su uso racional. Para el trabajo en zanahoria, como aún no existen cultivos bajo el sistema de producción integrada, la comparación se hizo entre áreas con y sin problemas de gorgojos.

A continuación se describen algunos de los resultados obtenidos.

Manipulación de plaguicidas

En las encuestas se detectaron problemas similares a los encontrados en fruticultura.

En tomate podemos mencionar la falta de una adecuada protección en la aplicación (solamente el 58% de los productores encuestados usa máscara y el 18% de ellos realiza las aplicaciones sin ningún tipo de protección, al cual se debe agregar un porcentaje variable que usa protección parcial).

Otras limitantes están relacionadas a la eficiencia de las aplicaciones. Al respecto, se encontró que 49% de los encuestados no usa máquinas diferentes para aplicar herbicidas, lo cual probablemente ocasione fallas en la aplicación (las boquillas apropiadas para aplicación de herbicidas no lo son para otros plaguicidas) y toxicidad al cultivo por restos de herbicidas si el lavado de la máquina no fue adecuado.

La gran mayoría (80%) de los productores calcula las dosis de los plaguicidas en base a un volumen de 100 litros de agua, sin considerar que los gastos de agua por superficie utilizados varían enormemente entre los



Cultivo de tomate en la cuenca de la Cañada Cuchilla de Rocha

productores encuestados. Esto seguramente ocasiona fallas de control por la sub-dosificación o de toxicidad por sobre-dosificación de los activos.

Se repite también lo observado en fruticultura relativo a la destrucción de los envases vacíos, no contándose con un mecanismo apropiado para su disposición final. En su mayoría, los productores contestaron que quemaban los envases vacíos de plaguicidas.

La información obtenida con productores de zanahoria reproduce lo observado en tomate con algunas diferencias. En este cultivo solamente el 19% de los encuestados usa máquinas diferentes para la aplicación de herbicidas y un porcentaje más alto (46%) utiliza la dosis por hectárea para calcular la cantidad de plaguicida a aplicar. Estas diferencias seguramente se deben a que la aplicación de plaguicidas en zanahoria se hace en su mayoría con pulverizadores de baral y a la importancia relativa que tienen los herbicidas en este cultivo, cuyas dosis forzosamente deben calcularse por unidad de superficie.

También en zanahoria, la protección del operario durante la aplicación de plaguicidas es incompleta (19% no se protege y 46% usa máscara) y se registran problemas en la deposición final de los envases (65% los quema).

Perfil del manejo sanitario

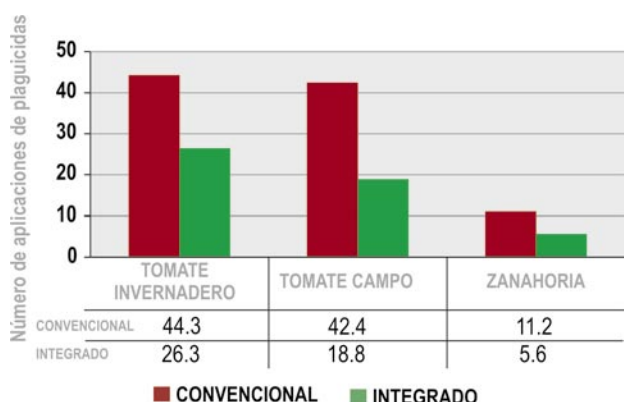
Con los datos recabados en las encuestas (número de aplicaciones, principios activos utilizados y dosis) se definieron perfiles promedios de aplicación de plaguicidas para los sistemas de producción convencional (PC) e integrada (PI) en los cultivos de tomate y zanahoria. Dado que no existen aún productores de zanahoria en el programa de producción integrada, la diferenciación entre sistemas en este cultivo se realizó entre dos zonas con diferente problemática sanitaria. La diferencia entre zonas se debió a la incidencia del gorgojo de la zanahoria, en una zona que obliga a los productores a realizar numerosas aplicaciones de insecticidas.



Naciente de Cañada Cuchilla de Rocha

De acuerdo a la Gráfica 1, en el sistema de producción integrada (o en el caso de zanahoria, en la zona sin gorgojo) se emplean alrededor de un 50% menos de aplicaciones de plaguicidas.

En tomate esta reducción va acompañada con una selección racional de productos, tendiendo a usarse en PI con mucha mayor frecuencia plaguicidas selectivos y de menor toxicidad que en PC. A modo de ejemplo, en PI no se emplean metamidofos, piretroides y antibióticos. Mancozeb en tanto, es únicamente empleado en la producción bajo invernáculo, en productos comerciales ya formulados en mezcla con otros fungicidas.



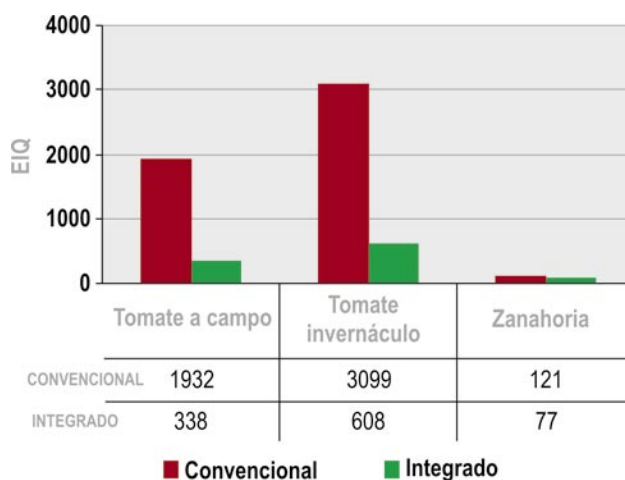
Gráfica 1 - Número promedio de aplicaciones de plaguicidas (insecticidas y fungicidas) en distintos cultivos hortícolas y diferentes sistemas de producción.

En zanahoria, la diferencia en el número de aplicaciones, como era de esperar, se debió a los insecticidas usados para controlar gorgojo, fundamentalmente clorpirifos y cipermetrina

Índice de impacto ambiental

Los valores del Índice de Impacto Ambiental (EIQ) calculados fueron siempre más altos en el sistema de producción convencional que en producción integrada (Gráfica 2). El tomate es el cultivo donde se observó la mayor diferencia entre sistemas, las cuales son consecuencia, no solo del número de aplicaciones, sino del impacto relativo de los productos empleados. Los fungicidas (cúpricos y no cúpricos) son los plaguicidas que más contribuyen al valor final del índice (90% aproximadamente), existiendo diferencias entre los cultivos de invernadero y campo. En los cultivos de campo, los cúpricos son los que más contribuyen al índice (58%), mientras que en invernáculo son los fungicidas no cúpricos (50%). Eso es explicado por los diferentes problemas sanitarios de esos cultivos (“botritis” en invernadero y bacteriosis en campo).

Los índices obtenidos en zanahoria, mucho menores que los de tomate (también lo era el número de apli-



Gráfica 2 - Valores del Índice de Impacto Ambiental (EIQ) en distintos cultivos hortícolas y diferentes sistemas de producción.

caciones) reflejan la incidencia del uso de insecticidas para el control del gorgojo (Cuadro 1).

Cuadro 1 - % de incidencia de los distintos plaguicidas en el índice de impacto ambiental en cultivos de zanahoria.

	Con gorgojo	Sin gorgojo
Insecticidas	52	27
Fungicidas cúpricos	20	20
Fungicidas no cúpricos	12	19
Herbicidas	16	34

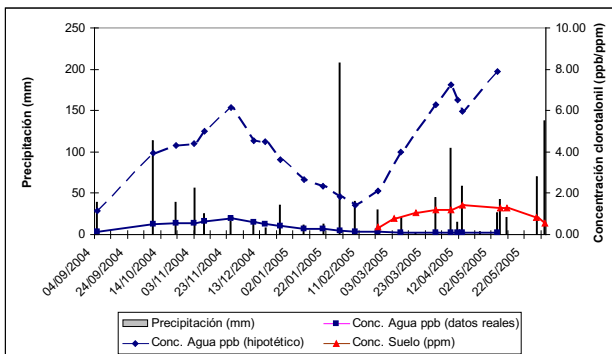
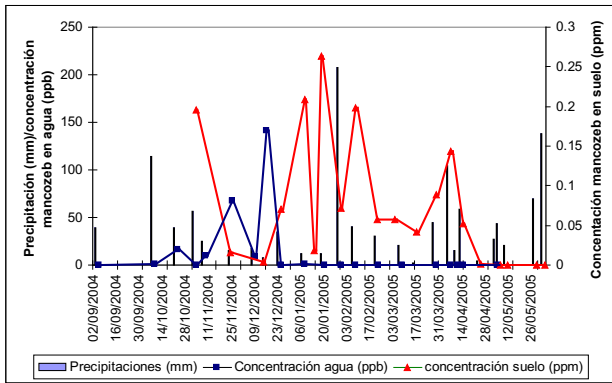
Seguimiento de los niveles de residuos

Tomate

Según la encuesta, los plaguicidas más utilizados por los productores de tomate de Cuchilla de Rocha fueron: mancozeb, clorotalonil y metamidofos.

El número de aplicaciones usado en la estimación de niveles de residuos con el modelo Soilfug y considerados representativos de la zona fue: 11 aplicaciones de mancozeb, 8 de clorotalonil y 7 de metamidofos, todas ellas concentradas entre noviembre y abril.

Para la estimación de residuos en agua de la cañada se plantearon dos escenarios, uno real tomando en cuenta lo realizado efectivamente por los productores de tomate (13 % del área cultivada) y uno hipotético en el cual se suponía que toda el área de la cuenca estaba cultivada con tomate y empleaba el esquema de aplicaciones mencionado. Los datos de estimación de residuos en suelo corresponden a productores específicos de los cuales se extrajeron muestras para análisis y se conocían todos los detalles de las aplicaciones de cada producto.



Gráfica 3 - Evolución de residuos de plaguicidas en suelo y agua, Soilfug, en cultivo de tomate, cuenca de la cañada C. de Rocha.

Los niveles de residuos en agua y suelo de estos tres plaguicidas estimados por el modelo Soilfug, fueron más altos en los momentos de mayor número de aplicaciones según la encuesta (Gráfica 3). No obstante, si esos valores se comparan con los niveles tóxicos para organismos indicadores (*Daphnia magna* en agua y lombrices de tierra), no superan los LC50¹ de los organismos indicadores (Ecotox, PAN) en ambos escenarios. Cabe destacar la diferente evolución de los residuos de mancozeb y metamidofos comparados con los de clorotoloniil. Este último producto, debido a sus características, tiende a mantener sus niveles de residuos en suelo por mayor tiempo.

No se detectaron residuos de los plaguicidas utilizados en tomate en los análisis químicos de aguas y sedimentos de la cañada de Cuchilla de Rocha durante la temporada de cultivo, a inicios o a finales de la cuenca bajo estudio. Sí se detectaron a fines de marzo, residuos de productos que probablemente provenían de los predios frutícolas cercanos a la zona de muestreo (captan, carbaril e iprodione). No se encontró toxicidad en los organismos indicadores usados en las pruebas biológicas con esas muestras.

¹ LC50: Concentración letal 50. La concentración de una sustancia que mata al 50% de los individuos cuando es administrada en una única exposición. Da idea de la toxicidad aguda relativa de esa sustancia.

Se tomaron muestras de suelos para análisis de residuos de plaguicidas en cuatro oportunidades: 11/2, 2/3, 31/3 y 6/5, en tres cultivos en cada oportunidad. En casi todos los momentos se detectaron residuos de clorpirifos y clorotoloniil en porcentaje variable, sin embargo los niveles detectados no superaron los LC 50 de los organismos indicadores (lombriz de tierra, *E. foetida*).

En los suelos de tres predios donde se cultivaba tomate en la cuenca de la cañada Cuchilla de Rocha se detectaron residuos de metabolitos de DDT, confirmando, al igual que lo observado en suelos frutícolas, la alta persistencia de este tipo de plaguicidas luego de muchos años sin uso.

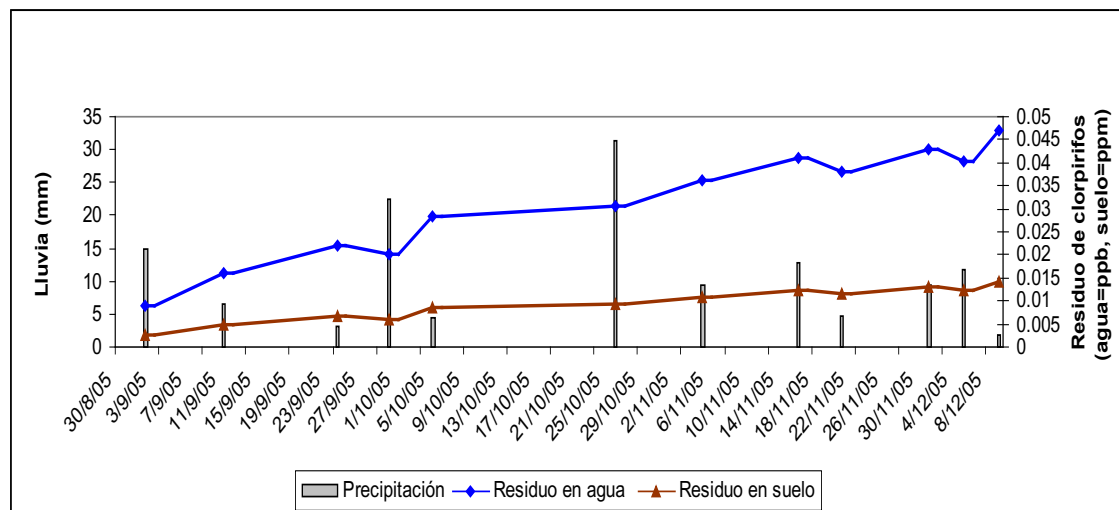
Zanahoria

Según el relevamiento efectuado, el plaguicida más utilizado entre los productores de zanahoria de la cuenca de la cañada Costas del Colorado fue clorpirifos, del cual se realizan en promedio siete aplicaciones quincenales por cultivo. En la Gráfica 4 se muestran las estimaciones de residuos en agua y suelo realizadas con el modelo Soilfug tomando en cuenta esa información, usando un escenario extremo (dosis de 0.8 kg/ha de i.a. y nueve aplicaciones quincenales por ciclo). Los niveles de residuos en agua y suelo de clorpirifos estimados por el modelo Soilfug muestran una tendencia acumulativa gradual llegando a diciembre con niveles máximos esperados de 0.047 ppm en suelo y 0.0143 ppb en agua. A diferencia de lo que ocurrió en los otros cultivos, en este caso los niveles estimados de residuos en agua sí superan los niveles tóxicos para *Daphnia magna*. En suelo, los niveles estimados no superaron los LC50 de los organismos indicadores.

No se detectaron plaguicidas en los análisis químicos de agua y sedimentos de la cañada de Costas del Colorado realizados complementariamente a las estimaciones con el modelo Soilfug durante la temporada de cultivo.



Cañada Costas del Colorado



Gráfica 4 - Evolución de los niveles de residuos de clorpirifos en suelo y agua estimados con el modelo Soilfug usando información de cultivos de zanahoria, cañada Costas del Colorado, Canelones.

Clorpirifos fue detectado en todas las muestras de suelo a fines de octubre (niveles de 0.2, 0.01 y 0.09 ppm respectivamente) y mediados de noviembre (0.5, 0.02 y 0.18 ppm). Cipermetrina fue detectado en todas las muestras de suelo a fines de octubre y en una a fines de noviembre a nivel de trazas. Esta información es consistente con la aplicación de ambos productos en mezcla por los productores y con las características de persistencia de ambos en suelo.

Las pruebas biológicas practicadas evidenciaron toxicidad aguda a *Daphnia magna* en tres muestras de suelo en dos fechas de análisis: 26/10 y 17/11, resultados que concuerdan con los niveles detectados de plaguicidas en suelo por métodos químicos.

En las muestras de suelo analizadas en esta zona no se detectaron residuos de metabolitos de DDT, lo cual podría ser explicado por el reciente uso agrícola de esos suelos.

Residuos de plaguicidas en el producto final

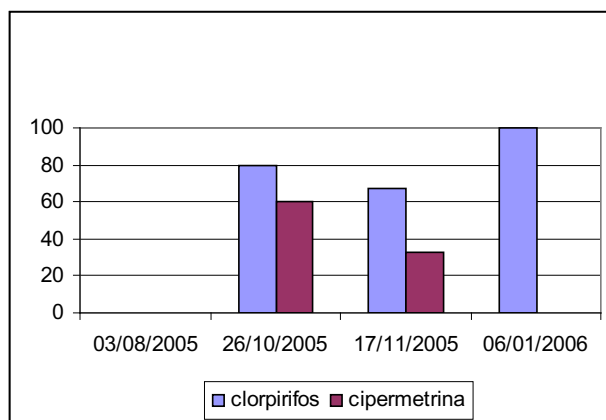
En primer lugar se debe aclarar que el número de muestras analizadas no permite sacar grandes conclusiones respecto a si el empleo de uno u otro sistema (PC o PI) se traduce en más o menos residuos en el producto final. En tomate, a nivel global, se detectaron residuos de plaguicidas en el 32% de las muestras de frutos analizadas (7/22). Si se separan por tipo de cultivo, corresponden al 25% de las muestras tomadas de invernaderos (2/8) y al 36% de cultivos a campo (5/14). En cuanto al sistema de producción: 38% de producción integrada (3/8) y 25% de convencional (3/12).

Sin embargo es importante detallar los plaguicidas detectados y sus niveles: procimidone (en invernadero de PI en dos oportunidades, 0.01 ppm), clorotalonil (en cul-

tivo a campo de PC, en dos oportunidades, 0.01 ppm), cipermetrina, clorpirifos y metamidfos (en cultivos a campo de PC una oportunidad, a nivel de trazas) y metil-clorpirifos (en cultivo a campo de PI en una oportunidad, a nivel de trazas). Un aspecto importante a tener en cuenta fue la imposibilidad de detección, por problemas de ajuste de técnica, de mancozeb, producto que como vimos, es muy usado en la producción convencional de tomate y no en integrada.

Cabe destacar que ninguno de los valores de residuos encontrados en frutos de tomate excede lo estipulado por el Codex Alimentarius como inocuo para la alimentación humana (<http://www.codexalimentarius.net>).

Debemos aquí recordar que la presencia de residuos de plaguicidas en fruta depende de lo realizado en los momentos cercanos a la cosecha; de esa forma, un manejo de plaguicidas ambientalmente amigable como lo es la PI no se diferencia de otro manejo con mayor carga



Gráfica 5 - Porcentaje de suelos con residuos de plaguicidas en cuatro fechas de análisis.



Cultivo de zanahoria en la cuenca de la cañada Costas del Colorado

de plaguicidas durante todo el ciclo si las aplicaciones cercanas a la cosecha en ambos fueron similares. Lo que sí es importante resaltar desde el punto de vista del consumo humano, es que si el productor respeta el tiempo de espera² de los productos que aplica, los residuos de los mismos en el producto final no superarán los valores admitidos.

El único plaguicida detectado en raíces de zanahoria fue clorpirifos. Este insecticida fue detectado en todas las muestras de raíces tomadas en los cultivos de la zona donde el gorgojo era un problema importante y en el 50% de las muestras tomadas en febrero 2006 en el resto de las zonas. Llama la atención, y en eso influye lo mencionado en tomate respecto a los tiempos de espera, que a pesar del número de aplicaciones realizadas durante la temporada, los niveles determinados (<0.06 ppm) en raíces fueron inferiores al LMR³ del Codex Alimentarius (0.5 ppm).

Comentarios finales

- De acuerdo a los resultados obtenidos hasta el momento es posible concluir que el número de aplicaciones de plaguicidas en los cultivos de producción convencional analizados puede ser reducido en forma significativa como lo demuestran los valores registrados en los sistemas de producción integrada. Esto, como se demostró, incide en los valores finales de los índices de impacto ambiental calculados.

²Tiempo que debe transcurrir entre la aplicación de un plaguicida y la cosecha.

³LMR: Concentración máxima de residuos de un plaguicida (expresada en mg/kg) en la superficie o la parte interna de productos alimenticios para consumo humano, recomendada por la Comisión del Codex Alimentarius, para que se permita legalmente su uso. Los alimentos que se ajustan a los respectivos LMR son toxicológicamente aceptables e inocuos para el ser humano. Los valores se obtienen basándose en la evaluación toxicológica del plaguicida y su residuo y el examen de datos de residuos obtenidos en ensayos y usos supervisados. (<http://www.fao.org/waicent/faostat/Pest-Residue/pest-s.htm>)

- Otro factor que aumenta esos índices en la producción convencional, es el uso excesivo de plaguicidas de alta toxicidad y baja selectividad como metilazinfos y metilparation en fructicultura y mancozeb, metamidofos, clorpirifos y piretroides en los cultivos hortícolas.

- Contrariamente a lo que comúnmente se cree, los fungicidas fueron los plaguicidas que más contribuyeron al impacto ambiental calculado a través del índice EIQ. Dentro de ellos debe hacerse una especial referencia a los fungicidas cúpricos, a los que se les atribuye un alto impacto ambiental debido fundamentalmente a su persistencia.

- Tanto los niveles de contaminación de plaguicidas estimados por el modelo Soilfug, como los detectados por análisis en los distintos componentes de los ecosistemas frutícolas y hortícolas, se encuentran en general dentro de niveles aceptables en comparación con los indicadores de toxicidad utilizados a nivel mundial. No obstante, el modelo Soilfug predice niveles potencialmente peligrosos de algunos plaguicidas que afectarían a los organismos indicadores (*Daphnia magna*): clorpirifos en la cuenca con cultivos de zanahoria y metilazinfos y metilparation en la cuenca con frutales.

- A pesar del uso excesivo de plaguicidas en algunos rubros, el hecho de que en nuestro país coexisten superficies dedicadas a cultivos y áreas sin cultivar, atemperan o bajan los niveles de residuos en aguas de escurrimiento superficial. Este hecho reafirma la importancia de que exista diversidad en nuestros agroecosistemas.

- En cuanto a los niveles de residuos de los plaguicidas en los productos finales: frutos y raíces, a excepción de una muestra, la totalidad de los niveles detectados estuvieron por debajo de los máximos permitidos en el Codex Alimentarius. En este sentido es necesario rescatar el valor real de cada una de las determinaciones. En general los plaguicidas que se detectaron en frutas o raíces, son aquellos que por su corto tiempo de espera se aplican cerca de cosecha (a excepción de clorpirifos), y los niveles detectados no implican riesgos para la



salud del consumidor, sin embargo, nada nos dice sobre el impacto ambiental del sistema de producción utilizado. Un sistema de producción que respete los tiempos de espera pero que no se preocupe del medio ambiente, puede obtener el mismo tipo de fruta, desde el punto de vista de su inocuidad, que un sistema de producción comprometido con el cuidado del medio ambiente.

- La conservación del medio ambiente tiene en general un costo económico adicional para los distintos sistemas de producción agrícola, razón por la cual el productor puede perder competitividad en aquellos mercados que solo valoren el producto y no la forma en que el mismo se produce.

En este escenario se requiere un rol protagónico del Estado para la promoción de los sistemas de producción amigables con el medio ambiente, que permita su utilización generalizada.

Debe tenerse en cuenta además que la conservación del medio ambiente tiene un valor estratégico para el país.



Perspectivas futuras

La investigación realizada hasta el momento es apenas una pequeña foto de la situación de plaguicidas a nivel de la producción hortifrutícola. Consideramos necesario continuar con estos trabajos a los efectos de tener un real conocimiento de la situación de plaguicidas a nivel productivo, así como lograr evaluar adecuadamente el impacto ambiental de las tecnologías recomendadas por la investigación nacional.

En función de la falta de información a nivel nacional del impacto de los plaguicidas, INIA considera importante continuar con el desarrollo de trabajos en el tema, priorizando además los aspectos referidos a la salud del productor y trabajador rural, la biodiversidad y la deriva potencial en la aplicación de los plaguicidas. En este sentido la continuación de esta investigación permitirá comparar el impacto ambiental de los sistemas de producción convencionales con otros diferenciados en cuanto a su conciencia ambiental (sistemas orgánicos e integrados).

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los numerosos colegas asesores técnicos privados y de organismos públicos (DIGEGR, Facultad de Agronomía, INIA, etc.), a todos los productores de las microcuencas seleccionadas y aquellos participantes de las encuestas quienes gentilmente y desinteresadamente contribuyeron a la realización de estos trabajos. Sin su valiosa colaboración esta actividad hubiera sido imposible. A todos ellos: ¡Gracias!

Bibliografía

- 1 - CARREGA E. et al. Informe final: Análisis de los cuadernos de campo temporada 2004-2005. Predeg INIA-Facultad de Agronomía
- 2 - <http://www.codexalimentarius.net/web/indexen.jsp>
- 3 - DI GUARDO, A.; D. CALAMARI; G. ZANIN; A. CONSALTER y D. MACKAY. 1994. A fugacity model of pesticide runoff to surface water: development and validation. Chemosphere, Vol. 28, N° 3 pp. 511-531. Elsevier Science Ltd. Great Britain.
- 4 - KOVACH, J., C. PETZOLD, J. DEGNI and J. TETTE. 1992. A method to measure the environmental effect of pesticides. N.Y. Food Life Sci. Bull. N° 139. U.S.A.
- 5 - LEONI, C. et al. 2003. Síntesis de las normas de producción integrada de: Ajo, Cebolla, Lechuga a campo, Lechuga en invernáculo, Frutilla, Tomate a campo y Tomate en invernáculo. In: Producción Integrada en Uruguay. Proyecto PREDEG - GTZ, Montevideo, Uruguay. 258 p.
- 6 - <http://www.ipmcenters.org/Ecotox/DataAccess.cfm>
- 7 - PAN Pesticides Database - Chemical Toxicity Studies on Aquatic Organisms <http://www.pesticideinfo.org> (Footnotes)