

# Riesgo de contaminación de aguas y suelos debido al uso de plaguicidas en la producción frutal en la Región del Maule. Una mirada a la sustentabilidad.

**MARCELO KOGAN A. 2**

**MANUEL ARAYA F. 1y2**

**CLAUDIO ALISTER H. 1y2**

1 Escuela de Ciencias Agrícolas,  
Universidad Viña del Mar

2 SIDAL Limitada.

## INTRODUCCION

Los principales países importadores, y competidores de nuestros productos han desarrollado políticas destinadas a evaluar el estado de sus recursos naturales, y dentro de estos, un punto importante ha sido estudiar y monitorear la dinámica de los insumos productivos agrícolas, para con esto mantener los recursos de agua con los niveles de inocuidad que permitan su uso para la producción y consumo humano. Así, Estados Unidos de América por más de 15 años ha desarrollado el programa NAWQA (National Water Quality Assessment), el cual se encarga de monitorear más de 72 compuestos químicos de uso agrícola a través de los principales cauces y áreas agrícolas en todo el país. De igual forma Australia con el programa NWQMS (National Water Quality Management Strategy), la Comunidad Europea, a través de la European Environmental Agency, y en Sudamérica (Brasil) mediante el Ministerio del Medio Ambiente, están realizando un trabajo similar en cuanto al cuidado de los recursos naturales y fuentes de agua.

Naturalmente, que el monitoreo de los recursos naturales (suelo, agua, flora y fauna) por sí solo no ofrece solución

a los problemas de contaminación de estos, sino que debe ir de la mano con trabajos de investigación específicos, los cuales deben generar la información de "causa-efecto", que permita corregir manejos productivos, y así disminuir el riesgo de contaminación de suelos y aguas. En Chile, lamentablemente la información científica relacionada a este tema se ha ido generando muy lentamente, a una tasa de no más de cuatro publicaciones científicas al año desde la década del 70. En cambio los otros países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) han generado investigación a una tasa aproximada de 5.100 publicaciones/año. Esta situación pone a los productores Chilenos en una difícil situación, de hecho en Europa, EUA, Australia, Nueva Zelanda y Brasil, existen programas gubernamentales destinados a estudiar la dinámica de los plaguicidas en el ambiente y otros insumos dentro de las principales aéreas productivas.

Es por esto que en el año 2008 los investigadores del Centro de Investigación Agrícola y Ambiental (CIAA), existente en ese tiempo, en la Universidad de Viña del Mar, vió la necesidad de estudiar lo que estaba pasando con los recursos hídricos asociados a la producción frutícola y analizar el impacto que esta tendría sobre la calidad de las aguas, respecto a residuos de plaguicidas y otros insumos productivos. Esta idea se concretó en el proyecto INNOVA Chile "Desarrollo de un sistema de monitoreo para la gestión ambiental de la calidad de aguas y suelo destinados a la producción frutícola de exportación", que fue exitosamente apoyado y financiado por la empresa COPEFRUT

PROYECTO  
INNOVA CHILE  
FINANCIADO POR  
CORFO Y COPEFRUT S.A  
Y DESARROLLADO  
POR LA UNIVERSIDAD DE  
VIÑA DEL MAR  
DURANTE LOS AÑOS  
2008 Y 2013

S.A y el Gobierno de Chile. Durante 48 meses de investigación y 36 meses de monitoreo de suelo y aguas, se generó un cúmulo de información muy valiosa, que permitirá generar y desarrollar planes de manejo sustentables con base científica. En este artículo se presenta un resumen de sus principales resultados, esperando que la información que se entrega sea de utilidad para toda persona con un concepto de Producción Sustentable.

## RIESGO DE USO DE PLAGUICIDAS EN LA PRODUCCION FRUTICOLA.

El término *producción sustentable* se le relaciona directamente con el medio ambiente, sin embargo es un término más complejo dado que una producción sustentable significa que debe generar un retorno económico que permita

mantenerse en el tiempo (Sustentabilidad Económica), para con esto mantener fuentes de trabajo (Sustentabilidad Social), pero sin generar deterioro de los recursos naturales como el aire, suelo y agua (Sustentabilidad Ambiental). Por ende no se puede pensar en reducir en forma arbitraria el uso de plaguicidas sin tener en mente el impacto que esto podría tener en la producción agrícola.

En el proyecto INNOVA, para evaluar el efecto real de los manejos productivos sobre la calidad de las aguas se seleccionaron cinco predios, los cuales fueron caracterizados respecto a sus suelos, áreas de manejo agronómico (especie frutal) (Figuras 1 a 3), y principalmente respecto al contenido de plaguicidas, nitratos, amonio de las aguas al ingreso y salida de los predios (Figuras 4 a 6).

Durante cada una de las temporadas frutícolas se colectó la información respecto a las aplicaciones de plaguicidas realizadas en cada uno de los cuarteles o sectores productivos, y con esto se fue determinando la carga química aplicada, así como el número de ingredientes activos utilizados. Durante los cuatro años de trabajo y en los cinco predios estudiados, el promedio anual de ingredientes activos, de los diversos plaguicidas utilizados por año, fue de 14, fluctuando de 10 a 17 de acuerdo a las condiciones climáticas del año, la especie frutal existente en el predio y el ingreso de nuevas plantaciones o reconversión de algunas de ellas.

Otro parámetro importante fue la carga química anual utilizada en cada especie frutal, dado que el riesgo de contaminación está directamente relacionado con la cantidad del plaguicida utilizado en el campo. Manzano fue la especie en la que se utilizó la mayor cantidad de plaguicidas, muy por sobre los otros rubros como cerezo, kiwi, ciruelo y viñas. Es interesante destacar que de acuerdo a antiguos reportes, relacionado con los kilos de plaguicida utilizados por hectarea al año, en estos huertos estaría ocurriendo una reducción en la cantidad utilizada, pasando del 4,7 kg en el año 1998 (MINSAL, 1998) a la cantidad actual de 3,8 kg, lo que se podría explicar debido a la incorporación de compuesto



**FIGURA 1.** Predio ubicado en la comuna de Molina. Los estudios se realizaron durante los años 2009-2012. M: Manzanos; K: Kiwis; C: Cerezos; V: Viña.



**FIGURA 2.** Predios ubicados en la comuna de Sagrada Familia. Los estudios se realizaron durante los años 2009-2012. M: Manzanos; K: Kiwis; C: Cerezos; Ci: Ciruelos.



**FIGURA 3.** Predio ubicado en la comuna de Teno. Los estudios se realizaron durante los años 2009-2012. M: Manzanos; K: Kiwis; C: Cerezos; V: Viña.



FIGURA 4. Entradas y salidas de agua del predio estudiado en la comuna de Molina, durante los años 2009-2012.



FIGURA 5. Entradas y salidas de agua de los predios estudiados en la comuna de Sagrada Familia, durante los años 2009-2012.



FIGURA 6. Entradas y salidas de agua del predio estudiado en la comuna de Teno, durante los años 2009-2012.

más activos y que por ello se aplica una menor cantidad de ingrediente activo por hectarea, además del uso de sistema de Manejo Integrado de Plagas.

Durante los 36 meses de monitoreo de las aguas y suelos, se colectaron aproximadamente 1.584 muestras de agua y 875 de suelo, realizando en ellas aproximadamente 46.200 análisis inorgánicos en agua, 61.600 análisis de residuos de plaguicidas en aguas y 35.000 análisis de residuos de plaguicidas en suelo. Esta alta intensidad de muestreo permitió evaluar el riesgo del uso de plaguicidas como contaminantes del agua y principalmente medir el impacto de la actividad frutícola sobre las aguas, como resultado de las prácticas agronómicas actualmente en uso en esos huertos, las cuales están certificadas bajo procedimientos BPA (Buenas Prácticas Agrícolas).

A continuación se presenta un resumen de los principales logros del proyecto:

#### Nitrógeno y otros elementos inorgánicos:

En general los resultados mostraron que la calidad de las aguas (superficiales y profundas), respecto al contenido de analitos inorgánicos, no presentaron problemas de importancia. Sin embargo el contenido de nitrógeno, en algunos momentos se encontró en exceso, siendo el amonio en aguas superficiales y pozos-norias el que mostró una mayor frecuencia de detección, siendo de 37 y 19%, respectivamente, por sobre la norma más estricta (Europea). En el caso de los nitratos, y como era de esperar, la mayor frecuencia de detección fue en las aguas de pozos-norias, con un porcentaje de muestras que superaron la norma nacional cercano a 4%. Es relevante destacar que en Chile sólo existe una norma oficial para nitratos en agua, pero no para el contenido de amonio, lo cual deja al país expuesto a que se nos fiscalice en base a la norma europea o americana, dependiendo del mercado en el cual estemos siendo evaluados, y al no tener una norma propia nos deja muy vulnerables.

Lo interesante es que un 65% de las muestras que presentaron nitrato y un 51% de las muestras que presentaron

**CUADRO 1.** Aporte de nitrógeno de las aguas que ingresaron a los predios en estudio, durante los 36 meses de monitoreo.

SITIO	TEMPORADA DE RIEGO*				PROMEDIO ANUAL
	2009	2010	2011	2012*	
	Kg N ha <sup>-1</sup>				
Molina	20,9	19,7	15,1	8,8	16,1
Sagrada Familia	15,9	19,2	17,3	7,4	14,9
Teno	12,5	29,4	13,1	8,9	15,9
Promedio por sitio	16,4	22,8	15,1	8,4	15,7

\*Desde Septiembre hasta Abril de cada año, con excepción del 2012 que fue hasta noviembre.

amonio fueron detectados en las aguas de salida de cada predio, observándose que la variación anual de las concentraciones en las aguas fue muy similar en las entradas y en las salidas, lo que indica que prácticamente el manejo de los predios estudiados no hizo variar mayormente el estado "natural" de las fuentes de agua.

Desde un punto de vista agrícola, lo más interesante es el aporte de nitrógeno que se estaría realizando a través del agua de riego. Así, considerando un riego equivalente a 100 mm al mes se estaría realizando aportes de nitrógeno, considerando nitratos y amonios, de 13 a 22 kg N ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1). Estos resultados, que fueron muy similares durante los 36 meses de monitoreo, abre la posibilidad de: a) Producir un ahorro importante a los productores, en cuanto a fertilización, dado que en algunos casos sólo con el nitrógeno que aportaría el riego se estaría entregando todo lo necesario para la planta, y b) al reducir la fertilización nitrogenada, y aprovechando la que traen las aguas, se generaría un efecto de remoción del nitrógeno de las aguas, ya que las aguas que saldrían de los predios a través de los drenajes tendrían un contenido muy inferior al presente en el ingreso, además de disminuir las concentraciones en los lixiviados que estarían llegando a las aguas subsuperficiales. Todo esto tiene un importante efecto en término de disminuir la contaminación (Sostenibilidad Ambiental).

#### Residuos de plaguicidas en las aguas:

Con relación a los residuos de plaguicidas en las aguas de los predios en estudio, se encontraron resultados muy interesantes respecto a lo que se esperaba. Los plaguicidas que fueron monitoreados se seleccionaron en base al uso histórico (revisión de las aplicaciones realizadas en las últimas cuatro temporadas antes de iniciar el proyecto), uso actual y otros plaguicidas utilizados en otros rubros (cultivos), que podrían estar presentes en las aguas. Además, la lista se definió en base a la capacidad analítica de nuestro laboratorio, la cual pudiera asegurar recuperaciones

**CUADRO 2.** Frecuencia y detección de los 40 plaguicidas seleccionados, que fueron monitoreados en los cauces de aguas superficiales en los cinco predios en estudio.

PLAGUICIDA	FRECUENCIA (%)	CONCENTRACIÓN (µG L <sup>-1</sup> )	PLAGUICIDA	FRECUENCIA (%)	CONCENTRACIÓN (µG L <sup>-1</sup> )
Diazinon	29,231	3,370	Clofentezine	2,470	0,074
Metolaclor	25,403	3,475	Fluquinconazole	2,087	0,010
Penconazole	18,261	1,067	Trifloxystrobin	1,722	0,176
Iprodione	16,630	0,520	Oxyfluorfen	1,208	0,044
Flusilazol	16,470	0,338	Azoxistrobin	0,899	0,070
Kresoxim-metil	13,003	0,178	Indoxacarb	0,851	0,327
Methidation	12,686	0,169	Dimetoato	0,725	0,005
Atrazina	12,468	0,297	Azinfos-metil	0,690	0,032
Terbutilazina	10,763	3,408	Cletodim	0,406	0,005
Carbaril	10,384	0,175	Piridaben	0,216	0,002
Tebuconazole	9,637	1,066	Fenbuconazole	0,203	0,004
Bifentrin	9,043	0,470	DPA	0,216	0,039
Trifluralina*	8,731	1,415	Folpet	0,000	0,000
Simazina	6,698	0,292	Pendimetalina	0,000	0,000
Clorpirifos	5,433	0,920	Esfenvalerato	0,000	0,000
Difeconazole	5,262	0,911	Cyaloctrina	0,000	0,000
Phosmet	5,190	0,103	L-Cyaloctrina	0,000	0,000
Triflumizole	4,713	0,390	Tebufenozide	0,000	0,000
Pirimetanil	4,400	0,440	Acetamiprid	0,000	0,000
Buprofezin	2,784	0,139	Pyraclostrobin	0,000	0,000

\*Producto determinado en las muestras pero no confirmado.

mayores al 80% y límites de detección inferiores a 0,1 µg L<sup>-1</sup>, dado que esta es la Norma de Referencia en la Comunidad Europea, que es la más estricta del mundo.

En los Cuadros 2 y 3 se presenta la frecuencia de detección y concentración máxima detectada en las muestras de aguas superficiales y de pozos-norrias, respectivamente.

De acuerdo a los resultados se puede indicar que:

1. Sólo un 28 % de las muestras de pozos-norrias y un 48 % de las aguas superficiales sobrepasaron la Norma Europea.

2. Ninguna muestra sobrepasó los límites o concentraciones de alerta actualmente existentes en Estados Unidos.

3. De las diez más altas frecuencias de detección en aguas superficiales, siete de los plaguicidas fueron utilizados en algunos de los predios durante los 36 meses de monitoreo, pero en el caso de

**CUADRO 3.** Frecuencia y detección de los 40 plaguicidas seleccionados, que fueron monitoreados en los pozos-norrias de los cinco predios en estudio.

PLAGUICIDA	FRECUENCIA (%)	CONCENTRACIÓN ( $\mu\text{G L}^{-1}$ )	PLAGUICIDA	FRECUENCIA (%)	CONCENTRACIÓN ( $\mu\text{G L}^{-1}$ )
Metolaclor	29,008	7,558	Buprofezin	0,789	0,479
Diazinon	21,666	3,821	Triflumizole	0,751	0,094
Bifentrin	13,048	1,117	Clofentezine	0,751	0,003
Terbutilazina	12,937	4,691	Indoxacarb	0,592	0,008
Penconazole	9,526	1,025	DPA	0,549	0,004
Trifluralina*	8,667	1,897	Oxyfluorfen	0,385	0,014
Clorpirifos	7,882	1,078	Azoxistrobin	0,385	0,176
Iprodione	6,790	0,319	Tebufenozide	0,385	0,007
Flusilazol	6,755	0,733	Folpet	0,366	0,009
Atrazina	6,510	0,683	Esfenvalerato	0,366	0,078
Tebuconazole	6,123	4,811	Cletodim	0,000	0,000
Carbaril	4,780	0,076	Dimetoato	0,000	0,000
Kresoxim-metil	4,629	0,059	Pyraclostrobin	0,000	0,000
Methidation	3,988	0,084	Piridaben	0,000	0,000
Pyrimetamil	2,841	0,363	Fluquinconazole	0,000	0,000
Phosmet	2,802	0,065	Fenbuconazole	0,000	0,000
Simazina	2,368	0,108	Acetamiprid	0,000	0,000
Trifloxystrobin	1,378	0,753	Azinfos-metil	0,000	0,000
Difeconazole	1,136	0,086	Cyaloctrina	0,000	0,000
Pendimetalina	0,918	0,443	L-Cyaloctrina	0,000	0,000

\*Producto determinado en las muestras pero no confirmado.

las muestras provenientes de los pozos-norrias sólo cinco fueron utilizados en los predios, estando los restantes productos asociados principalmente a cultivos hortícolas y extensivos.

4. Tanto las mayores concentraciones determinadas, así como las frecuencias de detección más altas fueron en un 85% de los casos determinadas en las aguas de entrada a los predios, y solo un 15% en las aguas de salida.

5. Ninguna de las concentraciones máximas de los residuos de plaguicidas determinadas en las muestras de aguas superficiales y pozos-norrias se encontraban en forma sistemáticas a través del tiempo, y todas correspondieron a eventos aislados.

Basados en los resultados, obtenidos en los 36 meses de monitoreo, es posible indicar que el impacto que se está produciendo en las aguas por el uso de los plaguicidas en la producción frutícola de estos huertos, manejados por COPEFRUT S.A., considerando como referenciales respecto a otros huertos que

se manejan también efectivamente bajo certificaciones BPA y otras, sería mínimo y por ende se habría logrado el efecto deseado. Sin embargo hay ciertas "**luces de alerta**" que nos deben preocupar, y radican principalmente en la inexistencia actual, a nivel nacional, de una norma oficial de calidad de aguas con relación a residuos de plaguicidas. Más aún en la Norma Chilena Oficial (NCh 1333. Of 78 modificada en 1987) se indica en el punto para insecticidas (Punto 6.1.5.2), "*No se considera que tengan efectos perniciosos en agua para riego*" y en el caso de herbicidas "*La Autoridad Competente se debe pronunciar en cada caso específico*". Esta falencia deja al país expuesto frente a nuestros recibidores, dado que al no tener una norma propia, y en el caso de una auditoría ambiental, se nos evaluaría bajo la norma imperante en el país recibidor, y por ende fácilmente podríamos quedar catalogados como país productor de bajo compromiso ambiental, y más aún considerar a alguna de nuestras fuentes de agua como "contaminadas", en el caso

de que se nos aplicara la Norma Europea.

Otro punto relevante a considerar se refiere al efecto de otras actividades agrícolas que podrían estar aumentando el riesgo de contaminación de aguas, como es el caso de los cultivos anuales. Por ejemplo, dentro de los residuos con mayor frecuencia de detección en aguas superficiales y de pozos-norrias se encontraron s-metolacloro y atrazina, herbicidas ampliamente utilizados en la producción de maíz. Aunque las concentraciones determinadas fueron muy bajas, si es preocupante y nos dan una luz de advertencia.

Como se indicó anteriormente, solamente un 15% de los casos de muestras de agua que presentaron una concentración por sobre  $0,1 \mu\text{G L}^{-1}$  en algún momento, correspondieron a un plaguicida utilizado en alguno de los predios en estudio, y los casos de contaminación identificados correspondieron a tres tipos:

#### 1. Deriva sobre aguas superficiales.

Como se observa en el Cuadro 4, en el predio de la comuna de Molina se detectaron los plaguicidas methidation, flusilazol, kresoxim-metil e iprodione, en las muestras de aguas de entrada y salida de los predios. Sólo la concentración de methidation aumentó en las aguas de salida.

Es interesante destacar que durante los días 7 y 8 de Enero del 2010 el insecticida methidation ( $1,8 \text{ kg ha}^{-1}$  en  $1.800 \text{ L ha}^{-1}$ ) fue aplicado en los dos cuarteles de manzano en este predio, los que son atravesados por uno de los canales que llevan el agua de riego que se utiliza en el predio. Este fenómeno atribuido a la deriva de este insecticida se podría evitar en el futuro modificando la eficiencia en la aplicación del producto, ya sea disminuyendo mojamiento, o mejorando la tecnología de boquillas, o considerando, al momento del establecimiento de los huertos, zonas de seguridad al borde de los canales.

#### 2. Desorción y Escorrentía superficial ("run-off").

Escorrentía superficial o "run-off", corresponde al fenómeno por el cual un exceso de agua (derivado de lluvias o

**CUADRO 4.** Plaguicidas y concentraciones detectadas en aguas superficiales de entrada y salida en el predio de la comuna de Molina el día 7 de Enero del 2010.

PUNTOS MUESTREO	PLAGUICIDAS			
	METHIDATION	FLUSILAZOL	KRESOXIM-METIL	IPRODIONE
	$\mu\text{g L}^{-1}$			
Entrada	0,035	0,840	0,501	0,190
Salidas	0,430	0,164	0,140	0,203
Balance	0,395	-0,676	-0,361	0,013

riegos) produce la saturación del suelo lo que trae como consecuencia que por un lado los plaguicidas adsorbidos pasen a la solución suelo (desorción), la cual posteriormente los acarrea hasta alcanzar los drenajes superficiales y causes de agua, y por otro lado el exceso de agua produce erosión arrastrando el suelo, el cual tiene adsorbido los plaguicidas, llevándolos a los causes de agua superficiales.

Durante Octubre del 2010 se aplicó en unos de los predios el fungicida Penconazol ( $240 \text{ g ha}^{-1}$  con un mojamiento de  $2.000 \text{ L ha}^{-1}$ ) en los huertos de manzano ( $5,1 \text{ ha}$  regadas a través de un sistema de microaspersión), no detectándose ninguna traza de este fungicida en las aguas de salida hasta el monitoreo del 7 de Enero del 2010, aproximadamente 78 días después de su aplicación.

Al analizar la información, considerando fechas de aplicación versus momento de detección de los residuos en el agua, no se encontró una explicación lógica, salvo que se tratase de un falso-positivo en la determinación. Sin embargo, al determinar los residuos en el suelo, desde la aplicación del producto hasta su disipación total (Figura 7), se pudo apreciar que a los 70 días después de la aplicación, aún existía aproximadamente  $9,92 \mu\text{g kg}^{-1}$  de penconazol en el suelo (estrato 0-5 cm), lo que correspondió aproximadamente a un 34% de lo detectado inmediatamente después de su aplicación. Además de lo antes indicado, es interesante destacar que de acuerdo a la masa del plaguicida aplicado en el huerto, aproximadamente  $48.000 \text{ mg ha}^{-1}$ , y la masa determinada en el suelo después de su aplicación ( $18.120 \text{ mg ha}^{-1}$ ), aproximadamente un 37% del fungicida aplicado al follaje de los manzanos llegó al suelo, lo que ratifica la idea de mejorar todo lo concerniente a eficiencia de aplicación, específicamente el volumen de mojamiento (acorde al

volumen de masa vegetal a tratar), presión de aplicación y general proligiosidad técnica de las aplicaciones. Además, esto muestra que no solo los herbicidas llegan al suelo, y que cualquier compuesto aplicado en un huerto puede significar un riesgo para la contaminación de aguas.

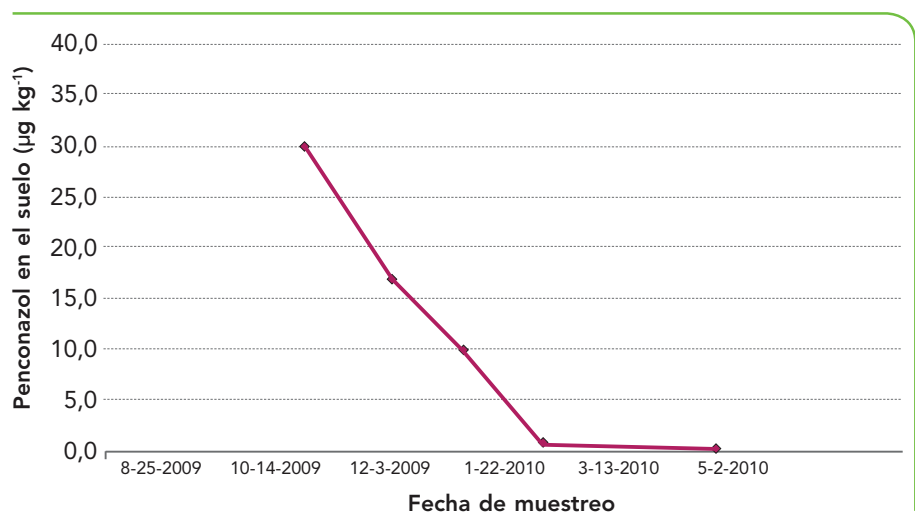
### 3. Contaminación difusa.

La contaminación difusa es uno de los puntos más complejos relacionado con el tema de contaminación de aguas con plaguicidas, principalmente debido a que: a) se trata de monitoreos aislados o muestras tomadas en forma puntual, y b) no se sabe si el evento fue momentáneo o podría ser periódico durante el año, o sí se enmarca con una cierta estacionalidad anual. Esto hace muy difícil saber porqué se produjo la contaminación o cuales son las implicancias que podría tener. Así, durante el año 2010, específicamente entre los meses Enero y Febrero, se determinó en un predio residuos de dimetoato, en

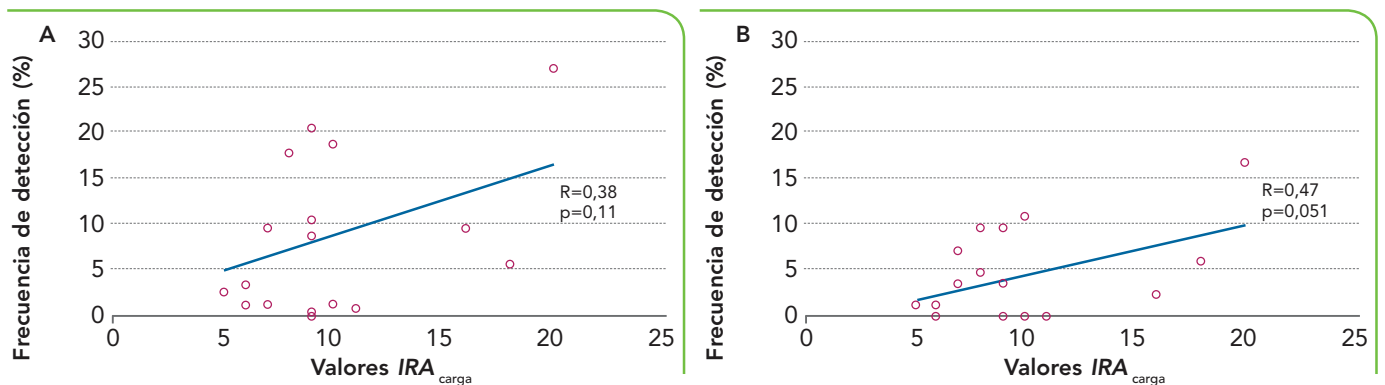
dos puntos de monitoreo de las aguas de salida del predio, insecticida que no se aplicó, así como tampoco se determinaron residuos de ese plaguicida en las aguas de ingreso ni en los suelos muestreados.

La aparición de este residuo se debería a que en los sectores colindantes al canal en donde se evacuan las aguas del predio, se desarrolló una rotación de cultivos durante los 36 meses de estudio que incluyó tomate, haba, coliflor, arveja y cebolla, todos cultivos en los cuales se encuentra registrado el insecticida dimetoato. Obviamente, en el caso de los análisis ambientales, y más aún al nivel de detección que se utilizó en este estudio ( $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ ), existiría el riesgo de estar enfrentado a "incertidumbres analíticas". Sin embargo, en este caso en particular habría fundadas sospechas que existió un origen muy probable del residuo detectado, explicado como una contaminación difusa.

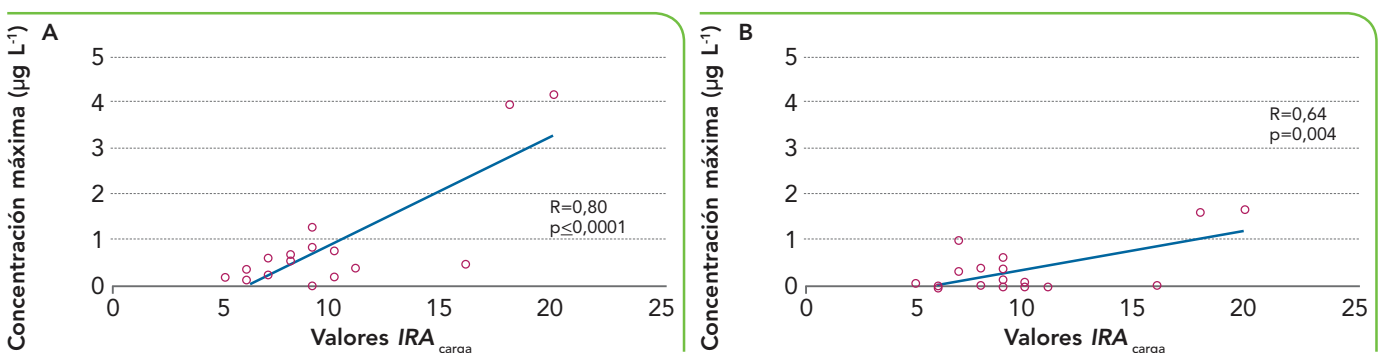
Todos los casos antes indicados, que son sólo algunos ejemplos de las principales situaciones encontradas, indican que el riesgo de contaminar las fuentes de agua con plaguicidas es una realidad, la que puede ser modificada en base a una actitud que busque minimizar ese riesgo. Dentro de las herramientas que ya se pueden comenzar a utilizar, en base a la información generada durante el desarrollado en este proyecto, es el uso de índices de riesgo ambiental que



**FIGURA 7.** Concentración de los residuos de penconazol en el suelo (estrato 0-5 cm) durante los monitoreos realizados en un huerto de manzano en la comuna de Sagrada Familia, después de su aplicación el 10/21/2009.



**FIGURA 8.** Correlaciones entre el riesgo relativo determinado en base al IRA<sub>carga</sub> y la frecuencia de detección en: A) Aguas Superficiales y B) Aguas en pozos-norias, calculados en base a los coeficientes ambientales obtenidos en el proyecto y los resultados de los monitoreos realizados entre Septiembre 2009 y Marzo 2011, en cada uno de los 44 puntos en los cinco predios en estudio.



**FIGURA 9.** Correlaciones entre el riesgo relativo determinado en base al IRA<sub>carga</sub> y la concentración máxima determinada en: A) Aguas Superficiales y B) Aguas en pozos-norias, calculados en base a los coeficientes ambientales obtenidos en el proyecto y los resultados de los monitoreos realizados entre Septiembre 2009 y Marzo 2011, en cada uno de los 44 puntos en los cinco predios en estudio.

permitan seleccionar los plaguicidas en base al "riesgo de contaminar". O sea que de todas las opciones existentes para controlar una plaga u enfermedad, utilizar la opción que presente el menor riesgo potencial.

Dentro de los índices evaluados, fue el IRA o Índice de Riesgo Ambiental o ERI (Environmental Risk Index), el que mostró una buena correlación entre el riesgo relativo entregado por el modelo y los resultados obtenidos en los monitoreos de suelo y agua (Alister y Kogan 2006a y b). Este índice se compone de dos términos, el primero que estima el Riesgo Relativo de que el plaguicida se transforme en un contaminante de aguas (IRA-carga), y el segundo mide el Impacto Potencial del Plaguicida (Perfil toxicológico). En base a los resultados del monitoreo de agua superficiales y pozos-norias durante las temporadas 2009 y 2010 se buscó validar este índice, respecto a la relación existente entre el "ranking" de riesgo relativo que entrega el modelo, versus la frecuencia

de detección y concentraciones máximas detectadas en el agua para los plaguicidas utilizados en los predios estudiados, durante dos temporadas.

Los resultados mostraron que no existió una correlación significativa entre los valores del IRA<sub>carga</sub> y la frecuencia de detección de los plaguicidas, lo cual se podría explicar debido a que el modelo no incorpora en su cálculo el número de aplicaciones por temporadas (Figura 8). Sin embargo, la correlación entre los valores de IRA<sub>carga</sub> con la concentración máxima determinada fue altamente significativa,  $r=0,64$  y  $r=0,8$  ( $p<0,003$ ) para aguas de pozos-norias y superficiales, respectivamente (Figura 9).

La información generada en estos cuatro años de investigación del proyecto INNOVA Chile "Desarrollo de un sistema de monitoreo para la gestión ambiental de la calidad de aguas y suelo destinados a la producción frutícola de exportación", que se ha presentado muy resumidamente, permitirá a toda

persona que este interiorizada con el concepto real de Sustentabilidad Ambiental, desarrollar estrategias de manejo, adaptar y validar modelos predictivos, y de esta manera avanzar a una agricultura de futuro. **RF**

## BIBLIOGRAFIA

- ALISTER C y KOGAN, M**, 2006a, ERI: Environmental Risk Index. A simple proposal to select agrochemicals for agriculture use. *Crop Protection* 25: 202-211
- ALISTER C y KOGAN, M**, 2006b, Riesgo Ambiental de los Plaguicidas: Propuesta para un modelo simple de evaluación. *Revista Frutícola*, 27 (1): 6-11.
- MINSAL**. Intoxicaciones Agudas por Plaguicidas, Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (REVEP). Situación Epidemiológica 1998. <http://epi.minsal.cl/epi/html/public/public1.htm>. Revisado el 5 de Noviembre del 2013.