

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	6
ABSTRACT	9
1 INTRODUCCIÓN	12
1.1 Problemática general del uso de plaguicidas	12
1.2 Efectos ambientales.....	13
1.3 Efectos sobre la salud humana	14
1.4 Percepción de los riesgos por parte de los usuarios de plaguicidas.....	16
1.5 Uso de plaguicidas en Uruguay.....	17
1.5.1 Aspectos legales.....	17
1.5.2 Evolución del uso de plaguicidas.....	18
1.5.3 Contaminación ambiental y efectos sobre la salud humana.....	18
1.6 El sector fruti-vitícola en Uruguay.....	19
1.7 Los plaguicidas en la producción fruti-vitícola uruguaya.....	20
2 HIPÓTESIS	23
3 OBJETIVOS	24
3.1 General	24
3.2 Específicos	24
4 MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1 Área de estudio.....	24
4.2 Esquema y herramientas metodológicas	27
4.3 Materiales.....	28
4.4 Información de campo.....	28
4.5 Diseño de muestreo	30
4.6 Matrices de riesgo e impacto ambiental de los plaguicidas	33
4.7 Modelos para predecir la distribución y el destino de los plaguicidas en el ambiente.....	36
4.7.1 Los modelos de fugacidad.....	37
4.7.2 El modelo SoilFug.....	39
4.8 Sistema de Información Geográfica (SIG).....	46
5 RESULTADOS	49
5.1 Caracterización del área de estudio.....	49
5.1.1 Uso del suelo.....	49
5.1.2 Caracterización general del área.....	49
5.1.3 Asistencia técnica.....	57
5.1.4 Manejo de plaguicidas.....	59
5.1.5 Problemas de salud relacionados con el manejo de plaguicidas.....	62
5.1.6 Entrevistas a amas de casa.....	65
5.1.7 Aspectos económico-financieros.....	68
5.2 Uso de plaguicidas	69
5.2.1 Plaguicidas usados.....	69
5.3 Riesgo e impacto ambiental	74
5.4 Aplicación del modelo SoilFug.....	75
5.4.1 Concentraciones en el agua.....	76
5.4.2 Concentraciones en el suelo.....	80

6	DISCUSIÓN	83
6.1	Caracterización general del área	83
6.1.1	Los productores.....	83
6.1.2	Asistencia técnica.....	83
6.1.3	Manejo de plaguicidas.....	84
6.1.4	Aspectos económico-financieros.....	85
6.2	Riesgo e impacto ambiental de los plaguicidas.....	87
6.3	Alternativas a la utilización de plaguicidas.....	89
6.4	Aplicación del modelo SoilFug.....	93
6.4.1	Concentraciones en agua.....	95
6.4.2	Concentraciones en suelo.....	98
7	CONCLUSIONES	99
8	RECOMENDACIONES	101
9	BIBLIOGRAFIA	102

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Área de estudio.	26
Fig. 2.	Esquema y herramientas metodológicas.....	27
Fig. 3.	Ubicación de los padrones sorteados, estrato por estrato.	32
Fig. 4.	Diagrama conceptual del modelo SoilFug utilizado (Barra, 2002).	43
Fig. 5.	Concentraciones de fungicidas en el agua.....	77
Fig. 6.	Concentraciones de insecticidas en el agua.....	79
Fig. 7.	Concentraciones de fungicidas en el suelo.....	81
Fig. 8.	Concentraciones de insecticidas en el suelo.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de padrones sorteados por cada estrato.....	31
Tabla 2. Superficie de la muestra.....	33
Tabla 3. Temperaturas medias a diferentes niveles.....	45
Tabla 4. Uso del suelo en el área de estudio.....	49
Tabla 5. Número de predios en los diferentes estratos de tamaño.....	51
Tabla 6. Tamaño de los predios y número de padrones.....	52
Tabla 7. Disponibilidad de sistemas de riego.....	52
Tabla 8. Área ocupada por los principales cultivos fruti-vitícolas en la muestra.....	54
Tabla 9. Control de malezas.....	56
Tabla 10. Distribución de la asistencia técnica en el área.....	57
Tabla 11. Asistencia técnica por estrato de tamaño de predio.....	58
Tabla 12. Consulta a la etiqueta del plaguicida.....	59
Tabla 13. Personas encargadas de realizar la aplicación.....	60
Tabla 14. Lugar de almacenamiento de los plaguicidas.....	60
Tabla 15. Utilización de equipo de protección.....	60
Tabla 16. Manejo de la ropa de aplicación.....	61
Tabla 17. Duración de las jornadas de aplicación.....	61
Tabla 18. Número total de aplicaciones por cultivo.....	72
Tabla 19. Niveles de aplicación por cultivo.....	72
Tabla 20. Condiciones de aplicación de los 12 plaguicidas usados en mayor área.....	74
Tabla 21. Matriz de riesgo ambiental de los plaguicidas usados en mayor superficie.....	75
Tabla 22. Matriz de impacto ambiental de los plaguicidas usados en mayor superficie.....	76
Tabla 23. Propiedades físico-químicas de los plaguicidas de mayor riesgo e impacto ambiental.....	76
Tabla 24. Costos de plaguicidas y fertilizantes como porcentaje de los costos de producción.....	86

AGRADECIMIENTOS

A los docentes supervisores: Dres. Gabriela Eguren (UNCIEP, Facultad de Ciencias) y Ricardo Barra, (Centro EULA Chile, Universidad de Concepción, Chile).

A los docentes del tribunal: Dr. Néstor Mazzeo (Limnología, Facultad de Ciencias), Soc. Alberto Riella (Facultad de Ciencias Sociales), Ings Agrs. Roberto Carballo y Diego Piñeiro.

Al Dr. Walter Norbis, por su asesoramiento en la parte estadística.

A los Ings. Agrs. Daniel Panario y Luis de León (UNCIEP, Facultad de Ciencias).

A los productores de la zona y sus esposas, por su hospitalidad y la franqueza de sus respuestas.

Al Ing. Agr. Pedro Mondino (Fitopatología, Facultad de Agronomía), por su permanente apoyo.

A Gonzalo Mendoza (EULA, Chile), al Dr. Leonidas Carrasco, al Lic. Marcel Achkar, (Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias) y a Franco Teixeira de Mello, por sus importantes aportes.

Al Ing. Agr. Alberto Alaggia (Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía), por el apoyo logístico del C.R.S.

Al Ing. Agr. Mario P. Mondelli y a Patricia Mondelli, Valeria Berhau, Carlos Repetto, Lorenzo Franco, Victoria Morena y Emilio Blanco, por el trabajo de encuestas.

A mi querido amigo, Ing. Agr. Martín González (Q.E.P.D.), por la información económico-financiera.

A la Dra. Mabel Burger (CIAT, Facultad de Medicina), a la Dra. Carmen Ciganda y a la Ing. Agr. Beatriz Bellenda (IRA, Facultad de Agronomía), por la información toxicológica.

Al Ing. Agr. Sergio Toriño, a los Ings. Agrs. Marcelo Buschiazzi y Néstor Merino (técnicos de JUNAGRA Progreso), a los Ings. Agrs. Julio Borsani, Avelino Casas, Cécica Pignataro, Pablo Rodríguez (técnicos de FUCREA), a los Ings. Agrs. Héctor González y Julio Rodríguez (Cátedra de Horticultura, Facultad de Agronomía), a los Ings. Agrs. Félix Fuster, Alberto Vázquez, Héctor Mara (técnicos asesores de productores), por sus opiniones sobre los sistemas de producción de la zona.

A los Ings. Agrs. Ricardo Cayssials y Walter Arias (Proyecto Microcuencas de PRENADER).

A los Ings. Agrs. Alfredo Altamirano y Cecilia Petraglia y a la Lic. Mirta Celiberti (Dirección Nacional de Recursos Renovables, MGAP), por la información catastral y sobre suelos.

A los Ings. Agrs. Carlos Victora, Aaron Kacevas, Horacio Rivero y Jorge Caricaburo y a la Lic. Yolanda González (Dirección de Suelos y Aguas, MGAP), por la información sobre suelos y aguas.

A los Ings. Agrs. José María Ferrari, Humberto Tommasino y Alfredo Hernández (Dirección de Censos y Encuestas, MGAP), por la información censal.

A Enól. Luis Púa e Ing. Agr. Sergio Zecchi (Establecimiento Juanicó S.A.), por la información meteorológica y datos sobre el Establecimiento.

A la compañera y colega Lic. Lorena Rodríguez, quien me facilitó los primeros materiales sobre el SoilFug..

A mi familia, por el apoyo y la paciencia.

A mis compañeros de CUDECOOP.

RESUMEN

El uso de plaguicidas ha tenido un aumento explosivo en las últimas décadas. En Uruguay también se verifica un consumo alto y creciente, especialmente en áreas frutícolas, pero la investigación sobre su utilización y efectos en el ambiente es aún insignificante.

El presente trabajo tiene la finalidad de contribuir al conocimiento sobre la forma de utilización de plaguicidas en la producción fruti-vitícola y sus consecuencias sobre la salud humana y ambiental. Sus objetivos específicos son caracterizar el uso de plaguicidas y el contexto socioeconómico en que se desarrolla la producción, identificar los plaguicidas de mayor riesgo ambiental y estimar su impacto sobre los compartimientos ambientales agua y suelo.

El estudio se realizó en un área fruti-vitícola de 1346 ha contigua a Juanicó, departamento de Canelones. La información de campo se obtuvo mediante encuestas a productores y entrevistas a esposas de productores y técnicos asesores, realizadas entre diciembre de 2001 y febrero de 2002. La unidad básica del diseño estadístico la constituyó el padrón catastral, unidad mínima a que se tuvo acceso. De los 111 padrones, se tomó al azar una muestra de 22 (20 % del total). Estos 22 padrones pertenecen a 18 predios, a los que se le agregó el Establecimiento Juanicó S.A., por su tamaño e importancia en la zona. El área cubierta por la muestra abarcó 900 ha, 67 % del total.

Entre los resultados más relevantes de las encuestas figuran la caracterización general del área y de los predios, la asistencia técnica, el uso de fertilizantes y las formas de control de malezas, el manejo de plaguicidas y los problemas de la salud humana relacionados con ese manejo. En general se observó falta de precauciones en el manejo de los plaguicidas: largas jornadas de aplicación (en 78 % de los predios superan las 8 horas), escasa protección de los aplicadores (en 94 % de los predios, protección parcial o inexistente) y problemas sin

resolver: qué hacer con la mezcla sobrante, lugar de lavado de las máquinas de aplicación y disposición de los envases vacíos. Se identificaron 14 casos de intoxicación aguda causada por plaguicidas en la zona.

El 72 % de los productores del área aportó información económico-financiera parcial que permitió establecer que los plaguicidas representan 14-15 % del costo total de producción en viticultura y 25-26 % en manzana y pera. Estos datos fueron obtenidos antes de la liberación del dólar, por lo que se estima que actualmente los costos de plaguicidas representan un porcentaje aún mayor.

Mediante las encuestas se determinaron también las condiciones de aplicación de los plaguicidas (tipo, área de aplicación, número de tratamientos, dosis). En el área muestreada se utilizan 45 principios activos de plaguicidas para diversos propósitos. A los 12 que se utilizan en mayor área se le aplicaron dos metodologías para determinar su “Índice de Riesgo Ambiental” (Finizio *et al.*, 2001) y su “Cociente de Impacto Ambiental (Kovach *et al.*, 1992). Para ello se utilizaron las características físico-químicas y toxicológicas y las condiciones de aplicación de los mismos. Los principios activos de mayor “riesgo” e “impacto” fueron: Mancozeb, Folpet y Kresoxim- metil (fungicidas), Azinfos-metil, Clorpirifos y Paration etílico (insecticidas) y Glifosato (herbicida).

Se utilizó el modelo SoilFug (Di Guardo *et al.*, 1994), un modelo de “fugacidad” apto para estimar la concentración de plaguicidas en los diferentes compartimientos ambientales. El modelo utiliza parámetros del suelo, información meteorológica (temperatura y precipitación agrupada en eventos de lluvia), balance hídrico (real o estimado), propiedades físico-químicas de los compuestos y condiciones de aplicación (área, dosis y número de aplicaciones). El SoilFug fue aplicado a los insecticidas y fungicidas referidos en el párrafo anterior, no así al Glifosato, porque este se disocia en contacto con el agua y no ejerce

fugacidad. Las concentraciones estimadas de fungicidas en agua y suelo no alcanzan umbrales de toxicidad, aunque preocupa la gran cantidad de Mancozeb que se aplica en el área, aproximadamente 20 kg/ha de principio activo. En cambio, los insecticidas – todos organofosforados – se ubican por encima o próximos al umbral de toxicidad para biota acuática. Azinfos-metil y Paration etílico superan el valor de referencia, mientras que Clorpirifos, del cual se realiza solamente una sola aplicación y en un área reducida, queda algo por debajo. Estas concentraciones de organofosforados en agua se mantienen desde noviembre hasta marzo. Esto explica probablemente la mortalidad de peces que ocurre en los cursos de agua del área y es en este período en que se debería concentrar el monitoreo de los principales plaguicidas en aguas superficiales de las zonas frutícolas. Las concentraciones estimadas de insecticidas en suelo no alcanzan niveles de toxicidad para lombrices.

El trabajo aporta una metodología útil para comparar los efectos de un gran número de plaguicidas en un área y los resultados indican que es necesario concentrar la atención en el uso de insecticidas organofosforados y en el manejo de los plaguicidas desde el almacenamiento hasta la aplicación.

ABSTRACT

Pesticide use for plant protection purposes has dramatically increased during the few last decades. In Uruguay there is also a trend for increasing pesticide consumption, especially in the fruit tree production, but research on its use and environmental effects is negligible.

The present work aims to contribute to knowledge on pesticide use forms in fruit and vine production and their effects on human and environmental health. Its specific objectives are characterize pesticide use and the socioeconomic context of fruit production, and to identify pesticides with high environmental risk, as well as to estimate their impact on soil and water.

The study was carried out in a 1346 ha area mainly dedicated to fruit and vine production, placed close to Juanicó, department of Canelones. Field information was produced through surveys to farmers and interviews with some farmers spouses and local technicians specialized in fruit production. Field work was carried out between December 2001 and February 2002. The basic unit of statistical design was the “cadastre unit”. From 111 units, a random sample of 22 (20 %) was taken. These 22 units belong to 18 farms, to which survey was applied. Sample also included Establecimiento Juanicó S. A., a big commercial farm dedicated to vine and wine production. The surface covered by sample was 900 ha, 67 % of the total study area.

The main results of the surveys were the characterization of the area and the farms, technical advisory, fertilizer use and weed control, pesticide handling and related human health problems. In general there is a lack of precautions in pesticide handling: long application journeys (in 78 % of farms, longer than 8 hours), little protection of spray workers (in 94 % of farms, null or partial protection) and non solved problems: remaining mixture in the machine, place of washing this, empty plastic bottles disposal. 14 acute intoxication cases

caused by pesticides were detected in the zone. Obtained socioeconomic information establishes that pesticide costs represent 14-15 % of the total production cost in vineyards, and 25-26 % in apple and pear production. These data were obtained before the sharp dollar climbing in the exchange market in July 2002. It is believed that pesticide costs represent just now a percentage still higher of the total production costs.

Through surveys it was possible also to determine the application conditions of pesticides in the study area (type, area, number of sprayings, dosage of active ingredient). In the sampling area 45 chemicals are used as pesticides. Of these, the 12 used in larger area were tested through two different methods, in order to calculate their “Environmental Risk Index” (Finizio *et al.*, 2001) and their “Environmental Impact Quotient” (Kovach *et al.*, 1992). For applying these methods, physico-chemical and toxicological properties of the chemicals were used, as well as applications conditions. The chemicals with higher “risk” and “impact” were: Mancozeb, Folpet and Kresoxim-metil (fungicides), Azynphos-methyl, Chlorpyrifos and Ethyl-Parathion (insecticides) and Glyphosate (herbicide).

SoilFug model (Di Guardo *et al.*, 1994) was utilized. It is a “fugacity” model useful to estimate pesticide concentrations in the different environment compartments. The model uses soil parameters, meteorological information (temperature, rainfall expressed as “rain events”), water balance (real or estimated), physico-chemical properties of the pesticides and application conditions (area, dosage and treatments number). SoilFug was applied to the three insecticides and the three fungicides referred in the above paragraph, and not to Glyphosate, because this become dissociated in contact with water and does not exert fugacity.

Estimated concentrations of fungicides in water and soil do not reach toxicity levels. However, high Mancozeb quantities – close 20 kg/ha of active ingredient – applied in the area is cause of concern. On the contrary, the three insecticides – all of them organophosphates –

are above or close the toxicity level for *Daphnia*. Azynphos-methyl and Ethyl-Parathion concentrations exceed reference levels, while Chlorpyrifos remains slightly below the toxicity line despite the fact that only one application is carried out in a small area. Organophosphates concentrations remain high between November and March. This probable explains high fish mortality in area water flows during summer. Is in this period when monitoring of the main pesticides in surface waters of fruit tree production areas must be carried out. On the contrary, estimated insecticides concentrations in soil do not reach toxicity levels for earthworms.

The main contribution of this work is an useful methodology in order to compare a great number of pesticides in an area, while the results indicate that it is necessary to pay attention to the use of organophosphates insecticides and pesticide ranking from storage to application.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMÁTICA GENERAL DEL USO DE PLAGUICIDAS

La agricultura moderna ha ido aumentando progresivamente la utilización de productos químicos, no sólo con la finalidad de aumentar la productividad de los sistemas agrícolas, sino también para evitar su disminución debido a prácticas de manejo inadecuadas. Esta tendencia generó paquetes tecnológicos, en los cuales el uso de insumos químicos es el principal componente del sistema productivo. En tal sentido, los plaguicidas corresponden a un amplio espectro de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas utilizadas para el control de plagas y enfermedades en las actividades agropecuaria y forestal.

El término plaguicidas engloba los insecticidas, nematocidas, herbicidas, fungicidas, rodenticidas, agentes reguladores del crecimiento y agentes para el raleo de la fruta (OMS/PNUMA, 1990). Esta definición equivale a lo que algunos autores y organizaciones no gubernamentales ambientalistas denominan *agrotóxicos*. Aún más amplio es el concepto *agroquímicos*, que además de plaguicidas o agrotóxicos incluye los fertilizantes químicos¹.

A principios de la década de los sesenta Carlson (1962) señalaba la amplia distribución ambiental de los plaguicidas (en suelo, aire, agua, biota, etc.), así como sus efectos en la salud humana asociados a la manipulación y uso indiscriminado de los mismos.

Durante las siguientes décadas, la industria química ha continuado produciendo y lanzando al mercado gran cantidad y diversidad de nuevos principios activos y formulaciones, que los productores agropecuarios utilizan en forma intensiva, sin un control de los efectos sobre el ambiente y la salud humana.

¹ En las citas bibliográficas se mantienen los términos usados por los autores.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), los países desarrollados utilizan el 75 % de los plaguicidas producidos a nivel mundial. Sin embargo, alrededor de dos millones de personas se intoxican anualmente por plaguicidas, en los países subdesarrollados (OPS/OMS, 1986). Estas cifras han ido cambiando significativamente dado que los países subdesarrollados han experimentado un importante crecimiento de los mercados para estos productos, en función de las fuertes demandas externas de productos agrícolas. Esto conllevó a un aumento en la cantidad de plaguicidas empleados así como en el número y la frecuencia de las aplicaciones, principalmente en los cultivos de exportación. Por ejemplo, la producción de banana en Costa Rica consume 40 - 50 kg de ingredientes activos por ha/año. Para algodón en Nicaragua, en 1990, el número recomendado de aplicaciones fue de 46, cifra superada por algunas hortalizas de exportación en Guatemala (Wesseling *et al.*, 1997).

1.2 EFECTOS AMBIENTALES

Cuando un plaguicida es aplicado a un cultivo, solamente alcanza el organismo “blanco” aproximadamente el 1%, mientras que el 25 % es retenido en el follaje, el 30 % llega al suelo y el 44 % restante es exportado a la atmósfera y a los sistemas acuáticos por escorrentía y lixiviación (Brady y Weil, 1996). Posteriormente el compuesto puede ser transportado desde el suelo hacia el aire, agua o vegetación, pudiendo entrar en contacto - por inhalación o ingestión - con una amplia gama de organismos, incluyendo los seres humanos (Wesseling, 1997).

Según Boroukhovitch (1992), el uso inadecuado de los plaguicidas puede provocar problemas bioecológicos y contaminación ambiental. Entre los primeros menciona la eliminación de enemigos naturales de plagas y enfermedades, resistencia a las mismas, surgimiento de nuevas especies como plagas y eliminación de fauna útil, entre otros. Algunas poblaciones de organismos controladas naturalmente, al ser eliminados sus parásitos o depredadores por los plaguicidas, aumentan su número hasta niveles de importancia

económica, constituyéndose en una plaga. Por otra parte, la aplicación masiva de plaguicidas puede generar resistencia de las plagas, lo que provoca que al cabo de algunos años el producto sea ineficiente, aún a dosis más elevadas o aplicaciones más frecuentes.

Con relación a la contaminación ambiental, el deterioro de la calidad del agua es uno de los mayores problemas asociados al uso de plaguicidas. Este puede ser debido a alguna de las siguientes causas: deriva de pulverizaciones, lixiviación y percolación hacia napas freáticas, lavado de equipos y elementos de aplicación en fuentes de agua, mala eliminación de desechos de plaguicidas y envases, rotura de envases y accidentes con vuelco de productos hacia fuentes de agua (Boroukhovitch, 1992).

La contaminación de suelos puede deberse a la aplicación directa de plaguicidas (herbicidas pre-emergentes), al escurrimiento de un pulverizado desde la planta hacia el suelo, a la deriva de las pulverizaciones y a la inadecuada eliminación de restos de pulverizaciones o de envases (Boroukhovitch, 1992).

1.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA

Los tipos de plaguicidas en uso varían entre países y en el tiempo. En algunos países en desarrollo la tendencia es similar a la de los países industrializados, donde se consume una mayor proporción de herbicidas y fungicidas. En cambio, en los países menos desarrollados los insecticidas altamente tóxicos continúan siendo los principales agroquímicos en uso (Wesseling *et al.*, 1997). En tres países africanos (Tanzania, Kenia y Uganda) se continúan usando compuestos organoclorados tales como DDT, Dieldrin, Aldrin, Lindano y Campechlor en cultivos para alimentación humana y animal, los cuales están prohibidos en la mayor parte de los países (Mbakaya, 1994). De las 46 aplicaciones de plaguicidas utilizadas en 1990 para el cultivo del algodón en Nicaragua, 26 de ellas eran de Paration metílico, calificado por la OMS como extremadamente peligroso (categoría Ia) (Murray, 1994). En estos países ha

fallado el sistema de registro como estrategia para manejar el riesgo, por lo que su población continúa expuesta a grandes cantidades de plaguicidas altamente tóxicos, inclusive prohibidos o severamente restringidos en países desarrollados (Wesseling *et al.*, 1997).

En 1995 y 1996, Estados Unidos exportó casi nueve millones y medio de kg de plaguicidas, prohibidos en dicho país, lo que representó unas 13 toneladas exportadas por día. Por otra parte, esos dos años se exportaron además 4200 toneladas de plaguicidas elaborados solamente para exportación, los cuales no son evaluados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA) por riesgos ambientales o sanitarios (Smith, 1998). Esto coincide con la FAO (1996), que confirma una falta general de pruebas de plaguicidas en el tercer mundo.

La OMS designa los plaguicidas que poseen gran riesgo de intoxicaciones agudas a los trabajadores agrícolas como “extremadamente peligrosos” o clase Ia. La cantidad total de plaguicidas de clase Ia exportados desde los Estados Unidos en 1995 y 1996 fue de 21600 toneladas, un promedio de 1,4 ton/hora. La cifra de 1996 revela un incremento de 500 % con respecto a la de 1992 (Smith, 1998). Aún siendo menos tóxicos, muchos productos clasificados en las categorías III (medianamente tóxicos) y IV (poco tóxicos) producen consecuencias nocivas a mediano o largo plazo en el organismo por acumulación de sus residuos o por su persistencia en el ambiente (de Salterain, 1992). Si bien los fungicidas y herbicidas tienen una menor toxicidad y se ubican en las categorías III y IV, tienen un mayor riesgo carcinogénico y teratogénico (Wesseling *et al.*, 1997).

En términos generales, la mayoría de las intoxicaciones humanas por plaguicidas ocurren debido a exposición laboral durante diversas actividades, como: cosecha, empaque, pulverización, desmalezado y riego. En tal sentido, las dos fuentes más comunes de exposición en California, que condujeron a enfermedades relacionadas con los plaguicidas,

fueron exposición aérea luego de la fumigación (44 %) y los residuos remanentes en el campo (33 %) (PANNA, 1999). Otras frecuentes formas de exposición, no ligadas directamente al trabajo de aplicación, son la ingestión accidental de plaguicidas en adultos o niños (por confusión con alimentos o bebidas), las exposiciones ambientales repetidas y moderadas (a través de contacto con aire o agua contaminada en áreas agrícolas) y las exposiciones a través de alimentos o agua potable contaminados (Wesseling, 1997; Jeyaratnam, 1998).

En cuanto a la exposición laboral, según Burger *et al.* (1995) las etapas del manejo de plaguicidas con mayor riesgo de absorción son el volcado o carga de recipientes, el mezclado y la aplicación. La carga física, el calor, los hábitos higiénicos del operador y el tipo de plaguicida y su formulación son a la vez factores que aumentan la absorción de plaguicidas. Los trabajadores que mezclan, cargan y aplican plaguicidas tienen mayor riesgo de intoxicación, porque manejan fórmulas concentradas. La piedra angular de las regulaciones de seguridad para estos manipuladores de plaguicidas la constituye la capacitación, uso de equipo y ropa protectora que reduzca su exposición y la provisión de instalaciones de lavado para limpiarse después de haber estado expuestos a estos productos. Sin embargo, el equipo protector (guantes, capas o mamelucos y máscaras) puede ser voluminoso, hacer lento el trabajo e inadecuado en épocas de altas temperaturas, por lo que su uso es evitado por muchos aplicadores (PANNA, 1999).

1.4 PERCEPCIÓN DE LOS RIESGOS POR PARTE DE LOS USUARIOS DE PLAGUICIDAS

Prácticas inadecuadas, ignorancia de los peligros que acarrearán, falta de educación, pobre legislación y falta de control son generalmente la norma en los países del tercer mundo. Estos factores incrementan en gran medida los riesgos para los trabajadores y la población en general. Estudios de campo, basados en encuestas sobre “conocimientos, actitudes y prácticas”, realizadas entre la población rural de numerosos países de Asia, África y América,

demuestran un manejo inadecuado de los plaguicidas, asistencia técnica inaccesible, uso de dosis crecientes y aplicaciones frecuentes, trabajo con equipo de protección insuficiente o sin equipo, no adaptado a condiciones tropicales, inadecuadas prácticas de almacenamiento y disposición de envases (Wesseling *et al.*, 1997). En las encuestas realizadas en América Central, 75 - 80 % de los agricultores manifestaron tener conocimiento de que los plaguicidas pueden dañar el ambiente y la salud humana. Sin embargo, este conocimiento no parece tener mucha influencia sobre su comportamiento: la población estudiada mostró serias deficiencias en todos los aspectos del uso de plaguicidas (Wesseling y Castillo, 1992).

1.5 USO DE PLAGUICIDAS EN URUGUAY

1.5.1 ASPECTOS LEGALES.

En Uruguay el manejo de los plaguicidas está regulado por el decreto 149/977 del 25.5.77 que trata sobre registro, contralor y venta de los plaguicidas de uso agrícola. Este decreto establece la obligatoriedad del registro y autorización de venta del producto ante la Dirección de Sanidad del MGAP, antes de su comercialización, y la fiscalización de las disposiciones en él contenidas, será ejercida por dicho ministerio. Si bien el decreto tiene varios años, debido a un escaso control así como al ingreso ilegal de productos desde Brasil, el mismo no garantiza la no utilización de agrotóxicos prohibidos (Antón, 1998).

Según el referido decreto, los plaguicidas de categoría I deberían ser vendidos exclusivamente bajo receta de un profesional (ingeniero agrónomo). La venta bajo receta implica que debe ir acompañado de un asesoramiento al trabajador sobre manejo de este tipo de productos para evitar riesgos debido a su alta toxicidad (Burger *et al.*, 1995).

1.5.2 EVOLUCIÓN DEL USO DE PLAGUICIDAS.

Según Vico (1992), el 92 % de los plaguicidas que se comercializan en el país se importan. Los volúmenes de plaguicidas formulados representaron el 81 % de las importaciones, mientras que las materias primas para formular alcanzaron el 19 % en 1990.

En el período 1981 - 1987 la importación de plaguicidas se incrementó en 40 %, a pesar de que el área sembrada en el país se redujo en 4% (MGAP, 1988). De esto se infiere que se ha incrementado considerablemente el volumen de aplicación, concentrándolo en una menor superficie (de Salterain, 1992). En dicho período se ha registrado un incremento sostenido en la importación de herbicidas, un paulatino descenso de los insecticidas y una fuerte reducción de los fungicidas. Esto último se debió a una sequía que impidió la proliferación de hongos causantes de diversas enfermedades en cultivos agrícolas.

Más recientemente, en el período 1994 - 2000, la importación de plaguicidas saltó a valores que oscilaron entre los 20 y los 44 millones de dólares. Este aumento estuvo pautado por un gran incremento en el consumo de herbicidas, coincidente con la difusión del método de labranza mínima. Al inicio de este período los herbicidas representaban entre 50 y 54 % del total importado, mientras que en 1992 y 2000 alcanzaron el 62 %.

1.5.3 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA.

El Centro de Información y Asesoramiento Toxicológico (CIAT) atiende anualmente unas 8000 consultas por intoxicaciones, de las cuales 18 - 20 % corresponden a plaguicidas. Se registran desde daños leves (dolor de cabeza, malestar hepático y gástrico, somnolencia) hasta severas intoxicaciones. A su vez, la primera causa de muerte por tóxicos es por plaguicidas. Accidentes graves y frecuentes son en niños intoxicados por almacenamiento y manejo descuidado de envases de plaguicidas (Burger *et al.*, 1989). El CIAT ha desarrollado

programas de prevención y trabajos de investigación, que han permitido encontrar residuos de plaguicidas en la población uruguaya de adultos (mujeres y hombres) no expuestos profesionalmente, así como en niños recién nacidos. Dichos residuos han sido encontrados en sangre, tejido celular subcutáneo y leche humana. Estos trabajos han demostrado que nuestra población tiene niveles de residuos comparables a la de otros países subdesarrollados y que estos productos han ingresado al organismo por la vía de los alimentos (Burger *et al.*, 1995).

Con base en este y en otros estudios realizados por instituciones oficiales, de Salterain (1992) concluye que se ha verificado la contaminación con residuos de plaguicidas clorados en las aguas del Río de la Plata, en las carnes rojas de exportación, en granos de cereales y en la sangre de la población así como en la leche materna.

1.6 EL SECTOR FRUTI-VITÍCOLA EN URUGUAY

La producción frutícola nacional oscila en el entorno de las 100.000 toneladas anuales. La distribución de dichos cultivos en el territorio nacional presenta una fuerte concentración en los departamentos del sur: en Canelones se ubica cerca del 60 %, en Montevideo el 27 % y en San José el 6 %. En total, estos tres departamentos concentran el 93 % de la producción frutícola, lo que se justifica por razones geo-ecológicas y socioeconómicas (Achkar *et al.*, 1999).

Según Panario *et al.* (2000) el subsector frutícola de hoja caduca se caracteriza por la especialización de los productores, la concentración productiva en el sur del país y por estar orientado fundamentalmente al mercado interno. Se trata de un sector con reducida diversificación, ya que casi el 90% de la producción consiste en tres productos: manzanas, duraznos y peras.

En el período 1980-1998 la superficie cultivada con productos frutícolas se redujo 17%, pero la producción total se incrementó 130%. Las dos causas principales de este

comportamiento son: 1º) durante la década de 1980 se realizó una serie de cambios técnicos en los sistemas productivos (introducción de nuevas variedades más productivas, aumento del uso de agrotóxicos, mayor “eficiencia” en el uso de plaguicidas y aumento de las superficies regadas); 2º) la producción se concentró en los productores más grandes y con mayor capacidad financiera para realizar los cambios productivos. Este proceso de concentración se debió a la caída de los precios - desde inicios de la década de los 90 - y la falta de políticas de Estado, que llevaron a la quiebra a numerosos pequeños productores tradicionales. Los productores mayores crecieron aún más a expensas de estos que desaparecieron (Panario *et al.*, 2000).

En cuanto a la dinámica del subsector vitícola, esta sigue las tendencias de todo el sector frutícola en general: concentración de la producción, desaparición de productores, leve disminución de la superficie cultivada y aumento de los volúmenes producidos. Los viñedos también se hallan muy concentrados en la zona sur del país, sobre todo en Canelones y Montevideo, que concentran el 80% de la superficie cultivada (INAVI, 1994). Según Panario *et al.* (2000), si bien este sector se orienta al abastecimiento del mercado interno, en los últimos años se realizaron serios esfuerzos por elaborar vinos de alta calidad, para comenzar a explorar los mercados internacionales. Los resultados de la producción fueron buenos, pero no así los de la comercialización.

1.7 LOS PLAGUICIDAS EN LA PRODUCCIÓN FRUTI-VITÍCOLA URUGUAYA

Ambos rubros - fruticultura de hoja caduca y viticultura - son muy intensivos en cuanto a la utilización de mano de obra, maquinaria e insumos de origen químico. El control de plagas, enfermedades y malezas se realiza a través de insecticidas, fungicidas y herbicidas, mientras que la restitución de nutrientes al suelo tiene lugar por medio de la fertilización química. Esto ha conllevado a diversos impactos negativos en el ambiente, como es el caso de los montes cítricos y frutales de hoja caduca de alta productividad, donde existen riesgos de

contaminación de suelos, aire y agua, debido a la utilización de agroquímicos. Por tanto, el uso controlado de los mismos es necesario para proteger las fuentes de agua y evitar problemas de salud para los trabajadores (Antón, 1998).

Según técnicos frutícolas asesores de FUCREA – Ings. Agrs. Julio Borsani, Avelino Casas, Célida Pignataro, Pablo Rodríguez y Jorge Fernández – en toda el área de producción tiene lugar un uso excesivo de plaguicidas, con algunos agravantes como el uso de sustancias prohibidas, el aumento explosivo del uso de herbicidas y la falta de protección de las personas que hacen las aplicaciones, entre otros. En el país se usan plaguicidas de alta toxicidad, peligrosos para la salud humana, animal y el ambiente en general, algunos inclusive catalogados como altamente peligrosos por la OMS, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la EPA, entre otros.

Estudios realizados por Machado *et al.* (1992) en el área de influencia de la cooperativa JUMECAL (Melilla, Montevideo), permitieron constatar que existe un desconocimiento generalizado acerca de la problemática general del uso de agrotóxicos y en particular sobre los riesgos que su uso ocasiona a productores y asalariados. Si existe el conocimiento, este no se traduce en precauciones concretas en el manejo de los agrotóxicos. Por ejemplo, no se utiliza equipo de protección durante la aplicación y no se da un destino correcto a los envases vacíos. Los asalariados que aplican los plaguicidas se encuentran al margen de toda actividad educativa o de extensión. Asociado a esto, se comprobó la existencia de casos de personas intoxicadas en los predios encuestados y en otros predios de la zona. Se verificó la presencia de agrotóxicos prohibidos en otros países. La asistencia técnica advierte a los productores sobre los riesgos ambientales y a la salud, pero al no lograr resultados, desisten en continuar con la prevención de los mismos. Dicha asistencia no alcanza a los asalariados, porque el asesoramiento a estos es considerado una transgresión a la escala jerárquica de la empresa. La cooperativa JUMECAL, por ejemplo, no ha realizado actividades educativas dirigidas a sus

asociados acerca de la problemática del uso de agrotóxicos, por no haber sido considerado prioritarias por la masa social.

En relación al número de aplicaciones, el sector frutícola realiza un mayor número que el necesario. Un ejemplo de uso excesivo de plaguicidas lo constituye el control de sarna del manzano (principal enfermedad de este cultivo), causada por el hongo *Venturia inaequalis*. El hongo ataca todas las partes verdes de la planta, desde la brotación hasta la caída de las hojas, produciendo manchas oscuras. El control de esta enfermedad se basa en la aplicación de fungicidas, combinando aplicaciones preventivas y curativas. Los productores nucleados en la cooperativa JUMECAL realizan un promedio de 14 aplicaciones, por tanto si el criterio de uso excesivo es la superación del valor promedio, el 46 % de dichos productores hacen un uso excesivo (Machado *et al.*, 1992). A pesar de que las recomendaciones técnicas indican que las aplicaciones de fungicida durante el verano no son necesarias, en la práctica los productores continúan realizando aplicaciones durante este período. Los avances en el conocimiento de la enfermedad indican que es posible eliminar la aplicación de fungicidas durante el verano, aún en aquellos montes en los que no hayan logrado un buen control de la sarna primaria (Mondino y Alaniz, 2001).

Solamente de fungicidas de contacto (Captan y Mancozeb) un productor de 10 ha aplica más de una tonelada de principio activo cada año, con las consecuencias que esto provoca: contaminación de suelo, contaminación de aguas de escurrimiento y subterráneas, problemas con la eliminación de envases, altos niveles de residuos en los frutos, por solo citar algunas (Mondino y Alaniz, 2001) (Burger *et al.*, 1995).

Las aplicaciones al inicio se realizaban en forma periódica, sin considerar cuales eran los momentos más apropiados, en función del cultivo y de la biología de las plagas. Sin embargo, los nuevos conocimientos científicos permiten hacer aplicaciones en forma racional,

evitando pérdidas económicas y efectos ambientales, socioeconómicos y sobre la salud humana.

En tal sentido, en el sector fruti-vitícola el alcance de la asistencia técnica es reducido y además no hay criterios uniformes para la aplicación de plaguicidas. Predominan los criterios de aplicación según el calendario y siguiendo el sistema de alarma de plagas y enfermedades. Las alarmas deberían teóricamente disminuir las aplicaciones, pero en la práctica ocurre algo diferente. Un alto número de productores utiliza la información de las alarmas reforzando con ellas las aplicaciones por calendario, “por las dudas”. Estas diferentes actitudes conducen a una gran variabilidad entre los productores, en cuanto al número de aplicaciones (Machado *et al.*, 1992).

2 HIPÓTESIS

Sobre la base de los antecedentes expuestos, esta investigación propone la siguiente hipótesis de trabajo:

1. El uso y manejo de plaguicidas realizado en áreas fruti-vitícolas no implica riesgos para la salud humana y ni un costo excesivo e innecesario para los productores.
2. La concentración estimada de plaguicidas en los compartimientos ambientales suelo y agua no representa un riesgo potencial para la biota.

3 OBJETIVOS

3.1 GENERAL

- Estimar los efectos sobre la salud humana y ambiental derivados del uso de plaguicidas en la producción fruti-vitícola.

3.2 ESPECÍFICOS

- Caracterizar el uso de plaguicidas en sistemas de producción fruti-vitícola.
- Caracterizar el contexto socioeconómico en que se desarrolla dicha producción.
- Identificar los plaguicidas de mayor riesgo ambiental.
- Estimar las concentraciones de los plaguicidas de mayor riesgo en los compartimentos ambientales agua y suelo, así como sus potenciales efectos sobre la biota.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se halla ubicada en el noroeste del departamento de Canelones, Uruguay, contigua a la localidad de Juanicó (Fig. 1). El límite sur del área lo constituye el Camino del Gigante. Los límites suroeste y oeste del área es la vía del ferrocarril. Los límites sureste y este, la continuación del Camino Folle. El límite noroeste es el Camino Baeza, y el límite noreste es la quinta entrada a la Colonia Moriche y se continúa hacia el norte por el arroyo Canelón Chico.

El área corresponde a una zona rural de 1346 ha y sus principales rubros son viñedos y frutales de hoja caduca. En ella se ubican 130 padrones catastrales. Dos de ellos no tienen número. De los 128 padrones numerados, 8 corresponden al Establecimiento Juanicó S.A. (viñedos), 9 están incluidos en el Programa de Producción Integrada, y los restantes corresponden a productores familiares que realizan un manejo convencional de sus predios.

El área tiene fácil acceso y una buena red de caminos de penetración. En su interior hay dos cursos de agua principales: la Cañada de la Lana, en su tercio inferior, y la Cañada del Tajamar, en todo su curso. Ambas desembocan en el arroyo Canelón Chico, que a su vez es afluente del río Santa Lucía.

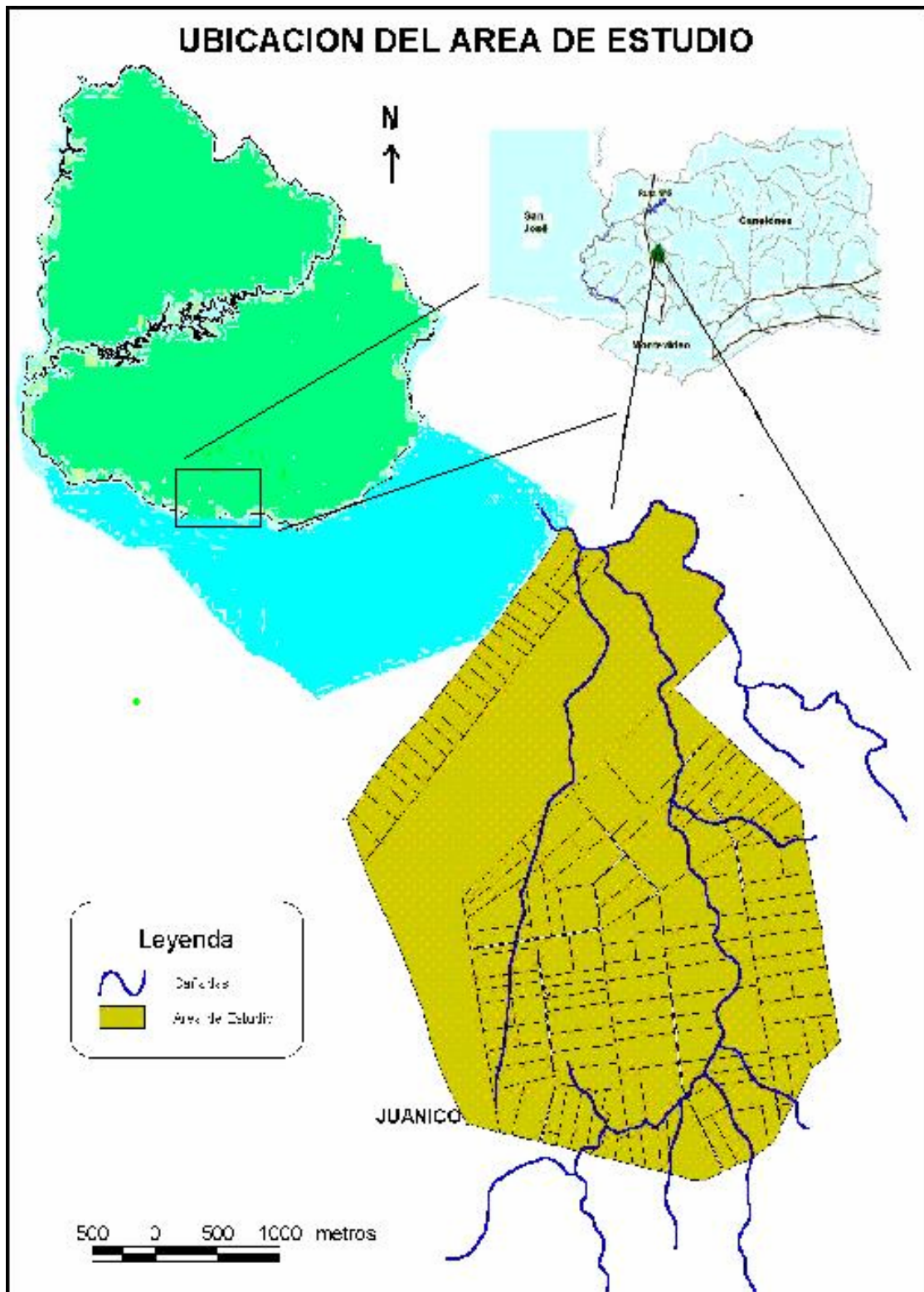


Fig. 1. Área de estudio.

4.2 ESQUEMA Y HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS

En la Fig. 2 se presenta el esquema y las herramientas metodológicas utilizadas en el estudio.

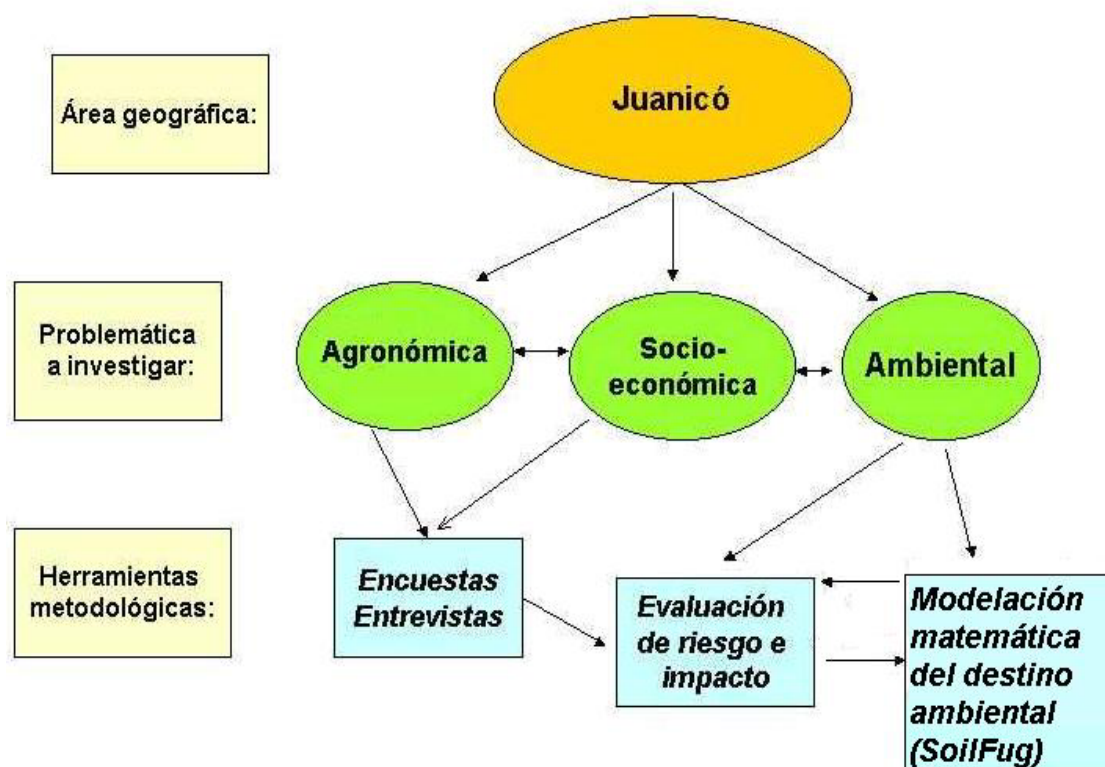


Fig. 2. Esquema y herramientas metodológicas.

El trabajo se desarrolló en cuatro etapas: I) Revisión bibliográfica de la problemática en general, recopilación de antecedentes sobre la zona y el área de estudio. II) Caracterización del sistema productivo, particularmente sobre uso y manejo de plaguicidas. En esta etapa se realizaron encuestas y entrevistas para determinar: principales rubros y sistemas de producción, plagas y enfermedades, plaguicidas utilizados, dosis, número y frecuencia de las aplicaciones, forma en que estas se realizan, precauciones, conocimientos sobre el problema, etc. III) Identificación de plaguicidas de mayor riesgo e impacto ambiental mediante la aplicación de índices de riesgo. IV) Predicción del destino ambiental de dichos plaguicidas y

la potencial contaminación del agua y el suelo. Esta etapa se realizó en base a la aplicación de un modelo de simulación multicompartimental de fugacidad, el SoilFug.

A continuación se detallan los materiales y herramientas metodológicas empleadas en las etapas mencionadas anteriormente.

Etapa I

4.3 MATERIALES

- Censos Generales Agropecuarios de 1990 y 2000. Dirección de Censos y Encuestas (DIEA) del MGAP.
- Información catastral y la carta de suelos. Dirección General de Recursos Naturales Renovables del MGAP.
- Cartas “Los Cerrillos” y “Santa Lucía” a escala 1:50.000. Servicio Geográfico Militar.
- Fotos aéreas a escala 1:20.000. Fuerza Aérea Uruguaya.
- Imagen satelital del área de estudio.
- Información meteorológica - precipitación y temperatura - correspondiente al ciclo agrícola 2001/02. Estación del Establecimiento Juanicó S.A., situada dentro de la propia área de estudio.

Etapa II

4.4 INFORMACIÓN DE CAMPO.

No existen datos censales respecto al uso y manejo de plaguicidas y la información detallada sobre los predios no está disponible. Los datos sobre padrones catastrales son confidenciales. Por lo tanto, no fue posible acceder a la información sobre productores y predios, a través de los padrones. En consecuencia, se decidió obtener dicha información a través de encuestas a productores, combinadas con entrevistas a informantes calificados,

particularmente técnicos fruti-vitícolas que trabajan en la zona así como amas de casa vinculadas al sector.

En el presente trabajo las encuestas fueron realizadas para producir información básica cuantitativa e inclusive alguna información cualitativa. Mediante las mismas se determinaron las siguientes variables: características del predio y del productor, si recibe asistencia técnica, principales rubros, plagas y enfermedades, principales plaguicidas usados, manejo de los mismos, dosis y forma de aplicación, uso de equipos de protección, costos de producción.

El formulario utilizado para la realización de la encuesta consta de preguntas cerradas, agrupadas por temas. Fue diseñado con el apoyo de la estudiante de Sociología Valeria Berhau, y se presenta en el Anexo II.

Las encuestas a productores fueron realizadas entre el 18 de diciembre de 2001 y el 5 de febrero de 2002 por los Ings. Agrs. Alfredo Bruno y Mario P. Mondelli, y los Sres. Carlos Repetto y Lorenzo Franco, estudiantes de 5º año de la Facultad de Agronomía. La encuesta en el Establecimiento Juanicó S. A. (EJSA) tuvo lugar el 25 de mayo de 2002.

Los datos obtenidos fueron usados para describir la población muestreada en términos de indicadores cuantificables, para estimar la frecuencia de eventos observados, y para establecer la asociación entre variables.

Las entrevistas fueron realizadas a un pequeño número de informantes, seleccionados en base a su experiencia y conocimientos. Las entrevistas a profesionales especialistas en fruti-viticultura, consistieron en preguntas abiertas sin seguir una pauta determinada, más bien se realizaron consultas para solicitar opiniones y aclaraciones sobre diversos temas y aspectos específicos. Las mismas fueron realizadas por el autor durante el período comprendido entre setiembre 2001 y noviembre 2002.

También se realizaron entrevistas a algunas esposas de productores, con la finalidad de conocer su opinión sobre el manejo del predio y el uso de plaguicidas. En este particular, se cruza el punto de vista de la mujer con el del hombre que está al frente del predio. Estas entrevistas se basaron en el enfoque de la llamada entrevista semi-estructurada, que se basa en una lista de preguntas semi-abiertas o tópicos que el entrevistador necesita cubrir durante la sesión. Se usa una pauta como guía de la entrevista, pero no se está limitado a una agenda o temario predeterminado (Woods y Perz, 1996). La pauta de entrevista se presenta en el Anexo III.

Las entrevistas a esposas de productores fueron realizadas por la Lic. Victoria Morena, Socióloga, la Srta. Valeria Berhau, estudiante de Sociología y la Srta. Patricia Mondelli, estudiante de la Facultad de Agronomía, entre el 18 de diciembre de 2001 y el 5 de febrero de 2002.

4.5 DISEÑO DE MUESTREO

La unidad básica del diseño muestral, para la realización de las encuestas, la constituyó el padrón catastral, dado que fue la unidad mínima a la que se tuvo acceso. No se pudo contar con información censal de base sobre población, características y tamaño de los predios y principales rubros, porque el área de estudio no coincidía con ninguna unidad administrativa (sector censal o seccional policial). Además, la información sobre los propietarios de padrones catastrales es confidencial, por lo que no se pudo obtener información socioeconómica y productiva sobre los productores. Esto determinó que se optara por trabajar sobre la base de los padrones catastrales y su ubicación en la carta CONEAT. A partir de estos padrones se obtuvo la información técnica y socioeconómica.

Se aplicó un “diseño aleatorio estratificado”. Los estratos se establecieron en base a la ubicación de los padrones en relación a los cursos de agua, partiendo de la base que cuanto

mayor es la cercanía mayor será el aporte de contaminantes a los mismos. Estrato 1: predios contiguos a las cañadas. Estrato 2: a continuación de los predios contiguos a las cañadas. Estrato 3: cualquier otra ubicación.

El número de padrones seleccionados por estrato fue determinado mediante asignación proporcional en relación al tamaño de los mismos, de acuerdo a la siguiente fórmula: $n_h/n = N_h/N$, donde N es el total de padrones, N_h el tamaño de cada estrato, n el n° total de muestras y n_h el n° de muestras por cada estrato (Snedecor y Cochran, 1980) (Tabla 1).

Tabla 1. Número de padrones sorteados por cada estrato.

Ubicación	Cañada de la Lana		Cañada del Tajamar		Total		%
	N° de padrones sorteados	N° de padrones sorteados	N° de padrones sorteados	N° de padrones sorteados	N° de padrones sorteados	N° de padrones sorteados	
1	22	5	16	3	38	8	21
2	25	5	25	5	50	10	20
3	12	2	11	2	23	4	17
Total	59	12	52	10	111	22	20

De acuerdo a este detalle, se enumeraron los padrones en orden ascendente dentro de cada estrato y se realizó el sorteo. El detalle de los padrones sorteados y su ubicación geográfica se presenta en la Fig. 3.

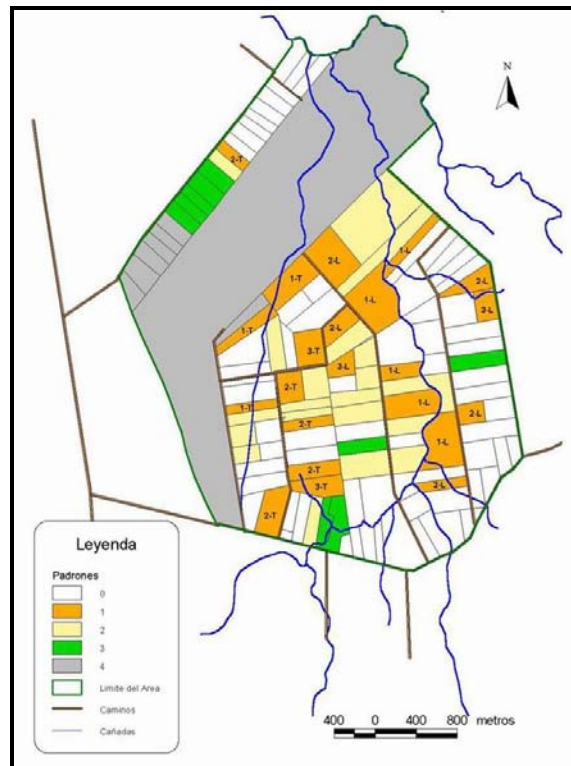


Fig. 3. Ubicación de los padrones sorteados, estrato por estrato.

La encuesta fue aplicada a los padrones sorteados y al EJSA. Este ocupa una gran superficie en pocos padrones, por lo que era baja la probabilidad de que saliera sorteado. Por lo tanto, se decidió encuestarlo sin incluirlo en el muestreo.

Al inicio del trabajo de campo los padrones fueron ubicados en el mapa del área de estudio y se visitaron para realizar las encuestas y entrevistas. Allí se comprobó que un determinado productor podía poseer un padrón seleccionado por sorteo o inclusive más, pero esos padrones integraban un predio junto con otros, y eran manejados de forma única por el productor. Como consecuencia, del número inicial de 22 padrones seleccionados, resultó que las encuestas fueron realizadas en 18 predios. Por lo tanto, en realidad la unidad padrón fue sustituida, a nivel de trabajo de campo, por la unidad predio. En la práctica, entonces, se perdió el criterio inicial de estratificación, ya que los predios constan de varios padrones, ubicados en diferentes posiciones con relación a los cursos de agua. La caracterización de los predios realizada por medio de la encuesta ya no considera la ubicación de los mismos dentro

del área y por lo tanto se perdió la posibilidad de analizar la incidencia del manejo de los plaguicidas en los distintos estratos de proximidad a los cursos de agua. En contrapartida, se aumentó considerablemente la cobertura, ya que numerosos padrones no seleccionados fueron cubiertos por las encuestas, al considerarse los predios de los cuales eran parte integrante (Tabla 2).

Tabla 2. Superficie de la muestra.

Área de la muestra	900 ha	67 %
Muestra aleatoria	459 ha	
EJSA	441 ha	
Área no muestreada	446 ha	33 %
Total	1346 ha	100 %

La muestra aleatoria de 18 predios representa casi la mitad de un universo estimado de 35 predios en el área de estudio, trabajando con un nivel de confianza de 90 % y un margen de error de ± 10 %.

Etapa II

4. 6 MATRICES DE RIESGO E IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PLAGUICIDAS

Para la identificación de los plaguicidas de mayor riesgo ambiental se aplicaron dos estrategias ampliamente usadas a nivel mundial: el “Índice de Riesgo Ambiental” y el “Cociente de Impacto Ambiental”. Ambas estrategias se basan en la relación “toxicidad-exposición” (Toxicity-Exposure Ratio, TER), es decir, el TER es una relación entre un umbral toxicológico y una concentración ambiental esperada (Finizio *et al.*, 2001).

Los referidos índices son obtenidos en función de indicadores de exposición (tasa de aplicación, distribución ambiental, bioacumulación y persistencia en el suelo) y de los efectos (EC₅₀, NOEL) que estas sustancias puedan ejercer sobre organismos no blanco, representativos de los sistemas ambientales, como algas, *Daphnia* y peces en aguas superficiales (Finizio *et al.*, 2001).

En este trabajo se utilizó una forma simplificada del método de Finizio *et al.* (2001), en base a tres características intrínsecas de las sustancias (coeficiente de partición octanol-agua, vida media en días y toxicidad acuática) y tres aspectos básicos de la tasa de aplicación (superficie, número de aplicaciones y dosis). A cada característica se le asignó una puntuación de 1 a 3, correspondiente a tercios equivalentes, de acuerdo al siguiente detalle:

- Logaritmo del coeficiente de partición octanol-agua (Kow), como una medida del potencial de bioacumulación. Escala: $\text{Log Kow} > 3 = 3$; $\text{Log Kow} 1 \text{ a } 3 = 2$; $\text{Log Kow} < 1 = 1$.
- Persistencia expresada como vida media en días. Escala: $< 1 \text{ semana} = 1$; $1 \text{ semana a } 1 \text{ mes} = 2$; $> 1 \text{ mes} = 3$.
- Toxicidad acuática, expresada como LC50 para *Daphnia magna*. Escala: $< 1 \text{ mg/L} = 3$; $1 \text{ a } 10 \text{ mg/L} = 2$; $> 10 \text{ mg/L} = 1$.
- Área tratada total, en hectáreas, para la muestra de los predios encuestados. Escala: $< 60 \text{ ha} = 1$; $60 \text{ a } 120 \text{ ha} = 2$; $> 120 \text{ ha} = 3$.
- Número de aplicaciones, en promedio para los diferentes predios encuestados. Escala: $1 \text{ a } 3 = 1$; $4 \text{ a } 6 = 2$; $> 7 = 3$.
- Dosis, en cc/ha ó gr/ha. Escala: $< 400 = 1$; $400 \text{ a } 1000 = 2$; $> 1000 = 3$.

El índice calculado es un promedio de las puntuaciones de las seis variables consideradas. La matriz de riesgo ambiental se presenta en la Tabla 21, de Resultados.

La estrategia de jerarquización mediante el cálculo del “Cociente de impacto ambiental” (EIQ) fue desarrollado en la Universidad de Cornell, Estados Unidos, por Kovach *et al.* (1992). Los valores obtenidos pueden ser usados para comparar diversos plaguicidas y métodos de aplicación, seleccionando los de menor impacto. El modelo reduce la información

del impacto ambiental de cada sustancia a un valor, obtenido a partir de una ecuación que se basa en tres componentes: el productor, el consumidor y el ecológico.

Una norma básica es que el potencial impacto de un plaguicida específico sobre un compartimiento ambiental es igual a su toxicidad por la exposición. Expresado en forma sencilla, significa que impacto ambiental es igual a toxicidad por exposición (Kovach *et al.*, 1992).

Aplicando esta metodología, se pueden hacer comparaciones entre diferentes plaguicidas, e inclusive entre diversos programas y estrategias de control de plagas y enfermedades. En el presente trabajo se utilizan los valores de EIQ calculados por Kovach *et al.* (1992), combinados con los valores de aplicación obtenidos de las encuestas, para determinar el impacto ambiental de los 12 plaguicidas aplicados en mayor área. A cada característica se le asignó un valor de 1 a 3, correspondiente a tercios equivalentes, de acuerdo al siguiente detalle:

- Cociente de impacto ambiental (A), obtenido de la Tabla de Kovach *et al.* (1992). $EIQ < 30 = 1$; $30 - 50 = 2$; $> 50 = 3$. Los valores de EIQ para dos funguicidas nuevos (Kresoxim-metil y Cimoxanil) no figuran en la tabla. A ambos se les asignó una puntuación de 1, similar a la de los funguicidas más modernos.
- A las condiciones de aplicación (B) (superficie tratada, número de aplicaciones y dosis de principio activo) se le asignó la misma escala de puntuación que en el ítem anterior (índice de riesgo ambiental).

El cociente se calcula mediante la siguiente fórmula: $\frac{A+B}{2}$, donde A es el EIQ de la Tabla de Kovach para cada químico, y B las condiciones de aplicación. El valor de B es la media de las puntuaciones asignadas para área tratada, número de aplicaciones y dosis de

principio activo. La matriz de cociente de impacto ambiental se presenta en la 22, de Resultados.

4.7 MODELOS PARA PREDECIR LA DISTRIBUCIÓN Y EL DESTINO DE LOS PLAGUICIDAS EN EL AMBIENTE

Las sustancias químicas se incorporan al ambiente con propósitos específicos y por vías definidas. Sin embargo, estas sustancias se mueven desde su punto de entrada hasta su destino final, que es el compartimiento ambiental por el cual tienen mayor afinidad (Calamari, 1991).

Normalmente los plaguicidas son transportados desde los sitios de uso hacia los cursos de agua por la escorrentía superficial. La cantidad total de pérdida de plaguicida desde las áreas tratadas hacia las aguas superficiales depende varios factores que incluyen las características del suelo, topografía, clima y prácticas de manejo agronómico, además de las propiedades químicas y ambientales de los principios activos individuales. Entre las propiedades del plaguicida que afectan directamente el potencial de transporte hacia las aguas superficiales se encuentran la velocidad de degradación del plaguicida en el suelo, la solubilidad en agua y la adsorción a la materia orgánica del suelo (Leonard, 1990).

Los programas de monitoreo de campo para detectar residuos de plaguicidas en aguas superficiales pueden ser caros, especialmente cuando los contaminantes están en bajas concentraciones, son difíciles de analizar y las características del ecosistema son tales que es necesario tomar un gran número de muestras para evaluar variaciones espaciales y temporales (Mackay *et al.*, 1995). Durante muchos años la información de la distribución ambiental y el destino de las sustancias químicas fue obtenida mediante esfuerzos de monitoreo a gran escala, que obligaron a realizar un enorme número de análisis de laboratorio. Este "enfoque retrospectivo" dejó amplios márgenes de error en el manejo ambiental de las sustancias químicas, con la aparición de efectos indeseables de gran escala. Esto es particularmente notorio en algunos casos específicos; como ejemplo, se menciona la amplia distribución de

los organoclorados y su detección muy lejos de la zona de aplicación, así como la presencia de herbicidas en aguas subterráneas usadas para consumo humano (Calamari, 1991) (Calamari y Vighi, 1992).

En la década de los setenta cobraron importancia los "modelos predictivos". La etapa siguiente fue el desarrollo de "modelos evaluativos", que comenzaron a aparecer a finales de la década de los 70's. Baughman y Lassiter (1978) introdujeron el concepto de modelo evaluativo para predecir la distribución ambiental de los productos químicos y estimar la exposición, aunque no se intentó simular el ambiente real. Inmediatamente varios autores produjeron modelos evaluativos simples, en el entendido de que generalmente cuando los sistemas son más complejos, los modelos son menos ajustados y menos satisfactorios (Mackay *et al.*, 1995). Posteriormente surgieron los modelos de simulación, que incorporan fenómenos relativos a la química, la física, la biología y la toxicología en un marco simple. Los modelos de simulación, una vez validados, pueden ser usados para predecir un amplio rango de nuevas situaciones (Mackay *et al.*, 1995).

4.7.1 LOS MODELOS DE FUGACIDAD.

Fueron desarrollados en la Universidad de Toronto por Mackay y sus colaboradores, con el propósito de calcular la cantidad relativa de una sustancia que iría a cada compartimiento ambiental. Estos modelos fueron presentados en una larga serie de artículos (Mackay y Paterson, 1981, 1982, 1988, 1990, 1991; Mackay, 1989, 1990, 1991) y han sido aplicados al destino de sustancias químicas orgánicas en lagos y ríos. Son modelos simples y muy esclarecedores, especialmente para situaciones de "equilibrio inestable".

Fugacidad es un antiguo concepto fisico-químico que Mackay (1979) rediscutió en nuevos términos y definió como la "tendencia, para una sustancia química, de escapar de una fase a otra". Se expresa en unidades de presión y puede ser relacionada linealmente con la

concentración. La relación entre fugacidad (f) y concentración (c) para una dada fase o compartimiento ambiental puede ser escrita como: $f = c/z$, donde z es una “constante de capacidad de fugacidad”, y depende, para una determinada temperatura y presión, de la naturaleza de la sustancia y del compartimiento ambiental (Calamari y Vighi, 1992).

En la práctica, después de la aplicación del modelo de fugacidad, se puede conocer el comportamiento que tendrá una sustancia que se incorpora al ambiente, en particular los procesos que sufrirá y en qué compartimientos ambientales se encontrarán las mayores concentraciones de la misma. La predicción de la concentración ambiental de una sustancia arranca con la determinación de unos pocos parámetros básicos tales como características físico-químicas y datos de emisión o aplicación, para establecer la distribución y movilidad del compuesto químico en el ambiente (Calamari, 1991).

Los modelos de fugacidad pueden ser usados para identificar el comportamiento estático y dinámico de las sustancias en el ambiente, los procesos responsables por la degradación de una sustancia o los procesos de transferencia, así como para dilucidar los mecanismos y tasas por las cuales las sustancias tóxicas son transportadas y transformadas en el ambiente (Mackay, 1979).

Existe un sistema de modelos de fugacidad que representa diversos niveles de complejidad, dependiendo de si el sistema descrito es cerrado o está en intercambio con el ambiente circundante, si se aplica el equilibrio, y si ocurren cambios en el tiempo. Los cinco niveles de complejidad son los siguientes:

Nivel I: Sistema cerrado en equilibrio.

Nivel II: Sistema en equilibrio en estado estacionario.

Nivel III: Sistema de no-equilibrio en estado estacionario.

Nivel IV: Sistema de no-equilibrio, estado no estacionario.

Nivel V: Sistema en equilibrio, estado no estacionario.

Descripciones detalladas de los niveles de complejidad en los modelos de fugacidad se encuentran en las publicaciones de Mackay, especialmente en Mackay y Paterson (1982).

4.7.2 EL MODELO SOILFUG.

A partir de 1993 se desarrolló un modelo de fugacidad específico para tomar en cuenta la condición de estado no estacionario, situación típica del uso agrícola de los plaguicidas. Este modelo se denomina SoilFug y se ubica en el Nivel V, sistema en equilibrio, estado no estacionario. Permite calcular las concentraciones de los plaguicidas durante y después de los eventos de lluvia. Fue desarrollado por Antonio Di Guardo en la Universidad de Milán Italia, y posteriormente validado en diferentes condiciones, comparando las concentraciones de plaguicidas estimadas y medidas en cuencas hidrográficas del norte de Italia (Di Guardo *et al.*, 1994) (Barra *et al.*, 1999), del Reino Unido (Di Guardo *et al.*, 1994) y de Chile central (Barra *et al.*, 1995).

El SoilFug es relativamente simple en cuanto a la información requerida y fácil de usar. Intenta predecir la concentración media de plaguicidas en corrientes de agua y en el suelo después de eventos de lluvia en determinados escenarios, y facilita la comparación de sustancias químicas con diferentes propiedades (Di Guardo *et al.*, 1994).

Este tipo de modelo es “iterativo”, es decir, la concentración del plaguicida o químico que va quedando en el suelo va siendo un insumo para la modelación de las concentraciones en el evento de lluvia siguiente. El modelo calcula la partición del químico aplicado y la cantidad del mismo que se pierde mediante la volatilización, reacción y fenómenos de escorrentía a diferentes tiempos definidos por los eventos de lluvia y el riego. Utiliza datos de precipitación y/o riego y la cantidad de agua que sale del sistema para el cálculo de la cantidad de químico perdido por la escorrentía en cada evento de lluvia. La cantidad total de

agua que sale desde la cuenca se utiliza para calcular la concentración del químico la corriente de agua que sale del sistema (Mendoza, 2000).

El modelo SoilFug se caracteriza por presentar dos *sets* de cálculos: el primero antes de un evento de lluvia, en el cual sólo se considera la degradación y la volatilización del químico, y el segundo, durante el evento de lluvia en el cual son calculados la degradación, la volatilización, el escurrimiento y la redistribución entre las fases. Esto debido al cambio que se produce en los volúmenes de las fases, principalmente el agua; se establecen los balances de masas respectivos para cada cálculo de las concentraciones en el suelo y en el agua de salida de la cuenca. También toma en cuenta que el suelo, antes de un evento de lluvia o riego, presenta propiedades características con relación a la proporción de sólidos, agua y aire, las cuales varían con ingreso de agua al sistema. El modelo para el cálculo de la cantidad de lluvia convierte los milímetros de precipitación a metros cúbicos, de acuerdo al área considerada. El agua total contenida en el suelo después de un evento de lluvia es calculada sumando las precipitaciones al contenido de agua normal que presenta el suelo. (Di Guardo *et al.*, 1994).

El modelo se puede aplicar en distintos niveles de complejidad, de acuerdo a cada situación particular. Variantes específicas, adecuadas para la predicción de escorrentía de pesticidas en campos agrícolas, fueron aplicadas y validadas experimentalmente en las regiones mencionadas de Italia, Reino Unido y Chile. Como conclusión general, los trabajos de validación del modelo permitieron determinar una buena capacidad predictiva (Barra *et al.*, 1995).

Según Di Guardo *et al.* (1994), el modelo SoilFug generalmente tiende a sobreestimar las concentraciones en el agua, porque no se toma en cuenta la pérdida inicial del producto químico. Esto no se considera un problema, especialmente en las etapas iniciales de cualquier

evaluación de riesgo. Por lo tanto, puede ser utilizado para estimar las concentraciones ambientales de algunos grupos de nuevos plaguicidas (especialmente los más solubles en agua), mientras que los modelos más complejos podrán ser aplicados en etapas más avanzadas.

Con base en las anteriores consideraciones, en la presente investigación se utiliza el modelo SoilFug como el instrumento para estimar el destino ambiental y las concentraciones de los plaguicidas utilizados en el área de estudio. Las distintas etapas del trabajo permitieron obtener la información básica utilizada como insumo por el modelo. En caso de que alguna información sea insuficiente o poco confiable, el modelo se aplica en distintas situaciones, siempre priorizando el “peor escenario”. Por falta de recursos, los resultados estimados por el modelo no son validados mediante análisis de laboratorio, por lo menos en esta etapa del trabajo.

El modelo SoilFug se aplicó a los plaguicidas de mayor riesgo e impacto ambiental, de acuerdo al método descrito en el punto 4.6. La fuente de información sobre el nombre del plaguicida, dosis, número de aplicaciones y área tratada fue la versión de los productores o encargados de predios, complementada y verificada por técnicos frutícolas.

Para el cálculo de las concentraciones de los plaguicidas se utilizó el programa SoilFug (*A Fugacity Model of Chemical Runoff in Agricultural Basins*) versión 1.2 de diciembre de 1996, desarrollado por Antonio Di Guardo en la Universidad de Milán, Italia, el cual se basa en las siguientes publicaciones: Di Guardo *et al.*, 1994; Di Guardo *et al.*, 1994; Barra *et al.*, 1995. Fue obtenido de la página Web del Canadian Environmental Modelling Centre (CEMC, 2002).

Los diferentes parámetros y variables utilizados en el modelo y el funcionamiento del mismo se pueden visualizar en la Fig. 4.

De acuerdo al esquema presentado en la Fig. 4 y a CEMC (2002), para la aplicación del modelo se utilizó como insumo la siguiente información:

- Plaguicidas, sus propiedades físico-químicas y ecotoxicología .
- Forma de aplicación de los plaguicidas: área, número y fechas de las aplicaciones, dosis.
- Propiedades del suelo.
- Área de la cuenca. Se utiliza solamente el área cubierta por el muestreo: 900 ha.
- Temperatura media.
- Balance hídrico (eventos de lluvia y salida de agua del sistema).
- Las propiedades físico-químicas que se utilizan para la aplicación de este modelo son las siguientes:
 - Peso molecular, expresado en gr/mol.
 - Solubilidad en agua, en mg/L
 - Presión de vapor, en Pascales.
 - Coeficiente de partición octanol-agua K_{ow} (logaritmo del mismo).
 - Coeficiente de partición carbono orgánico-agua K_{oc} (logaritmo del mismo).
 - Vida media en días.

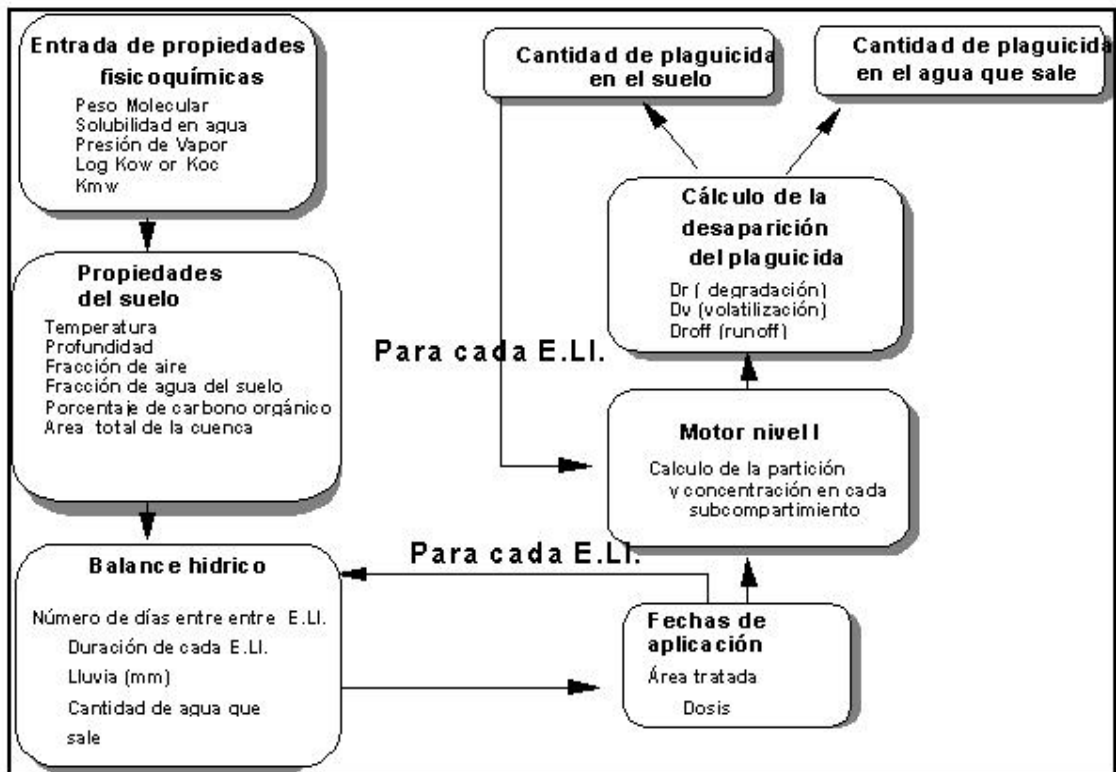


Fig. 4. Diagrama conceptual del modelo SoilFug utilizado (Barra, 2002).

Las mismas fueron obtenidas en la base de datos del EULA, Universidad de Concepción, Chile, y en los siguientes sitios de Internet:

- www.epa.gov/opprd001/factsheets
- www.pesticideinfo.org.
- esc.syrres.com/interkow/webprop.exe?CAS=...

Para la aplicación del modelo, los datos utilizados fueron seleccionados también según el criterio de peor escenario (Finizio *et al.*, 2001).

El modelo calcula la partición entre los diversos compartimientos del sistema durante cada evento de lluvia y los parámetros de disipación durante y entre dos eventos de lluvia sucesivos. Los datos de salida de la aplicación del modelo son la fugacidad del sistema, las concentraciones de plaguicida en el suelo y en el agua que sale de la cuenca y las pérdidas de

plaguicida por escorrentía, degradación y volatilización, hasta para un máximo de 20 eventos de lluvia (CEMC, 2002).

Suelos. La información sobre los suelos del área de estudio se basa en dos fuentes: la carta de Unidades CONEAT, a escala 1:20.000 (CONEAT, 1979) y la carta de reconocimiento de suelos de Canelones y Montevideo a escala 1:100.000 (MAP, 1982). Por tratarse de una escala más detallada, se optó por utilizar la descripción de los suelos de CONEAT. Los grupos CONEAT no son estrictamente unidades cartográficas básicas de suelos, sino que constituyen áreas homogéneas, a la escala de trabajo utilizada, definidas por su capacidad productiva (CONEAT, 1979).

En el Anexo IV se presentan las principales características de los suelos y la topografía del área de estudio.

Para la aplicación del modelo SoilFug se usan algunos parámetros del suelo convencionales y otros reales. Entre los primeros figura la profundidad del suelo. Se consideró de 30 cm, un espesor razonable con prácticas agrícolas adecuadas. El espesor para la difusión fue la mitad de la profundidad del suelo, considerada como la capa accesible a los químicos. Las fracciones aire y agua en el suelo fueron tomadas como estándar, habiendo sido estimadas en 20 y 30 % respectivamente (Mendoza, 2000).

La constante mineral/agua (Km) fue considerada como 1 %, valor considerado como característico para suelos en la agricultura (Di Guardo *et al.*, 1994).

Entre los datos reales de suelos el más relevante el de contenido de Carbono orgánico, que se obtiene a partir del contenido de materia orgánica del horizonte superficial del suelo. Los suelos del área de estudio se calcularon a partir de los resultados aportados por el Laboratorio de Suelos de la Dirección de Suelos y Aguas del MGAP. Se obtuvo el contenido de materia orgánica de 8 predios de la zona. Se hizo un promedio ponderado considerando

dichos valores y las áreas de cada uno de los predios. El resultado final promedio es de 2,4 % de materia orgánica, en toda el área de estudio. Se aplica la fórmula de conversión: $C \text{ Org.} = M. \text{ Org.} : 1,724$. Entonces, $C \text{ Org.} = 2,4 : 1,724 = 1,39 \%$. Este es el valor de carbono orgánico que se utiliza para la aplicación del modelo.

Temperatura. El modelo SoilFug utiliza la temperatura media durante el ciclo agrícola. La información meteorológica obtenida presenta las temperaturas diarias máxima y mínima en la casilla y a nivel del primer alambre. Las temperaturas medias máximas y mínimas registradas desde el 12/9/01 hasta fines de marzo se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Temperaturas medias a diferentes niveles.

Nivel Temperatura	Casilla	1er. alambre
Máxima	26,8	28,8
Mínima	14,2	14,2
Media	20,5	21,5

La temperatura media general, considerando ambos niveles, fue de 21° C. Esta es la temperatura que se incorpora al programa SoilFug. La información detallada de temperatura se presenta en el Anexo V.

Balance hídrico. Se consideran dos aspectos: a) el ingreso de agua al sistema, por medio de riego y la precipitación; b) la salida de agua del sistema, representada por el caudal del o los cursos de agua.

a) Los registros pluviométricos obtenidos abarcan el período comprendido entre el 1/7/01 y el 31/3/02. La precipitación está agrupada en “eventos de lluvia”. Un “evento de lluvia” (E.LI.) es el período de tiempo en que se produce una cantidad de lluvia necesaria para que el suelo alcance un umbral de contenido de agua y esta empiece a escurrir (Mendoza, 2000). A su vez, Di Guardo et al. (1994) lo definen como el período que comienza con la lluvia y termina cuando el agua que sale de la cuenca retorna a la condición inicial.

Durante el referido período total, que abarca nueve meses, se produjo en el área de estudio una precipitación total de 1257,5 mm, agrupados en 38 eventos de lluvia. Si bien numerosos productores del área cuentan con riego, la utilización del mismo durante el ciclo fue insignificante.

A los efectos de la aplicación del modelo, se consideró la precipitación y los eventos de lluvia a partir de la primera aplicación del fungicida Mancozeb, el 12/9/01. Desde esa fecha y hasta el 10 de marzo, fecha aproximada de la finalización de las últimas cosechas, se produjeron 20 eventos y la precipitación total fue de 622 mm. La información pluviométrica detallada se presenta en el Anexo V.

b) No se contó con registros de caudal de los cursos de agua en el área de estudio. En consecuencia, se plantearon tres escenarios hídricos teóricos para la aplicación del modelo: 25, 50 y 75 % de escorrentía. El modelo fue aplicado tentativamente a dos plaguicidas en estos tres escenarios hídricos. Los resultados obtenidos posteriormente mostraron que existían pocas diferencias en las concentraciones calculadas. Finalmente, se optó por correr el modelo con 50 % de escorrentía. Los resultados obtenidos corresponden a este escenario hídrico.

4.8 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Existe en la bibliografía un antecedente reciente de integración del SIG con el modelo SoilFug. Muchos modelos regionales no asumen, al tomar en consideración la distribución espacial de un químico en el ambiente, que los compartimientos ambientales (aire, agua, suelo) son homogéneos en composición y propiedades. Cuando se pretende aplicar el SoilFug a áreas mayores, es necesario considerar la heterogeneidad espacial. La solución a este problema es ligar el modelo al SIG, definiendo Unidades Geográficas Uniformes (UGU's), que son áreas homogéneas en sus características y comparables a las unidades de paisaje. El

modelo se aplica entonces separadamente a cada UGU descrita en el área, usando los correspondientes balances hídricos y escenarios de aplicación (Barra *et al.*, 2000).

En conclusión, el enfoque basado en el uso del SIG para la selección de sub-áreas relativamente homogéneas ha probado ser una herramienta efectiva para la aplicación de modelos “sitio-específicos” a una escala de territorio heterogéneo (Barra *et al.*, 2000).

En la presente trabajo, las reducidas dimensiones del área de estudio no suponen la posibilidad de tener UGU's diferentes en la misma. En consecuencia, el SIG se utilizó solamente como herramienta de apoyo para producir las figuras y analizar la imagen satelital Landsat, que permitió estimar el uso del suelo en el área de estudio.

Se trabajó con el programa ArcView GIS versión 3.2, y sus extensiones “Image Analysis” y “Polygeom”. Las coberturas de trabajo (capas de información en formato vectorial) se componen de tres tipos de archivos:

- . shp corresponde al mapa digital,
- . dbf corresponde al archivo Tabla de datos,
- . shx corresponde al archivo que permite la conexión entre los elementos del mapa digital y la base de datos.

El procedimiento para la creación de las coberturas básicas consistió en la metodología de “digitalización en pantalla”. Se levanta la cartografía en papel con un lector de barrido óptico (*scanner*), generando un archivo del mapa en formato digital, raster. Una vez obtenido este archivo es introducido al sistema como cobertura raster y se utiliza la propia grilla del mapa para realizar su georreferenciación directa (Achkar, 2000). El producto final de esta etapa es un conjunto de coberturas, que constituyen el insumo principal para la puesta en funcionamiento del SIG.

El proceso de generación de la información básica consistió en las siguientes etapas:

- 1) Obtención de la siguiente cartografía digital: Mapa de unidades CONEAT y padrones CONEAT. Ambos fueron suministrados por la Dirección Nacional de Recursos Renovables del MGAP.
- 2) Escaneo y georreferenciación de la foto aérea a escala 1:20.000, de la carta topográfica del Instituto Geográfico Militar a escala 1:50.000 y de la carta de suelos de la Dirección de Suelos (MGAP) a escala 1:100.000.
- 3) Digitalización de las siguientes coberturas: límites y red hidrológica del área, caminería, curvas de nivel y suelos a escala 1:100.000, del área de estudio.
- 4) Utilización de una imagen satelital Landsat obtenida en marzo de 2002. Se calculó el índice de vegetación mediante las bandas 3 y 4 de la imagen Landsat, como forma de estimar el uso del suelo en el área de estudio. Se utilizó la extensión Polygeom del programa ArcView GIS.
- 5) Recorrida de campo para validar el resultado del punto anterior.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.1.1 USO DEL SUELO.

Mediante los puntos 4 y 5 del ítem anterior se calculó el uso del suelo en el área de estudio. El mismo se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Uso del suelo en el área de estudio.

Uso del suelo	Árboles frutales	Viñedos	Horticultura, pastos, frutales nuevos frutales nuevos, Viña	Bosques naturales y cultivados	Tajamares, edificios, suelo descubierto	Total
Ha.	380	384	339	166	77	1346
%	28	29	25	12	6	100

5.1.2 CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA.

Productores.

83 % de los predios son dirigidos por sus propietarios o sus hijos, y sólo el 17 % tiene a su frente un encargado. Esto coincide con la residencia en el predio. Los propietarios de los predios a cuyo frente está un encargado residen fuera del área, en otras localidades del departamento de Canelones.

La edad de la persona que está al frente del predio varía desde los 26 hasta los 68 años. Aquí se considera también el caso de los encargados. En general se observa que cuando los titulares superan la edad de 70 años, sus hijos toman la responsabilidad de la conducción, y ellos quedan como “consejeros”. Esto sucede en 28 % de los casos.

El grado de instrucción varía desde la enseñanza primaria incompleta hasta la universidad completa. De los productores o encargados, 56 % tiene enseñanza primaria

completa o incompleta. Estos tienen 49 años de edad o más. En el restante 44 % de los casos (todos menores de 49 años) el panorama es diverso: uno con universidad completa (Ing. Agr.), un estudiante universitario, dos con escuela agraria completa, uno con escuela agraria incompleta y tres con liceo incompleto.

El número de personas integrantes del núcleo familiar y residiendo en el predio junto con el productor o encargado varía entre 1 y 4. Solamente en un caso hay 8 personas residiendo con el productor. Se trata del establecimiento más grande de la zona, del cual viven tres familias. En todos los casos algún miembro de la familia participa del trabajo en el establecimiento.

61% de los productores, incluyendo un encargado, son oriundos del propio departamento de Canelones. El 39 % restante procede de Montevideo, Durazno y Cerro Largo. 94 % tiene más de 10 años de residencia en la zona, el caso restante es de un ingeniero agrónomo que proviene de Las Piedras y se estableció en el predio hace 2 años. 78 % tiene más de 25 años de residencia en la zona.

33 % de los productores toman las decisiones sobre el predio solos. De los 3 predios que están con un encargado, en un caso el dueño toma las decisiones solo, en otro el dueño consulta al ingeniero y en el restante el encargado toma las decisiones solo. 3 productores dijeron tomar las decisiones junto con la esposa. Otro 33 %, incluyendo los tres predios más grandes, los productores toman las decisiones consultando a sus familiares y al ingeniero asesor.

Tomando en consideración el modo de gestión, los 22 padrones sorteados pertenecen a 18 productores familiares con predios de diferente tamaño y forma de producción. Adicionalmente, se encuentra dentro del área de estudio un establecimiento empresarial, el Establecimiento Juanicó S.A., el cual fue incluido en la encuesta.

Predios

En cuanto a tamaño, los predios ubicados en el área de estudio presentan una variación muy grande, desde muy pequeño, con un solo padrón, hasta grande, con un total de 20 padrones. En la Tabla 5 se presenta el número de predios para cada estrato de tamaño. No se incluye el EJSA.

Tabla 5. Número de predios en los diferentes estratos de tamaño.

Tamaño	Nº de predios	%
< 20 ha	8	45
20 - 50 ha	6	33
> 50 ha	4	22
Total	18	100,0

En la Tabla 6 se presentan los predios de acuerdo a su tamaño y número de padrones, estos ubicados dentro y fuera del área.

La media de los predios en la muestra estadística fue calculada en 37,4 ha, con una desviación estándar de 48,7.

Todos los padrones de los 14 predios menores de 50 ha están situados dentro del área de estudio. De los 4 predios mayores de 50 ha, 3 poseen padrones dentro y fuera del área de estudio. A efectos de la caracterización de los predios, se consideran tanto los padrones dentro y fuera del área, pero para la caracterización de los sistemas de producción y uso de plaguicidas, se toman en cuenta sólo los padrones ubicados dentro del área de estudio.

La totalidad de los predios en el área de estudio están bajo la forma de tenencia de propiedad. Sólo dos de ellos (11 %) tienen padrones en arriendo, uno tres y el otro 1.

La disponibilidad de riego se presenta en la Tabla 7.

Tabla 6. Tamaño de los predios y número de padrones.

Tamaño total (ha)	N° de padrones		Ha. en producción	
	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera
3,5	1	0	2,0	0,0
6,0	1	0	5,0	0,0
7,0	1	0	2,0	0,0
7,5	2	0	7,0	0,0
9,0	2	0	5,0	0,0
13,5	2	0	10,0	0,0
15,0	3	0	11,0	0,0
18,0	1	0	10,5	0,0
20,0	3	0	11,5	0,0
20,0	3	0	14,0	0,0
23,0	3	0	19,0	0,0
27,0	4	0	15,0	0,0
30,0	7	0	6,0	0,0
36,0	2	0	23,0	2,0
50,0	2	6	6,0	34,0
84,0	7	0	51,0	0,0
103,0	3	9	21,0	31,0
200,0	14	6	80,0	40,0
459,0 *	8	0	123,0	0,0

* EJSA

Tabla 7. Disponibilidad de sistemas de riego

Riego	%
Con riego	56
• goteo	23
• goteo y adspersión	11
• adspersión	11
• surcos	11
Sin riego	44

Los predios que no poseen riego son todos predios menores de 27 ha. 6 predios cuentan con pozos, dos de ellos con tres pozos cada uno (los predios más grandes). Estos pozos cuentan con profundidades que van de los 60 hasta los 120 m, y fueron perforados, en su gran mayoría, con el apoyo financiero de PRENADER. También se cuenta en el área con cuatro tajamares para riego, y tres productores sacan agua de la Cañada de la Lana para regar sus cultivos. El productor más grande utiliza agua de sus tres pozos, de su tajamar y es además es uno de los que saca agua de la cañada.

El número de trabajadores depende del tamaño del predio. En todos los casos es importante el trabajo de los miembros de la familia. En 44 % de los predios no hay trabajadores permanentes contratados, se manejan solamente con mano de obra familiar. Estos predios son todos menores de 30 ha. En el otro extremo, los tres predios mayores cuentan con 18, 12 y 6 trabajadores permanentes, además del trabajo familiar. En estos predios el número de trabajadores zafrales es de 85, 30 y 25, en tiempos de cosecha. Los predios más pequeños se manejan con 3 a 6 trabajadores zafrales, mientras que los medianos ocupan de 6 a 25, dependiendo del cultivo. Este último número de trabajadores zafrales se ocupa en un viñedo de 19 ha.

Establecimiento Juanicó S.A (EJSA).

El padrón principal perteneció a ANCAP hasta 1979, en ese año se privatizó desde entonces pertenece a la referida sociedad anónima. El EJSA posee dos padrones, uno de 434 ha y otro de 7 ha. En el momento actual el área ocupada por el cultivo de viña es de 105 ha. Adicionalmente, 6 padrones ubicados en la parte oeste del área (18 ha) se manejan igual que el Establecimiento. Este también integra numerosos padrones en un radio de 10 km, para un área total de 700 ha. La información brindada por el Gerente Técnico Enólogo Luis Púa se refiere al área de viña ubicada en los dos padrones que totalizan 441 ha.

Antes de 1988 la lógica predominante era producir en cantidad. Desde ese año se pasó a otra: lo principal es la calidad. Esto obliga a una disminución del rendimiento por hectárea. Los objetivos de producción cambian de año en año de acuerdo a la coyuntura económica. El plan de inversiones de la parte agrícola se discute con la dirección de la empresa.

Hay años en que la empresa compra hasta un 50 % de la cantidad total que se produce en el predio, dependiendo de la calidad y del momento. Una modalidad que utilizan es

asesorar a algunos productores para que produzcan con la tecnología del EJSA, y después le compran la producción.

Sólo una parte del área total, equivalente a unas 20 ha, cuenta con riego. Este se usa para asegurar una buena implantación de los cultivos nuevos o para la producción de uvas de mesa, aunque el área con uvas de mesa está en clara disminución. El EJSA cuenta con 8 pozos en total, pero los principales son dos de 100 m de profundidad, perforados con el apoyo de PRENADER. También cuenta con un amplio tajamar.

El número de trabajadores permanentes del EJSA en el sector de producción vitícola es de 20, y de zafrales, 25 a 30. En la época de la vendimia el número de trabajadores zafrales asciende a un centenar.

Cultivos.

En la Tabla 8 se presenta el área ocupada por los principales cultivos fruti-vitícolas en la muestra.

Tabla 8. Área ocupada por los principales cultivos fruti-vitícolas en la muestra.

Cultivo	Manzana	Pera	Viña	Durazno	Otros	Total
Ha.	153,4	55,0	160,0	34,0	8,6	411,0
% del área de la	17	6	18	4	1	46

La viña y la manzana son los cultivos más importantes en la totalidad del área muestreada. Los siguen en orden de importancia la pera y el durazno. Los restantes cultivos tienen poca trascendencia económica.

Las principales variedades de manzana son Red Delicious y Granny Smith, y en menor proporción, Top Red, Red Chief y Royal Gala. La variedad principal de pera es Williams, y en menor medida Packham y Santa María. En los viñedos de los productores familiares predominan la variedad Moscatel, y en menor medida Tannat, Cabernet, Harriague, Merlot,

Trebbiano y otras. En el EJSA se cultivan unas 30 variedades de viña. De ellas, las principales son variedades para vino tinto: Tannat, Merlot, Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc. También hay variedades blancas pero en menor área: Chardonnais, Sauvignon, Colombard, Riesling y otras.

Fertilización.

En 94% de los predios se fertilizan los cultivos fruti-vitícolas con fertilizantes químicos y orgánicos. Ambos tipos de fertilizante se aplican en la olla de cada árbol, alrededor del tronco. El fertilizante químico más usado es la urea. La utilizan en el 67 % de los predios. También se utilizan superfosfato, fosfato de amonio, nitrato de potasio y NPK 15-15-15. Un productor fertiliza con NP 20-40 y otro aplica sólo potasio. El 28 % utiliza algún tipo de fertilizante foliar.

La “cama de pollo” es el producto orgánico más utilizado como fertilizante. Es una mezcla de cáscara de arroz y estiércol de pollo, que se genera en el piso de los criaderos. Se usa en el 78 % de los predios. De los 3 productores que sólo tienen viña, dos no utilizan fertilizante orgánico. Uno de ellos tampoco usa fertilizante químico. Un productor dijo utilizar “enmienda orgánica” y “barrido”, sin especificar. Según un productor con formación universitaria, la cama de pollo asegura un mayor crecimiento de la fruta, y se aplica en cantidades de 20 a 30 ton/ha cada 3 ó 4 años, lo que significa dosis que varían entre 5 y 10 ton/ha/año.

La urea - el fertilizante químico más usado - se aplica en dosis de 100 hasta 300 kg/ha/año, dependiendo del cultivo y la edad del monte. La dosis promedio es de 200 kg/ha/año, aproximadamente unas 100 unidades de nitrógeno.

61 % de los productores no perciben disminución de la fertilidad del suelo en sus frutales. Sin embargo, como ya fue dicho, la casi totalidad de los productores del área aplica

fertilizantes. Dos de ellos dijeron expresamente que fertilizan para reponer los nutrientes extraídos por los cultivos. Esto parece coincidir con la realización de análisis de suelos. 56 % realizaron análisis de suelos. Otro productor realizó análisis foliar. Sólo tres productores que no realizaron análisis de suelos dijeron no percibir disminución de la fertilidad en su quinta. Cinco que sí realizaron análisis de suelos dijeron no percibir disminución de la fertilidad, a pesar de lo cual fertilizan, al igual que la casi totalidad.

67 % de los productores no perciben problemas de erosión en sus quintas. De los seis que la percibieron, la mayoría dijo que podía deberse a los fuertes aguaceros sobre la tierra labrada y sin cobertura vegetal.

Control de malezas.

La forma de control de malezas se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9. Control de malezas.

Riego	%
Control químico	89
• Glifosato	69
• Sulfosate	5
• Glifosato + MCPA	10
• Simazina + MCPA + Ajil	5
Control mecánico	11

Los dos productores más grandes utilizan también MCPA (ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético), además del glifosato. Un solo productor utiliza simazina, combinado con MCPA y el gramillicida específico Ajil. Sólo dos productores controlan las malezas mecánicamente, uno con azada (el dueño del predio más pequeño) y el otro con fresadora, que es una especie de “rotovador” de eje vertical y se usa para limpiar en la fila.

El herbicida se aplica en fajas de 1 m de ancho en viña y de 2 m en frutales, debajo de la copa. La faja del medio se mantiene empastada, o se cultiva en los predios que poseen

sistema de riego. Sólo se aplica herbicida en la faja del medio en caso de haber invasión de una maleza peligrosa o de no tener riego. En este caso también se puede cultivar mecánicamente. En 61 % de los predios se mantiene la entrelínea empastada, en dos se siembra avena o cebada, y de los 5 restantes, en uno se pasa rotativa y en cuatro la cultivan, tres con disquera y uno con arado. El EJSA mantiene la entrelínea empastada en forma permanente, con *Festuca* o *rye grass*. Se le pasa rotativa. Sólo en caso de invasión de gramilla o trébol se aplica un herbicida post-emergente, preferentemente Glifosato.

La práctica de dejar la entrelínea empastada es una buena medida de conservación de suelos. Probablemente debido a la gran difusión de la misma los productores no perciben, en su gran mayoría, síntomas de erosión en sus quintas.

5.1.3 ASISTENCIA TÉCNICA.

En la Tabla 10 se presenta la distribución de la asistencia técnica en el área de estudio.

Tabla 10. Distribución de la asistencia técnica en el área.

Tipo de asistencia técnica	%
Permanente	67
• PREDEG	33
• CREA	17
• Privada	17
Ocasional	11
No recibe	22

Los productores integrados en grupos PREDEG o CREA reciben la visita del asesor técnico dos veces por mes y además hay una reunión técnica mensual con el asesor. Los técnicos privados visitan los predios una vez por semana o cada dos semanas. La asistencia técnica ocasional es brindada por los propios vendedores de agroquímicos.

En la Tabla 11 se presenta el cruzamiento de tamaño del predio con el tipo de asistencia técnica, en el área de estudio. Se cuenta el tamaño total de los predios, con padrones dentro y fuera del área.

Tabla 11. Asistencia técnica por estrato de tamaño de predio.

		< 20 ha	20 - 50 ha	> 50 ha	Total
		%	%	%	%
Asistencia técnica	Tiene Si	50	67	100	67
	No	25	33		22
	Ocasional	25			11
Total		100	100	100	100

Los 4 predios mayores de 50 ha reciben asistencia técnica particular y además, en un caso, del técnico del grupo CREA. De los dos productores medianos que no reciben asistencia técnica, uno es técnico agropecuario. De los cuatro que la reciben, dos son en grupo PREDEG, uno en grupo CREA y el restante, con técnico particular. En el estrato menor de 20 ha, tres productores están integrados en grupos PREDEG y otro tiene técnico particular. Dos no reciben asistencia y otros dos la reciben sólo ocasionalmente, por parte del vendedor. El número de productores que consultan al vendedor de agroquímicos parece estar subestimado.

5.1.4 MANEJO DE PLAGUICIDAS.

En la Tabla 12 se presentan las consultas a la etiqueta del plaguicida.

Tabla 12. Consulta a la etiqueta del plaguicida.

	%
Consulta la etiqueta	83
No consulta	17

De todos los productores que consultan la etiqueta, 87 % se fija en la dosis. Además, 13 % consulta el tiempo de espera, 13 % las precauciones para el manejo y aplicación, 27 % la fecha de vencimiento y 13 % la categoría toxicológica. Un productor (7 %) estudia toda la etiqueta, otro el rubro y compatibilidad y el restante estudia la etiqueta y corrige por volumen y follaje.

De los productores que no consultan la etiqueta (17 %), uno consulta a su técnico, otro consulta al vendedor y el restante dice no consultar aunque tiene asesor técnico.

En el área muestreada hay 29 atomizadoras y 8 pulverizadoras, lo que da una media de una máquina cada 24 ha. Las pulverizadoras tienen bomba neumática para impulsar el líquido y punteros manuales o instalados sobre una parrilla. Trabajan con la presión de la bomba. Por el contrario, las atomizadoras tienen una bomba y una turbina, que es la que divide la gota.

Las pulverizadoras pueden ser más dañinas porque llegan a provocar chorreado. Por el contrario, las atomizadoras producen una gota más pequeña y una mejor cobertura, pero tienen el problema de una mayor deriva por el viento.

En la Tabla 13 se caracterizan a las personas que realizan las aplicaciones.

Tabla 13. Personas encargadas de realizar la aplicación.

Aplicador	%
El propio productor	44
Peón entrenado	39
Hijo del productor	11
Encargado del predio	6

En el EJSa la aplicación de plaguicidas está a cargo de peones especializados, pero se realiza una rotación entre las personas que desempeñan la tarea.

En la Tabla 14 se presenta el lugar de almacenamiento de los plaguicidas en el predio.

Tabla 14. Lugar de almacenamiento de los plaguicidas.

	%
Galpón	44
Pieza especial	56

Estos datos no fueron confirmados por los encuestadores. En el EJSa los plaguicidas son almacenados en un depósito específico, con acceso restringido.

En la Tabla 15 se describe la utilización del equipo de protección durante la aplicación.

Tabla 15. Utilización de equipo de protección.

	%
Protección completa (máscara, capa, sombrero, lentes y guantes)	6
Protección parcial	66
Ninguna protección	28

Del 28 % que no usa ningún implemento, la mitad reconoce poseer todos los implementos, porque “en verano es imposible usar capa y máscara, el calor los hace insoportables”. En el EJSa los aplicadores deben utilizar en forma obligatoria máscara, capa, sombrero y lentes. Quienes no lo hacen son sancionados.

La falta de precauciones se hace extensiva a la preparación de la mezcla, etapa en la que el 72 % de los operarios no se protege ni siquiera mínimamente.

En la Tabla 16 se describe el manejo de la ropa de aplicación.

Tabla 16. Manejo de la ropa de aplicación.

	%
Lavan y guardan en lugar especial	78
No lavan y sí guardan en lugar especial	16
No responde claramente	6

Este resultado es sospechoso, porque se contradice con el punto que se refiere a la protección de los aplicadores. En el EJSA cada aplicador debería ser responsable por el lavado de la ropa de aplicación, pero este mecanismo aún no está bien ajustado.

La duración de las jornadas de aplicación se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17. Duración de las jornadas de aplicación.

	%
8 ó más horas	78
Menos de 8 horas	22

En uno de los predios, donde el aplicador es el productor, éste pulveriza durante cuatro horas, después se baña, y después sigue aplicando por otras cuatro horas.

En 89 % de los predios, la mezcla de plaguicida con agua que resta en la máquina al terminar la aplicación, se re-aplica hasta que se termina. Esta es una práctica casi unánime. Solamente en un caso se guarda en la máquina y en otro no hubo respuesta.

La pregunta referida al lugar de lavado de la máquina era abierta. Se obtuvieron respuestas muy diversas, que no fueron chequeadas por los encuestadores. En 39 % de los

casos, incluyendo los tres productores más grandes, se lava en el lugar donde se carga, cerca de la fuente de agua. En tres casos (17 %) se lava en el camino o en la cuneta, en dos, lejos de las casas, también en dos cerca del galpón, un productor participante en el Programa de Producción Integrada dijo lavar a más de 40 m de la cañada, uno en una casilla en la quinta y en dos casos no hubo respuesta.

Con respecto a la disposición de los envases de plaguicidas vacíos, en 61 % de los predios los queman y en uno dicen que los queman “a veces”, aunque algún productor reconoce que es una práctica incorrecta. 22 % los acumulan, 11 % simplemente los amontonan y de los otros dos, uno los perfora y guarda en una pieza especial y el otro dice “reciclarlos”. Dos no respondieron. En el EJSA destruyen o queman los envases de plaguicidas, pero están pensando en devolverlos a las plantas elaboradoras de agroquímicos.

Todos los resultados presentados se basan en el testimonio de las personas encuestadas, y no fueron corroborados por los encuestadores. De todos modos, las fotos del Anexo VII revelan la falta de cuidado con que se manipulan y aplican los plaguicidas.

5.1.5 PROBLEMAS DE SALUD RELACIONADOS CON EL MANEJO DE PLAGUICIDAS.

En este punto se toman en cuenta solamente las respuestas brindadas por las personas encuestadas, con relación a casos de su conocimiento.

78 % de los productores o encargados dijeron no haber detectado en sus predios, problemas de salud después de la aplicación de plaguicidas. Solamente 22 % dijeron haberlos notado. En el EJSA se notó la presencia de alergias en trabajadores que venían aplicando en forma continuada durante muchos años. Por tal motivo se decidió que la aplicación fuera rotativa entre los peones del predio.

72 % de los productores dijeron no haber tenido intoxicados en su predio durante los últimos tres años. En ese lapso se registraron cinco casos que sí tuvieron problemas. Son los siguientes:

- Fabricio Valdivia. No llevó equipo de protección cuando aplicó Paration. Tuvo fuertes dolores de estómago.
- Un aplicador, sin identificar compuesto ni síntomas, en la primera aplicación de la temporada. El productor no dio el nombre de esa persona.
- Un trabajador zafra que se intoxicó voluntariamente. Comió seis manzanas sin lavar ni pelar, después de la aplicación, con la intención de cobrar el seguro.
- Un productor, que dice no haberse intoxicado pero su esposa asegura que sí.
- Un encargado. Dolor de cabeza después de aplicar organofosforados como Gusation (Azinfos-metil) y Paration.

Ante la pregunta de si conoce alguien intoxicado con plaguicidas en la zona, 72 % respondió que sí. Los casos más notorios, referidos por las propias personas encuestadas, son:

- Heber Rodríguez, productor. Dice haberse intoxicado con una acumulación de productos, entre los cuales menciona oxiclورو de cobre. Nunca más pudo aplicar plaguicidas. Este caso es mencionado como conocido en seis encuestas. El testimonio de Rodríguez se presenta en el Anexo VI.
- Álvaro Marione, hijo del productor Eduardo Marione. Estaba aplicando Paration. Tenía capa pero estaba con pantalón corto. Paró la aplicación y comió empanadas y tomó vino. Hizo un paro cardíaco. Se recuperó pero nunca más pudo aplicar. Esto ocurrió en 1989. Este caso es mencionado como conocido en cinco encuestas.

- Ariel Fernández, encargado de un predio vitícola. Se intoxicó con Bravo (clorotalonil), un funguicida de baja toxicidad. Le provocó alergia y tuvo que dejar de aplicar.
- Armando Quercini, hijo del productor Américo Quercini. Se intoxicó con Difolatán, que ahora está prohibido.
- José Hugo Alaniz, productor. Se intoxicó cuando aplicaba Selinon (dinitro-orto-cresol) desde arriba del tractor cuando venía en polvo. Los síntomas fueron mareos. No pudo aplicar más. Esto ocurrió hace 30 años.
- Marcelo Caranini, vecino de Alaniz. No fueron explicadas las circunstancias que rodearon su intoxicación.
- Sr. Martínez, presidente de Calcembú, con afección cardíaca provocada por descuido en la aplicación de plaguicidas.
- Pablo Barrios, vecino de Quercini, intoxicado con Gusation.
- Un vecino de Buschiazzo, intoxicado con Dormex (cianamida hidrogenada), un producto para controlar la dormancia y estimular la brotación. Después de la aplicación, ingirió alcohol, lo que le produjo alergia, caracterizada por una gran hinchazón.

En resumen, en la zona se menciona haber tenido lugar por lo menos catorce casos de intoxicaciones con plaguicidas, algunos recientes y otros antiguos. Todos se refieren a problemas relacionados con la aplicación, en ningún caso se mencionan accidentes no laborales, que según el CIAT (Burger *et al.*, 1995) son frecuentes en zonas donde se hace un uso intensivo de los plaguicidas.

A los problemas referidos hay que agregar el caso de la Sra. Andrea de Busso, quien padece de una enfermedad que determina que, durante el período en que se realizan las

aplicaciones, deba ser evacuada de la zona y llevada a un lugar alejado donde no se usen plaguicidas.

5.1.6 ENTREVISTAS A AMAS DE CASA.

Se realizaron entrevistas a 10 mujeres, todas ellas amas de casa de cada predio donde se realizaron encuestas. Dos de estas entrevistas no aportaron nada porque las señoras no se sintieron en capacidad de responder las preguntas formuladas. Por lo tanto, sólo ocho entrevistas se consideran válidas. Cinco de las mujeres entrevistadas son esposas de los titulares de los predios. Tres de ellas no lo son, dos son madres de jóvenes productores, que sustituyeron a sus padres ya mayores en la conducción del predio. En el caso restante se trata de la esposa del encargado de un predio, cuyos dueños no residen en el mismo. La edad de las mujeres entrevistadas varía entre los 35 y los 72 años. Cinco provienen del propio departamento de Canelones, una de la zona rural de Montevideo y la restante es italiana y llegó al Uruguay siendo niña. Todas tienen contacto con el agro desde hace muchos años, cuatro desde que nacieron y otra cuatro desde que se casaron. La más joven tiene completa la educación secundaria y Universidad del Trabajo (UTU), y la mayor no asistió a la escuela. Otra tiene secundaria completa. De las cinco restantes, cuatro tienen primaria completa y otra casi completa (5° año).

Siete entrevistadas dijeron no ser consultadas en la toma de decisiones sobre el predio y la producción, y sólo una dijo ser consultada. Esta señora es esposa de uno de los productores más grandes de la zona y ocupa un cargo de responsabilidad en su establecimiento. Según ella, es consultada en todo: “asuntos de la casa, de la quinta, de comercialización, de las curas, de las plagas y enfermedades. Todo se habla en familia”. Ella es quien trata directamente con los trabajadores, especialmente los zafrales, a quienes ella contrata y controla.

Ambos tipos de respuesta coinciden con lo que expresaron, sobre este punto, sus esposos en las encuestas. De esto surge que, por lo menos en esta zona y estos rubros, salvo escasas excepciones, la mujer tiene poca participación en las decisiones concernientes a la producción y el manejo del predio.

Donde sí parecen tener una opinión formada y mayor intervención es en relación al uso de los plaguicidas. Todas reconocen la necesidad de estos para proteger la fruta de hongos e insectos y asegurar la producción y comercialización. Una expresa que aún reconociendo las exigencias del mercado, “lo que no es natural no puede ser bueno”.

Otro aspecto en que hay casi unánime coincidencia es en la falta de precauciones en el manejo. Los equipos de aplicación no se usan porque se tornan insoportables con el calor. Aquí surgen contradicciones con lo que sus esposos dijeron. Cuando un determinado productor dijo que se protegía adecuadamente, su esposa lo negó: “sale con todo el equipo de protección pero cuando está fumigando en el monte se lo quita”. Sólo tres señoras dijeron expresamente que ellas no tienden ropa cuando se fumiga o entran la ropa tendida cuando comienza la aplicación, incluso una lava el alambre del tendedero después de finalizar el tratamiento.

Entre las medidas que deberían tomarse para mejorar el manejo de plaguicidas, las mujeres entrevistadas proponen: los que tienen posibilidad, alejarse del lugar donde se realizó la aplicación; los aplicadores, utilizar el equipo de protección; no utilizar plaguicidas de alta toxicidad; mayor cuidado con los envases; disminuir las largas jornadas de fumigación; finalmente, dos señoras propusieron plantaciones ecológicas sin uso de plaguicidas químicos.

Respecto a la pregunta de si percibe que cada año se gasta más en plaguicidas, dos señoras dijeron no saberlo, pero las seis restantes opinan que sí. Una dijo que eso es porque aumentan los precios y las cantidades, otra porque se gasta más cuando llueve mucho como

ese año, y las otras cuatro dijeron que cada vez se gasta más porque el precio de los plaguicidas está en dólares y por lo tanto sube su costo en moneda nacional.

Con respecto a los problemas de salud ocasionado por el uso de plaguicidas, siete mencionaron tener conocimiento de casos de intoxicaciones, desde leves - alergias, vómitos y otros malestares - hasta graves, en la zona. Una de ellas es la Sra. de Heber Rodríguez, intoxicado cuyo testimonio se presenta en el Anexo VI, y otra es la Sra. de Busso, cuyo caso fue mencionado en el punto anterior. Una señora dijo no conocer casos en la zona, pero su hermano y su primo sufrieron severas intoxicaciones con plaguicidas en predios de producción hortícola, en el propio departamento de Canelones.

Sobre la calidad del agua para consumo doméstico en sus casas, sólo una dice que está contaminada, las restantes dicen disponer de agua de buena calidad, aunque una sólo la usa para cocinar, no para beber en forma directa. Dos dicen que el agua de pozos de la zona es muy salobre. En todo caso, parece no haber una relación clara entre la gran intensidad del uso de plaguicidas en la zona con problemas de contaminación de las aguas subterráneas.

Finalmente, sólo una de las señoras entrevistadas está integrada en actividades sociales y productivas. Pertenece al grupo de Artesanas de Juanicó, que elaboran y comercializan mermeladas y conservas. Las restantes se dedican al hogar, colaboran con las tareas del predio, y una de ellas participa en actividades parroquiales y en la comisión de padres del liceo y de la escuela local.

5.1.7 ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS.

Ninguno de los 18 productores encuestados brindó la información financiera completa, como le fue solicitada. 72 % de los mismos aportó datos parciales. Sólo 4 conocían el ingreso bruto total del predio en la temporada anterior: dos la dieron en pesos uruguayos, uno en dólares y el restante en kg de uva. Esto permitió llevar todo a una unidad monetaria común.

El 50 % conocía el monto total gastado en plaguicidas, y todos lo expresaron en dólares. Además, dos productores dieron el costo de plaguicidas junto con el de fertilizantes. 5 productores no tenían ninguna información relativa a ingresos ni a costos.

Sólo en 17 % de los casos hubo datos sobre ingresos del predio y costos de plaguicidas y fertilizantes. En uno de ellos, los plaguicidas representaron el 27,5 % de los ingresos y los fertilizantes el 3,5 %. Este predio tiene 10,5 ha de frutales y 4,5 ha de viña. Los dos restantes se dedican exclusivamente a frutales. En uno de ellos, los plaguicidas fueron el 16,8 % de los ingresos y los fertilizantes apenas el 1%. En el otro predio se obtuvo solamente el ingreso bruto total y el costo de plaguicidas. En este caso, los plaguicidas fueron el 27,1 % de los ingresos, aunque es de destacar que este productor tiene muchos montes nuevos que aún no entraron en producción.

Un productor grande, exclusivamente frutícola, estimó el costo de plaguicidas en 25 % del costo total de producción.

Existe la casi total certeza de que la información requerida no fue brindada o lo fue en forma incompleta, no porque la hayan ocultado premeditadamente, sino simplemente porque los productores no la tienen.

En el Establecimiento Juanicó, según su gerente técnico, Enólogo Luis Púa (comunicación personal), los plaguicidas representan entre el 10 y el 15 % de los costos

totales de producción en la producción vitícola. Según el Ing. Alberto Vázquez, asesor de los dos predios mayores ubicados en el área de estudio, dice que los agroquímicos - plaguicidas y fertilizantes - representan un 26 % de los costos de producción en manzana (comunicación personal).

También se preguntó a los productores si perciben que cada año se gasta más dinero en plaguicidas, aún a aquellos que no llevan registros de ingresos y egresos. 56 % asegura que cada año se gasta más en plaguicidas, 11 % afirma que se gastó más en el ciclo 2001/02 por el exceso de lluvia, y el 33 % restante no percibe un aumento sostenido del gasto en plaguicidas.

5.2 USO DE PLAGUICIDAS

Se analizan a continuación los plaguicidas usados, el número de aplicaciones y las dosis.

5.2.1 PLAGUICIDAS USADOS.

Los productores en la mayoría de los casos mencionaron los nombres comerciales de los plaguicidas usados, y en los restantes casos, el principio activo. De esta manera, se determinó que en el área de estudio se utilizaron durante el ciclo 2001/02, 15 principios activos de insecticidas y 22 de funguicidas para controlar plagas y enfermedades de la vid y de los frutales de hoja caduca, así como 6 principios activos de herbicidas para controlar malezas en dichos cultivos. También se utilizaron 2 acaricidas y un adherente/humectante. El Selinon (Dinitro-orto-cresol) tiene efecto insecticida, funguicida y acaricida, por lo que el total de principios activos usados fue de 47. La lista completa de los plaguicidas utilizados en el área de estudio se presenta en el Anexo VI.

A continuación se analiza el uso de cada grupo de plaguicidas.

Insecticidas

Se utilizan casi exclusivamente en árboles frutales de hoja caduca - no así en viticultura - para controlar las diversas especies de gusanos. Para controlar estas plagas se utilizan en la zona tres grupos de insecticidas: organofosforados, piretroides y carbamatos. Los organoclorados ya han sido prohibidos y no se detectó su uso en el área de estudio. Los organofosforados actúan por contacto y por ingestión y se ubican en las categorías toxicológicas I y II. Los más usados en el área de estudio son Gusation (Azinfos-metil), Lorsban (Clorpirifos) y Microcap (Paration etílico). Los principales piretroides son Karate (Lambda-cialotrina) y Decis (Deltametrina), que se sitúan en las categorías toxicológicas II y III. El uso de carbamatos es poco significativo en el área, sólo se menciona el uso de Sevin (Carbaril).

Fungicidas.

Se utilizan tanto en frutales de hoja caduca como en viña para controlar las principales enfermedades producidas por hongos.

De acuerdo a Gepp y Mondino (2002), para controlar estas enfermedades se usan dos tipos de fungicidas: de contacto y penetrantes-sistémicos. Entre los fungicidas de contacto figuran los inorgánicos, principalmente a base de azufre o de cobre, y los orgánicos. Entre los orgánicos de contacto, los principales fungicidas son los ditiocarbamatos (Mancozeb, Thiram, Ziram, Maneb), las ftalimidas (Captan, Folpet) y los clorofenilos (Bravo-Clorotalonil). Entre los penetrantes y sistémicos, los principales son los benzimidazoles (Benomil, carbendazim), los inhibidores de la síntesis del ergosterol - principalmente los triazoles (Hexaconazole), las estrobilurinas (Stroby-Kresoxim.metil) y las guanidinas (Dodine). Dentro de este grupo se encuentran también los fungicidas específicos para oomicetos, en particular el Curzate

(Cimoxanil). Los fungicidas son de baja toxicidad y se ubican en las categorías toxicológicas III y IV.

Los fungicidas que aparecen entre paréntesis son los usados dentro del área de estudio.

Herbicidas.

El herbicida más común en la zona es el Glifosato. Pertenece al grupo de aminoácidos, integrado también por el Sulfosato y el Glufosinato. El principal producto comercial del Glifosato es el Round Up, y del Sulfosato es el TouchDown. Es un herbicida selectivo de amplio espectro, que se usa como post-emergente y controla especies anuales, bianuales y perennes de gramíneas, juncos y dicotiledóneas. Se aplica al follaje, donde actúa como sistémico, y no permanece en el suelo. No tiene actividad residual. Otro herbicida muy común en el área es el MCPA, del grupo de los auxínicos, sistémico con acción sobre las hormonas auxinas. Es un post-emergente con características semejantes al 2-4 D. Controla malezas de hoja ancha anuales y perennes. Tiene alguna actividad vía suelo pero ya no se usa más como aplicación al suelo (Ashton and Monaco, 1991).

Número de aplicaciones.

La encuesta permite determinar con precisión el número total de aplicaciones por cada predio. En el momento de la realización de la encuesta aún no había finalizado el ciclo de los cultivos, por lo que el número total de aplicaciones se compone del número hasta ese momento más el número que los productores estimaban que aún debían realizar.

El número total de aplicaciones de plaguicidas y el número total de aplicación de plaguicidas por cultivo fueron analizados estadísticamente con el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences). En la Tabla 18 se presentan los resultados del análisis estadístico del número de aplicaciones en los predios encuestados. Los datos de viña no incluyen los datos del Establecimiento Juanicó.

Tabla 18. Número total de aplicaciones por cultivo.

Cultivo	Media	Valor Mínimo	Valor Máximo
Manzana	18	8	30
Pera	17	8	30
Durazno	13	7	18
Viña	16	12	30

El número de aplicaciones por cultivo, estratificado por niveles (bajo, medio y alto), se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19. Niveles de aplicación por cultivo.

N° total de Aplicaciones	Manzana		Pera		Viña	
	N°	pred. %	N°	pred. %	N°	pred. %
10 ≤	2	15	2	17	0	0
11 - 20	7	54	7	58	9	90
≥ 21	4	31	3	25	1	10
Total	13	100	12	100	10	100

En la tabla 18 se observa que en manzana la media de aplicaciones durante el ciclo llega a 18; en pera 17, 16 en uva y 13 en durazno. Asimismo el valor máximo de aplicaciones alcanza a 30 en los primeros cultivos, y baja a 18 en el durazno. En general se utiliza un tratamiento menos por su ciclo más corto que la manzana. En viña aun 1 menos, pero en este caso no se usan insecticidas, por lo que son todos fungicidas.

En la gran mayoría de los predios el número de aplicaciones se ubica en el estrato intermedio, entre 11 y 20. Sólo dos predios aplican menos de 11 veces, tanto en manzana como en pera, y ninguno en viña. En cambio, en el estrato superior de aplicaciones se ubica 31 % de los predios en manzana, 25 % en pera y 10 % en viña.

Plaguicidas más usados y condiciones de aplicación.

De los 45 principios activos usados en el área de estudio, se hizo una primera selección por área total en la que son aplicados, quedando finalmente 12. En la misma se incluyen dos herbicidas. En la Tabla 20 se presentan los plaguicidas más usados, los cultivos y la superficie en que son utilizados y su forma de aplicación. La inicial que sigue al nombre del principio activo es I para insecticidas, F para fungicidas y H para herbicidas. Se incluyen los funguicidas más utilizados por el Establecimiento Juanicó.

El diseño de la encuesta no permitió determinar el número exacto de aplicaciones de cada plaguicida realizadas por cada productor, por lo que estos datos no fueron analizados estadísticamente. De todos modos, fueron estimados de acuerdo a la información directa aportada por algunos productores y por técnicos asesores que trabajan en la zona. En ningún caso la información brindada fue cotejada en la práctica o comparada con la etiqueta del producto. Los resultados incluyen los datos del Establecimiento Juanicó, en cuanto a dos funguicidas: Folpet y Cimoxanil. El número promedio de aplicaciones para cada plaguicida se presenta en la Tabla 20, junto con otras condiciones de aplicación (el período o las fechas aproximadas de las aplicaciones, así como las dosis de principio activo), de los 12 plaguicidas usados en mayor área, para los principales cultivos. Esta información se calculó a partir de las encuestas a productores y se verificó con los técnicos que trabajan en el área. Las concentraciones de principios activos en los diferentes productos comerciales se obtuvieron en la Guía SATA (1999).

Tabla 20. Condiciones de aplicación de los 12 plaguicidas usados en mayor área.

Nombre Comercial	Principio Activo	Cultivo	Área (ha)	Nº aplicaciones	Período/ fecha	Dosis (principio activo/ha)
Mancozeb	Mancozeb (F)	Pera, manzana	220	12	10/9 a 2/01	1600 g
Captan	Captan (F)	Pera, manzana	41	8	15/10 a 1/2	2000 g
Folpet	Folpet (F)	Viña	156	6	10/9 a 22/12	850 g
Stroby	Kresoxim-metil (F)	Manzana	156	3	12/10, 2/11, 13/11	100 cc
Anvil	Hexaconazole (F)	Manzana	98	2	5/10, 1/11	30 cc
Curzate	Cimoxanil (F)	Viña	105	3	10/11 a 20/12	1200 g
Gusation	Azinfos metil (I)	Pera, manzana, durazno	222	6	22/10, 1/11, 8/11, 16/11, 28/11, 22/12	1200 g
Lorsban	Clorpirifos (I)	Manzana	38	1	22/10	1300 g
Karate	Lambda-cialotrina (I)	Manzana	83	3	30/10 a 30/12	250 cc
Microcap	Paration etílico (I)	Manzana	91	3	2/1, 23/1, 12/2	1100 g
Round Up	Glifosato (H)	Todos	323	2	1/4, 15/6	2800 cc
MCPA	MCPA (H)	Todos	69	1	1/9	600 cc

5.3 RIESGO E IMPACTO AMBIENTAL

De los 12 plaguicidas usados en mayor área, se seleccionaron los de mayor riesgo ambiental, según el “Índice de riesgo ambiental” (Finizio *et al.*, 2001), y de más alto impacto ambiental, según el “Cociente de impacto ambiental” (EIQ) (Kovach *et al.*, 1992). La matriz de riesgo ambiental se presenta en la Tabla 21 y la de impacto ambiental, en la Tabla 22.

Tabla 21. Matriz de riesgo ambiental de los plaguicidas usados en mayor superficie.

Nombre Comercial	Principio Activo	Log K _{ow}	Persistencia	Toxic. acuát.	Área tratada	Nº aplicac.	Dosis	Índice de Riesgo Ambiental
Mancozeb	Mancozeb (F)	2	2	2	3	3	3	2,5
Captan	Captan (F)	2	1	2	1	3	3	2,0
Folpet	Folpet (F)	2	1	2	3	2	3	2,0
Stroby	Kresoxim-metil (F)	3	3	3	3	1	1	2,3
Anvil	Hexaconazole (F)	3	3	2	2	1	1	2,0
Curzate	Cimoxanil (F)	1	3	1	2	1	3	1,8
Gusation	Azinfos metil (I)	2	3	3	3	2	3	2,7
Lorsban	Clorpirifos (I)	3	3	3	1	1	3	2,3
Microcap	Paration etílico (I)	3	2	3	2	1	3	2,3
Karate	Lambda-cialotrina (I)	3	3	3	2	1	1	2,17
Round Up	Glifosato (H)	1	2	1	3	1	3	1,8
MCPA	MCPA (H)	3	3	1	2	1	2	2,0

Ambos métodos coincidieron en Mancozeb, Azinfos-metil, Clorpirifos y Paration etílico. No coincidieron en Folpet ni en Kresoxim-metil, por lo que se decidió aplicar el modelo también a estos. El Glifosato presenta un cociente de impacto bastante alto (Tabla 22), pero se disocia en contacto con el agua. Este es un comportamiento característico de algunas familias de herbicidas. A la forma disociada no se le puede medir presión de vapor (Di Guardo *et al.*, 1994), esta es insignificante. Por lo tanto, no ejerce fugacidad.

5.4 APLICACIÓN DEL MODELO SOILFUG

El modelo fue aplicado a los fungicidas e insecticidas referidos en el punto anterior. Al Glifosato no se le aplicó el SoilFug, por lo expresado en el párrafo anterior. Sin embargo, en el presente trabajo se analiza su comportamiento, debido a su importancia económica en la agricultura moderna.

Las propiedades físico-químicas, la vida media y la toxicidad acuática de los plaguicidas de mayor riesgo e impacto ambiental se presentan en la Tabla 23.

Tabla 22. Matriz de impacto ambiental de los plaguicidas usados en mayor superficie.

Nombre Comercial	Principio Activo	EIQ (A)	Área tratada	Nº aplicac.	Dosis	Media de aplicaciones (B)	Índice de Impacto Ambiental (A + B / 2)
Mancozeb	Mancozeb (F)	2	3	3	3	3,0	2,5
Captan	Captan (F)	2	1	3	3	2,3	1,65
Folpet	Folpet (F)	2	3	2	2	2,3	2,17
Stroby	Kresoxim-metil (F)	3	3	1	1	1,7	1,35
Anvil	Hexaconazole (F)	3	2	1	1	1,3	1,15
Curzate	Cimoxanil (F)	1	2	1	3	2,0	1,5
Gusation	Azinfos metil (I)	2	3	2	3	2,7	2,35
Lorsban	Clorpirifos (I)	3	1	1	3	1,7	2,35
Microcap	Paration etílico (I)	3	2	1	3	2,0	2,5
Karate	Lambda-cialotrina (I)	3	2	1	1	1,3	1,15
Round Up	Glifosato (H)	1	3	1	3	2,3	2,15
MCPA	MCPA (H)	3	2	1	2	1,7	1,85

Tabla 23. Propiedades fisico-químicas de los plaguicidas de mayor riesgo e impacto ambiental.

Nombre Comercial	Principio Activo	Peso molecular	Solubilidad agua (mg/l)	Presión vapor (Pa)	Log K _{ow}	Log K _{oc}	Constante Henry	Vida media (días)	Toxicidad <i>Daphnia</i> (mg/l)
Mancozeb	Mancozeb (F)	541,03	6,2	1,75E-7	1,33	0,55	1,52E-11	2 a 8	1,3
Folpet	Folpet (F)	296,56	0,8	2,1E-5	2,85	3,27	7,66E-8	4,3	2,52
Stroby	Kresoxim-metil (F)	313,8	2	2,3E-6	3,4	1,39	3,55E-9	34	0,186
Gusation	Azinfos metil (I)	317,4	20,9	2,1E-4	2,75	2,61	2,4E-8	5 a 64	260
Lorsban	Clorpirifos (I)	350,9	1,12	2,7E-3	4,96	4,13	2,93E-6	30 a 120	100
Microcap	Paration etílico (I)	291,26	11	8,9E-4	3,81	3,68	2,98E-7	6 a 24	330
Round Up	Glifosato (H)	169,1	12000	Insignif.	1,7				218

5.4.1 CONCENTRACIONES EN EL AGUA

Fungicidas.

Las concentraciones estimadas por el modelo en el agua que sale de la cuenca se presentan en la Fig. 5.

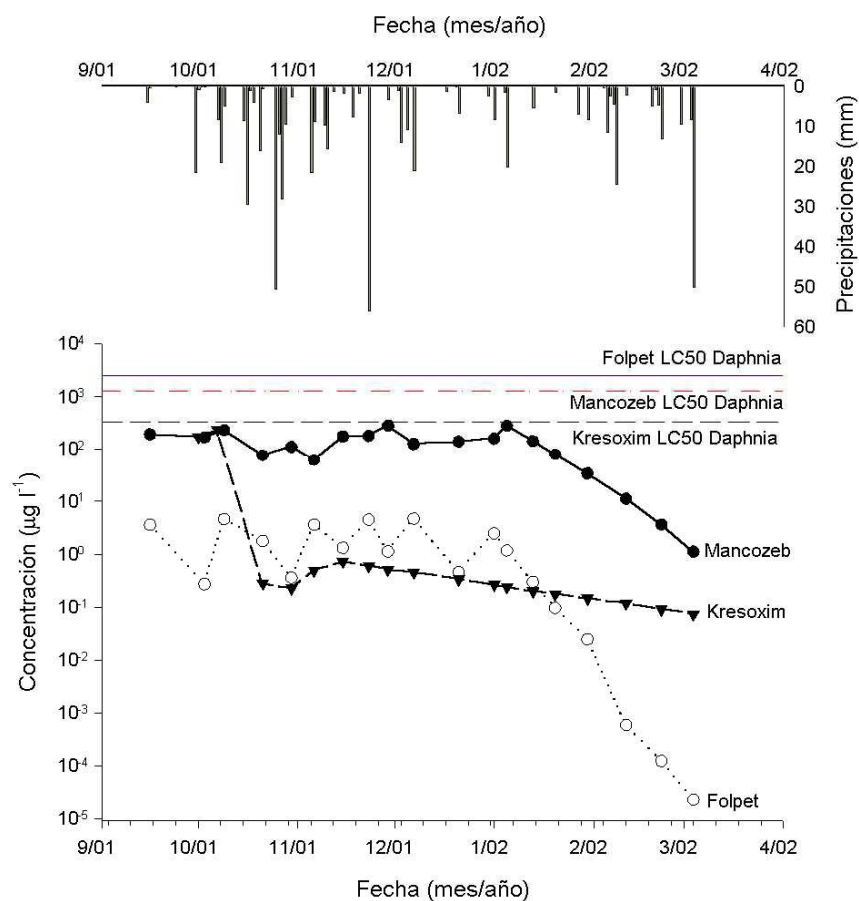


Fig. 5. Concentraciones de fungicidas en el agua.

En el gráfico se observa que los tres fungicidas están por debajo de la toxicidad acuática para *Daphnia*. Los niveles de Mancozeb son altos y así permanecen durante casi todo el período de aplicación, entre octubre y enero. Se estima que se aplican 19,2 kg/ha de Mancozeb, por lo que en el área cubierta por la encuesta se aplicaron 4224 kg de este fungicida en el ciclo 2001/02. Pese a esto, no se alcanza el umbral de toxicidad acuática,

aunque no se sabe lo que puede ocurrir con la salud humana, en particular los aplicadores, que están muy expuestos al producto durante tantos meses.

El Folpet tiene un comportamiento muy particular. Cuando es aplicado se produce un pico muy pronunciado en la concentración en agua, luego baja rápidamente y continúa con picos muy marcados, asociados a las aplicaciones y los eventos de lluvia. Es altamente dependiente de las condiciones y las tasas de aplicación.

El Kresoxim-metil tiene también una forma de curva particular, diferente de los anteriores, con un descenso lento y paulatino, después de alcanzar su concentración máxima..

Insecticidas

Las concentraciones estimadas en el agua que sale de la cuenca se presentan en la Fig. 6.

Las concentraciones de Azinfos-metil y Paration etílico se sitúan por encima del umbral de toxicidad acuática para *Daphnia*. Esto se debe a la alta toxicidad y alta tasa de aplicación de los compuestos. El período crítico es entre noviembre y marzo.

La concentración de Clorpirifos no alcanza niveles tóxicos en el agua, debido probablemente a que sólo se realizó una aplicación. También puede incidir su alta adsorción al suelo. Su larga vida media determina la forma de la curva, con una disminución muy gradual de la concentración.

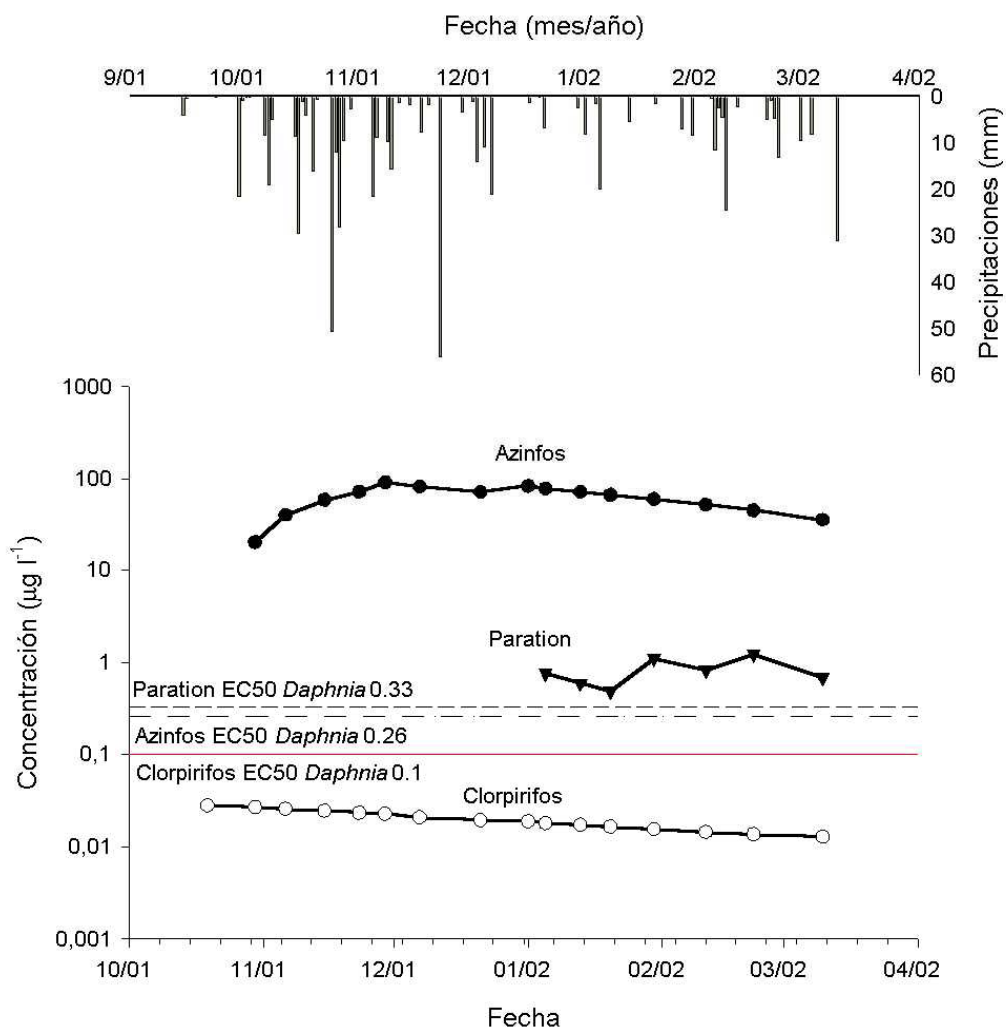


Fig. 6. Concentraciones de insecticidas en el agua.

Herbicidas

El Glifosato se ioniza en contacto con el agua. Teóricamente se le podría aplicar el modelo SoilFug porque tiene propiedades físico-químicas, pero la simulación no es real porque no se conoce el comportamiento del metabolito proveniente de la disociación.

Los resultados de la aplicación del modelo a los herbicidas que se ionizan muestran que las concentraciones calculadas mediante el modelo son entre una y dos órdenes de magnitud superiores a las concentraciones medidas en la práctica. Estos resultados inicialmente sorprendieron, porque las propiedades físico-químicas de estos compuestos (alta solubilidad, baja adsorción al suelo) deberían conducir a concentraciones más altas en aguas superficiales. La baja pKa predice su casi completa disociación. Como corolario, la aplicación de los modelos de fugacidad a estos químicos no es apropiada, porque no se puede definir una apreciable presión de vapor para la forma disociada, ni tampoco para el valor de la constante de Henry (Di Guardo *et al.*, 1994).

5.4.2 CONCENTRACIONES EN EL SUELO

Fungicidas.

Las concentraciones estimadas por el modelo en el suelo se presentan en la Fig. 7.

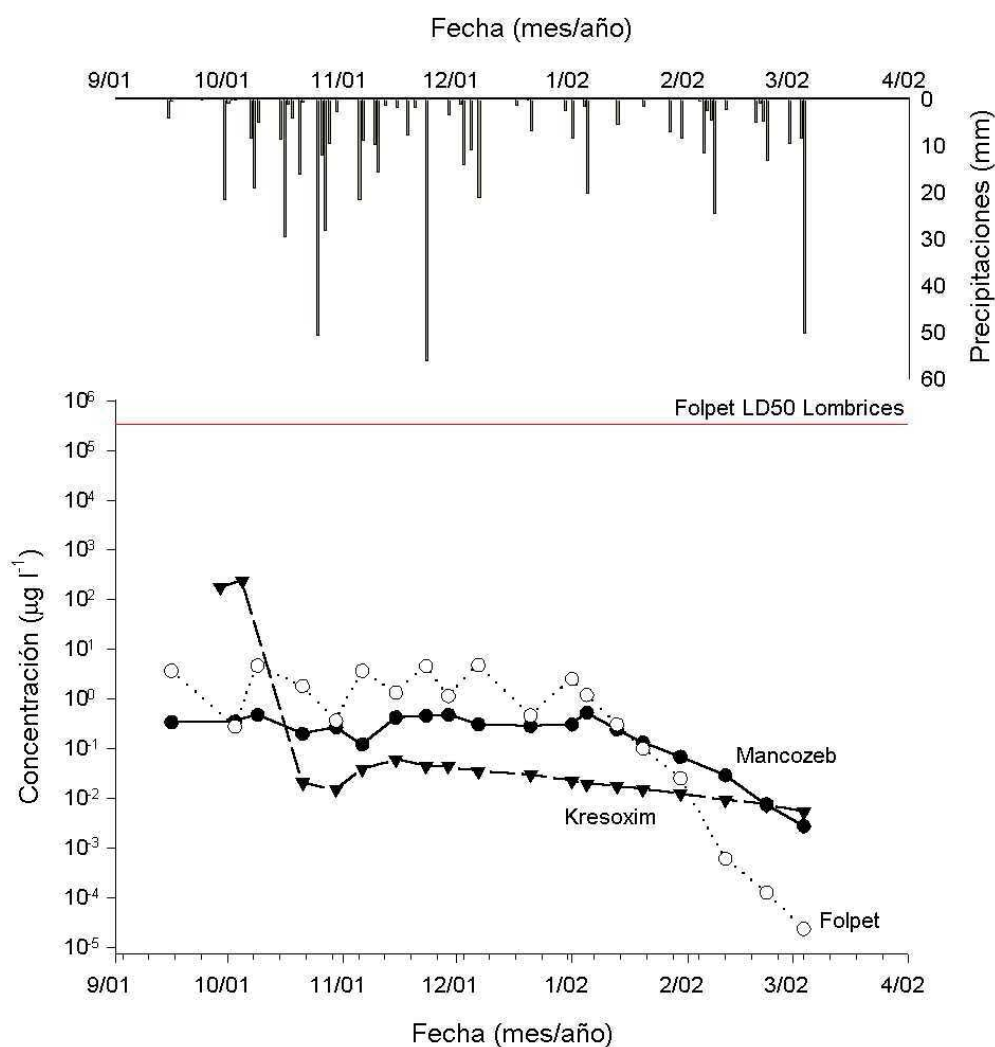


Fig. 7. Concentraciones de fungidas en el suelo.

En la bibliografía disponible sólo se encontraron valores de referencia de toxicidad para lombrices, sobre Folpet. No hay datos sobre Mancozeb y Kresoxim-metil. Las concentraciones estimadas de Folpet en el suelo están varios órdenes de magnitud por debajo de los valores de referencia.

Insectidas

Las concentraciones estimadas por el modelo en el suelo se presentan en la Fig. 8.

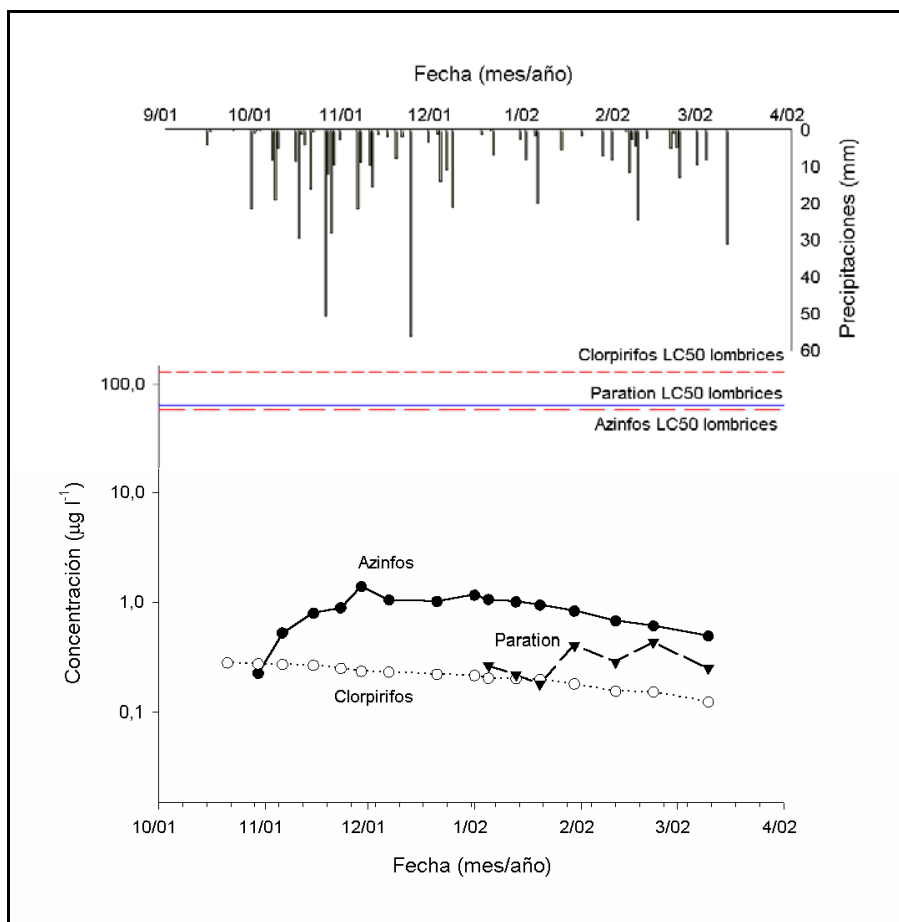


Fig. 8. Concentraciones de insecticidas en el suelo.

Las concentraciones estimadas por el modelo de insecticidas en el suelo se ubican muy por debajo de los valores de referencia de toxicidad para lombrices.

Herbicidas

Por las razones expresadas en el punto 5.4.1, no se corrió el modelo para el Glifosato, por lo que no hay valores estimados de concentración de herbicidas en el suelo.

6 DISCUSIÓN

6.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA

6.1.1 LOS PRODUCTORES.

El área de estudio es un área típica de fruticultura intensiva, con una gran diversidad de tamaños de las explotaciones y básicamente dos formas de producción, la familiar y la empresarial. Los productores familiares son mayoritariamente oriundos del propio departamento de Canelones, y tienen muchos años de residencia en la zona y de experiencia en la producción fruti-vitícola.

Los productores de mayor edad (49 años o más) tienen solamente instrucción primaria, completa o no. Los menores de esa edad alcanzaron niveles de escolaridad más altos, inclusive con formación agronómica media o superior. Además, en general los productores, al llegar a una edad aproximada de 70 años, pasan la responsabilidad de la conducción del predio a sus hijos, que alcanzaron niveles de educación formal más altos.

Lo anterior sugiere que los programas que se emprendan para racionalizar el uso y manejo de plaguicidas o para proponer formas alternativas de control deberían apuntar a este público objetivo: productores más jóvenes o hijos de productores de mayor edad, que en el futuro tomarán la responsabilidad de conducir los predios de sus familias.

6.1.2 ASISTENCIA TÉCNICA.

Asociado a lo anterior, la asistencia técnica es otro factor clave. En el área de estudio hay un nivel aceptable de asistencia técnica, superior a otras zonas fruti-vitícolas del país. Según datos de la DIEA (2000), para un total de 1659 explotaciones frutícolas a nivel nacional, un 40 % de ellas no recibe ningún tipo de asistencia técnica. Los restantes

productores la reciben principalmente de manera eventual, y a medida que aumenta el tamaño de los predios, es mayor el número de predios atendidos en forma permanente.

La disponibilidad de asistencia técnica en el área de estudio no asegura, por sí sola, que se haga un uso racional de los plaguicidas. Un técnico asesor permanente de un importante productor de la zona expresó: “Nuestra lógica es la producción de cantidad y calidad de fruta no la preservación del ambiente. Si para esto es necesario hacer un alto número de aplicaciones, las tenemos que hacer. No podemos correr el riesgo de que se dañe la fruta o se pierda volumen de producción”.

El desafío es lograr compatibilizar la lógica productivista con la ambientalista, a partir de conocer mejor los plaguicidas y sus efectos. La metodología usada en el presente trabajo podría constituir una herramienta valiosa para que los técnicos y los propios productores puedan conocer los impactos de los plaguicidas que usan y de las nuevas alternativas que les va brindando el mercado.

6.1.3 MANEJO DE PLAGUICIDAS.

La etiqueta es una fuente de información básica para las personas que utilizan plaguicidas, tanto en lo que se refiere a las características del producto como a la forma de aplicación y las precauciones para su uso adecuado. Si bien es alto el número de personas que consultan la etiqueta, son pocos los que la estudian en su totalidad.

Sólo dos productores (11 %) dijeron fijarse en la categoría toxicológica. Esto coincide con los resultados de Machado *et al.* (1992) y en parte explica la falta de precauciones en el manejo de los productos más tóxicos.

La disponibilidad de maquinaria de aplicación en el área de estudio es alta, lo que demuestra la importancia del tema en los sistemas de producción en la zona. La metodología

de la encuesta no permitió comprobar el funcionamiento de las máquinas ni si las dosis que los productores dijeron utilizar eran las correctas.

La utilización de equipamiento completo de protección durante la aplicación es limitada, y aún inferior a la que refieren Machado *et al.* (1992) en el área de Melilla una década atrás. El uso de equipamiento parcial es mayoritario, y es alta también la proporción de aplicadores que no se protegen.

El sobrante de plaguicida preparado es reaplicado hasta que se termine. Esta práctica tiene lugar en la mayoría de los predios, y revela descuido en los cálculos.

Los envases vacíos de plaguicidas son una fuente de contaminación de suelos y aguas. Todas las formas de disposición – quemado, amontonamiento – son perjudiciales. No existía reglamentación al respecto hace 10 años (Machado *et al.*, 1992) ni tampoco ahora. Este es un problema no resuelto, no hay una actitud uniforme entre los productores, ni siquiera en los productores grandes y el establecimiento empresarial. La quema de los envases simplemente traslada el problema a otro compartimiento ambiental, el aire. Se piensa que la solución al problema podría venir por el lado de las intendencias, que deberían contar con plantas de incineración diseñadas de acuerdo a los modernos conceptos ambientales.

6.1.4 ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS.

Los costos de producción presentados en el punto 5.1.7 son marcadamente superiores a los presentados por estudios realizados algún tiempo atrás. Según JUNAGRA (1992), los costos de plaguicidas y fertilizantes en relación al total de los costos de producción, calculados hace una década eran los siguientes (Tabla 24):

Tabla 24. Costos de plaguicidas y fertilizantes como porcentaje de los costos de producción.

Insumo	Manzana Red Delicious	Manzana Granny Smith	Pera	Durazno
Plaguicidas	17	21	14	14
Fertilizantes	4	4	7	5

De acuerdo a González (2002), el costo de producción de la uva para vino se estima en 3152 dólares por ha, y el de uva de mesa, en 3391 dólares. En ambos casos el costo de plaguicidas se estima en 362 dólares/ha y el de fertilizantes en 41. Esto determina que, en el primer caso, el costo de plaguicidas sea 12 % y el de fertilizantes 1 % del costo total de producción. Los mismos son respectivamente 11 y 1 % para uva de mesa.

Según el referido estudio de González (2002), el costo total de producción para un monte de manzanos produciendo una media de 24 ton/ha es de 2098 dólares/ha. Dentro de estos, todos los plaguicidas utilizados (fungicidas, insecticidas, acaricidas y herbicidas) cuestan 533 dólares/ha, equivalentes al 25 % de los costos totales de producción. A su vez los fertilizantes, tanto los foliares como los aplicados al suelo, cuestan 170 dólares/ha, 8 % de los costos producción.

Estos datos recientes coinciden con los aportados por profesionales que asesoran a los productores de la zona. Por su parte, los Ings. Avelino Casas y Julio Borsani, asesores de FUCREA (comunicación personal), dicen que los plaguicidas representan 14 - 15 % de los costos de producción en viña y 25 % en manzana y pera, sin considerar los costos de aplicación. Incluyendo estos, el costo de los plaguicidas llega a 30 - 33 % en estos cultivos de pomáceas.

Los resultados del presente trabajo muestran una clara tendencia al alza de los costos de plaguicidas durante la última década. Esto se explica porque los plaguicidas son importados y su precio está ligado al dólar, mientras otros costos y el precio de la fruta son en moneda

nacional. Como consecuencia, se estima inevitable que esta tendencia alcista de los costos de plaguicidas se acelere aún más, a partir de la liberación del dólar que tuvo lugar a mediados de 2002.

6.2 RIESGO E IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PLAGUICIDAS.

Los resultados de la aplicación de ambos métodos – el “Índice de riesgo ambiental” (Finizio *et al.*, 2001), y el “Cociente de impacto ambiental” (EIQ) (Kovach *et al.*, 1992) – tienen algunas coincidencias y también presentan diferencias. Estas se deben a las particularidades de los métodos. El método de Finizio hace hincapié en la definición de índices de riesgo corto y de largo plazo para organismos no blanco de los diferentes compartimientos ambientales, hasta llegar a un “Índice de Riesgo Ambiental para Plaguicidas” (ERIP), que usa un gran número de parámetros para caracterizar el riesgo ambiental. Son tantos los parámetros utilizados que es difícil producir valores cuantitativos para todos, tanto los de exposición como los de efectos (Finizio *et al.*, 2001). La simplificación a seis parámetros (tres de propiedades de las sustancias y tres de condiciones de aplicación), lo hacen manejable y útil para los objetivos de este trabajo.

El método de Kovach incorpora dos componentes que lo hacen de un carácter más amplio. Estos componentes son el riesgo para el trabajador agrícola y el correspondiente al consumidor, lo que lo hace especialmente apto para comparar programas y estrategias de protección vegetal.

Los resultados de la aplicación de ambos métodos coinciden en los insecticidas y tienen diferencias en relación con los fungicidas y el herbicida Glifosato. Este tiene un cociente de impacto (Kovach *et al.*, 1992) relativamente alto, mientras que su índice de riesgo (Finizio *et al.*, 2001) es bajo. Esto es debido probablemente a que los insecticidas son más tóxicos, especialmente los tres en los cuales se da la coincidencia, que son todos organofosforados.

Los insecticidas que pertenecen a este grupo poseen características ambientales y toxicológicas muy diversas (Finizio *et al.*, 2001). Si bien algunos pueden presentar riesgo ambiental mediano y aún bajo por sus bajas tasas de aplicación y persistencia, la mayoría tienen riesgo alto o muy alto, debido a sus altas tasas de aplicación y toxicidad para organismos no meta. Como regla general, la mayoría de los organofosforados son más riesgosos en el corto plazo, debido a su alta toxicidad y baja persistencia (Finizio *et al.*, 2001).

La tendencia de los insecticidas a ser más peligrosos que otros compuestos es más evidente en los índices terrestres de corto plazo, debido a su alta toxicidad aguda sobre animales. Siempre los *scores* más altos fueron alcanzados por insecticidas (Finizio *et al.*, 2001). Los insecticidas son el grupo de plaguicidas con mayor índice de peligrosidad sobre la fauna acuática analizada, lo que estaría indicando un mayor riesgo potencial sobre el recurso agua en los períodos de mayor aplicación de estos químicos, producto de que el modo de acción es muy distinto a los de fungicidas y herbicidas (Mendoza, 2000).

Los fungicidas pueden variar entre riesgo bajo y muy bajo, aunque sus índices de riesgo pueden estar muy sobreestimados debido a su alto poder de control sobre microorganismos. Captan, uno de los fungicidas muy usados en la zona, presenta alto riesgo en el corto plazo, pero su baja persistencia reduce el riesgo en el plazo medio y largo. Por el contrario, los fungicidas muy persistentes presentan índices de riesgo medio para todos los plazos. Los herbicidas posiblemente también estén sobreestimados por su fitotoxicidad, y alcanzan niveles altos o muy altos si se considera el ambiente acuático, por su baja hidrofobicidad y alta toxicidad para algas. La mayoría de los herbicidas caen en la categoría de riesgo bajo (Finizio *et al.*, 2001).

El problema principal encontrado para la aplicación de los índices de riesgo es la falta de datos básicos, en particular sobre los efectos de plaguicidas en algunos grupos de

organismos no blanco. Debido a la dificultad para obtener datos confiables que permitan aplicar y comparar todos los índices, los resultados obtenidos en muchos casos no deberían ser considerados como riesgo real de clasificación de plaguicidas, sino como un ejemplo de aplicación, cuya validez se relaciona con los datos utilizados. El principal objetivo de tal aplicación fue verificar el enfoque metodológico propuesto (Finizio *et al.*, 2001).

Existe una particularidad en el caso de la aplicación del método de Kovach a herbicidas. Como estos son generalmente de naturaleza sistémica y no son aplicados normalmente sobre cultivos alimenticios, los autores decidieron considerar esta clase de compuestos en forma diferente. A todos los herbicidas se le asignó el valor de uno. Esto no tiene efecto sobre el *ranking* relativo dentro del grupo de herbicidas, pero hace que el componente “consumidor” de la ecuación para estos compuestos sea más realista (Kovach *et al.*, 1992).

A pesar de esto, considerando el caso específico del Glifosato, el alto número de hectáreas tratadas y las elevadas dosis utilizadas en el área de estudio determinan que su índice de impacto ambiental sea relativamente alto (Tabla 23).

6.3 ALTERNATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE PLAGUICIDAS

La literatura es amplia en describir alternativas que han sido probadas en diferentes partes del mundo, en particular sobre el Manejo Integrado de Plagas (MIP). La FAO (2001) describe las alternativas no químicas que se ejecutan bajo el enfoque MIP, en especial en programas de disminución de riesgos ambientales y de salud humana. En particular menciona la rotación de cultivos resistentes o tolerantes, abonos verdes y cultivos de cobertura, uso de enmiendas orgánicas, uso de variedades resistentes, uso de portainjertos resistentes, bioplaguicidas, cultivos de tejidos y condiciones fitosanitarias estrictas, uso de trampas y feromonas, monitoreo de nutrientes, contenido de oxígeno y humedad en el suelo, y chequeo continuo de variables climáticas. El MIP es un proceso que considera todas las medidas

posibles de control, cada una adecuada a una determinada situación, incluyendo las mencionadas prácticas culturales, pero donde el control químico es el indicado, se ataca a las plagas en su momento vulnerable en lugar de hacer aplicaciones generales. De esta manera, el MIP redundaría en una disminución y racionalización del uso de plaguicidas. Sin embargo, poco se conoce sobre resultados concretos de esta forma de producir. Según McConnell (1998), poca investigación sobre el impacto del MIP en la salud ha sido realizada. También hay carencia de datos relativos a los impactos de otros cambios en las prácticas productivas, incluyendo la introducción de agricultura “no tradicional” de exportación, y las ampliamente promocionadas campañas para enseñar a los agricultores a aplicar los plaguicidas correctamente.

En el Uruguay el Instituto Nacional de Investigación Agronómica (INIA) impulsa, desde la década pasada, el concepto MIP (Núñez *et al.*, 1998). Basado en estos principios, se desarrolla el Programa de Producción Integrada (PPI), con el auspicio del Proyecto PREDEG/GTZ, el INIA, la Facultad de Agronomía y la JUNAGRA. Este programa toma en consideración los efectos en la conservación del ambiente y de la salud humana al momento de tomar decisiones. Para poder racionalizar el uso de agrotóxicos es necesario conocer la biología de las plagas, así como las diferentes medidas de control disponibles, y con toda esa información elaborar programas de manejo integrado (Mondino y González-Andújar, 2001).

PREDEG/GTZ (2001) define la producción integrada como la producción económica de frutas y hortalizas de alta calidad, dando prioridad a métodos ecológicamente más seguros, minimizando el uso de agroquímicos y sus efectos colaterales no deseados, poniendo énfasis en la protección del ambiente y la salud humana. El PPI clasifica los agroquímicos en:

- Aceptados, cuya utilización está restringida por el tiempo de espera.

- Aceptados con restricciones, los que debido a su toxicidad y escasa selectividad pueden utilizarse en forma restringida.
- Prohibidos, debido a su toxicidad o efectos colaterales y escasa selectividad. Estos podrán ser utilizados, previa autorización del comité técnico, solamente en casos de altas infestaciones o en períodos críticos, lo cual puede condicionar la certificación de ese año.

Asimismo, establece normas para el almacenamiento de los agroquímicos, la disposición de los recipientes, las dosis, las técnicas de aplicación, el tiempo de carencia y el manejo del entorno del predio. No se permite el uso de Dinitro-Orto-Cresol (DNOC), piretroides ni Paration etílico en ningún cuadro del predio, ya sea de producción integrada o de producción convencional.

Para el control de insectos en fruticultura se acepta, con restricciones, el uso de Azinfos-metil en dosis de hasta 10 kg/ha/año. En el área de estudio se utiliza en la producción convencional aproximadamente 7 kg/ha/año, y con esos niveles se supera el umbral de toxicidad acuática. El Paration metílico – una variante menos tóxica que el Paration etílico prohibido – se acepta también con restricciones. Otro insecticida organofosforado, el Clorpirifos, es aceptado pero con restricciones severas: sólo una aplicación en noviembre, prohibido en verano. Sin embargo, aún en la fecha autorizada, contribuye a las elevadas concentraciones de organofosforados en el agua que se mantiene desde noviembre a marzo, y porque permanece largo tiempo en el ambiente debido a su elevada persistencia.

Para el control de las enfermedades del manzano, tres productos ampliamente usados en la zona – Mancozeb, Captan y Kresoxim-metil – son aceptados con restricciones. Para Mancozeb, la dosis máxima permitida es de 22 kg/ha/año, con un período de pre-cosecha de 77 días. Para Captan, la limitante es intervalo de entrada restringida de 4 días, mientras que Kresoxim-metil está restringido a no más de cuatro aplicaciones por año. En la producción

convencional el número medio de aplicaciones de este fungicida es de 3, otro valor por debajo de los límites establecidos por el PPI.

Finalmente, el PPI propone normas específicas para el almacenamiento y tratamiento de los envases. Los plaguicidas se deben almacenar en un depósito reservado para ese único fin, con buena ventilación, cerrado con llave y separado de las viviendas. El mismo debe estar identificado con un cartel de advertencia. Los productos se deben mantener fuera del alcance de los niños y animales domésticos.

Los plaguicidas y herbicidas se pueden almacenar en un mismo recinto, colocándolos en estantes diferentes. Los envases deben ser originales y estar bien etiquetados. En los depósitos debe haber una balanza y probetas o recipientes calibrados para dosificar los agroquímicos. Además se debe contar con la indumentaria apropiada para el manejo y la aplicación de los agroquímicos como guantes, máscaras, antiparras, capas, botas.

Desde el punto de vista toxicológico, no existe el envase vacío. Por lo tanto, los recipientes que han contenido agroquímicos nunca deben ser utilizados nuevamente para otra finalidad y deben ser cuidadosamente recolectados y destruidos.

En el área de estudio hay 9 padrones que son manejados de acuerdo a las normas del PPI. De estos, 8 están integrados en predios mayores donde se hace predominantemente un manejo convencional. Sólo uno de los padrones constituye una unidad productiva manejada íntegramente según las normas de producción integrada.

El PPI podría constituirse en una buena alternativa para la racionalización del uso de plaguicidas. Sin embargo, la eficiencia del programa se reduce por su escasa incidencia en un área donde predomina ampliamente la forma de control convencional de plagas y enfermedades. Sería necesario ajustar algunos mecanismos para hacerlo más efectivo. En primer lugar, se debe reducir las dosis y número de aplicaciones permitidos, ya que las

normas actuales no son más estrictas que el manejo convencional, que genera altas concentraciones de insecticidas organofosforados en el agua. En segundo lugar, el programa debe ser aplicado en áreas geográficas bien delimitadas, dedicadas exclusivamente al manejo integrado, donde pueda hacerse un monitoreo estricto de los niveles de plaguicidas en los compartimientos ambientales.

6.4 APLICACIÓN DEL MODELO SOILFUG.

Una de las mayores ventajas del modelo es que requiere, como insumo, información sobre unos pocos parámetros, para definir el destino ambiental de un químico en un sitio de estudio. La capacidad predictiva del modelo fue validada con resultados satisfactorios en cuencas relativamente pequeñas y homogéneas. Entre estos insumos, son fundamentales las propiedades físico-químicas. La disponibilidad y confiabilidad de los datos sobre ellas son adecuadas. El parámetro más controversial es la persistencia (vida media de degradación). Si se duplica la vida media en el suelo, las diferencias en las concentraciones en escorrentía se incrementa con el tiempo, y en el largo plazo, estas diferencias pueden ser más altas que un orden de magnitud (Barra *et al.*, 2000).

Entre las propiedades del suelo, un alto contenido de carbono orgánico incrementa la capacidad de retención de químicos no polares. Las concentraciones predichas por el modelo, de químicos en aguas de escorrentía, son inversamente proporcionales al contenido de carbono orgánico. La textura es menos relevante, así que se pueden utilizar valores estándar.

Además de las dosis de aplicación, que resultan obviamente proporcionales a la concentración en escorrentía, el calendario de aplicaciones debe ser cuidadosamente considerado. En áreas con muchos predios pequeños, es necesario un adecuado conocimiento de las prácticas agrícolas usuales, en función de condiciones meteorológicas y agronómicas. La frecuencia de aplicaciones y su distribución en el tiempo afecta grandemente las

concentraciones predichas, principalmente en el corto tiempo después o durante la aplicación. Aunque la información precisa sobre aplicaciones es difícil de obtener, las prácticas agrícolas son relativamente uniformes en determinadas áreas agrícolas, estando relacionadas con condiciones climáticas, tipo de plagas y hábitos de los productores (Barra *et al.*, 2000). En este sentido, la información sobre condiciones de aplicación utilizada en el presente trabajo, surge de la encuesta y de entrevista a técnicos que trabajan en la zona. Se considera que la misma fue lo suficientemente fidedigna como para asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos por la aplicación del modelo.

La sucesión de eventos de lluvia y el balance hídrico también son factores importantes para el SoilFug. La cantidad de agua salida no cambia dramáticamente la concentración en la escorrentía, de cada nivel predicho por el modelo. No obstante, este parámetro es importante para calcular la dilución del agua de escorrentía en cuerpos de agua naturales (Barra *et al.*, 2000). Como se vio en Metodología, ante la falta de información sobre caudales en los cuerpos de agua ubicados en el área de estudio, se plantearon tres escenarios hídricos teóricos para la aplicación del modelo: 25, 50 y 75 % de escorrentía. El modelo fue aplicado tentativamente a dos plaguicidas en estos tres escenarios hídricos. En la práctica, los resultados obtenidos posteriormente mostraron que existían pocas diferencias en las concentraciones calculadas. Finalmente, se optó por utilizar el escenario con 50 % de escorrentía, que parece ser bastante cercano a la realidad, teniendo en cuenta topografía y características del suelo.

El modelo generalmente sobreestima las concentraciones en agua, posiblemente por dos motivos: a) no considera la pérdida inicial, debida a la deriva en la aplicación y a la volatilización sobre la superficie del suelo; b) no considera la pérdida por lixiviación. Productos químicos muy solubles, como los ácidos débiles, pueden ser transportados a una capa de suelo más profunda, y por lo tanto, estar disponible para extracción sucesiva del agua

que fluye a través del suelo, considerando una huella de flujo preferencial (Di Guardo *et al.* 1994).

6.4.1 CONCENTRACIONES EN AGUA.

A pesar de las altas tasas de aplicación de fungicidas en el área, las concentraciones estimadas no alcanzan los umbrales de toxicidad acuática. Hay concentraciones ambientales relativamente altas de Mancozeb desde setiembre hasta enero, que seguramente no llegan a afectar a organismos acuáticos como *Daphnia*. No se sabe que puede pasar con peces, porque no existen estudios toxicológicos sobre el efecto de fungicidas en especies autóctonas de peces. Tampoco se sabe que puede acontecer con la salud humana, especialmente para los aplicadores, que están en contacto permanente con el químico. Según Edwards (1991), todos los ditiocarbamatos, familia a la cual pertenece el Mancozeb, son de moderada a extremadamente baja toxicidad aguda. El Mancozeb, en particular, tiene baja toxicidad aguda para animales. En estudios prolongados con ratas se notó reducción de fertilidad pero no hubo efectos embriotóxicos ni teratogénicos. En estudios realizados con humanos, se examinaron 54 trabajadores que manufacturaban Mancozeb. No se detectaron problemas en los exámenes físicos, hematología y análisis urinarios. Solamente se detectaron dermatitis en personas sensibles. Se conocen solamente casos aislados de problemas con este fungicida, siempre por el lado de la dermatitis.

En el presente trabajo la concentración de Mancozeb está probablemente subestimada en el resultado de la aplicación del modelo. Esto se debe a que el número medio de aplicaciones de este producto en el área es de 12, pero el SoilFug tiene capacidad para procesar solamente 10. Se sugiere, en caso de que existan posibilidades, monitorear las concentraciones de Mancozeb en agua durante el referido período, así como estudiar alternativas a este fungicida.

La forma de los gráficos de cada producto es característica. Los productos con picos pronunciados tienen seguramente una vida media corta, como es el caso de Mancozeb. El Folpet tiene picos muy marcados: es aplicado y su concentración sube rápidamente, luego baja, y así continúa. Es altamente dependiente de las condiciones y tasas de aplicación, que son altas, pero no parece haber problemas ambientales relacionados con la utilización de Folpet.

De los tres insecticidas estudiados, todos ellos organofosforados, las concentraciones estimadas para dos de ellos se sitúan por encima del umbral de toxicidad acuática para *Daphnia* (Azinfos-metil y Paration etílico). El Clorpirifos no alcanza su umbral pero queda próximo a él, debido probablemente a su baja tasa (sólo un tratamiento) y pequeña área de aplicación, ya que tiene una toxicidad semejante a los otros dos. Otro factor que puede incidir es su adsorción al suelo relativamente alta (tiene el valor de K_{oc} más alto de los seis plaguicidas analizados). Su desaparición es lenta, como lo muestra la forma de la curva (Fig. 6), y esto se debería presumiblemente a fenómenos de degradación, más que a volatilización o arrastre por escorrentía (Di Guardo *et al.* 1994). En este sentido, el Clorpirifos tiene una vida media mucho más larga que el resto de los organofosforados.

El rol de la vida media está muy bien explicado por los índices de corto plazo y de largo plazo de Finizio *et al.* (2001). Según estos, los químicos persistentes muestran generalmente el riesgo mayor en los índices de largo plazo. Para estos, el riesgo es siempre considerable, aún para productos con muy bajos efectos sobre organismos no blanco.

La situación de elevadas concentraciones de organofosforados en el agua se mantiene desde noviembre a marzo, período de mayor incidencia de insectos plagas en los montes frutícolas. En enero se comienza a aplicar el Paration etílico, que se suma al Azinfos, que se

continuó aplicando, y al Clorpirifos, que aún se mantiene en el ambiente por su elevada persistencia.

En una entrevista realizada con el productor de la zona, Sr. Gerardo Reggio, este expresaba: “durante el verano, en la laguna de la cañada se me mueren todos los peces; no sé que pasa, yo hago todo bien con los plaguicidas”. Este largo período con altas concentraciones en agua de organofosforados parece ser la explicación que el Sr. Reggio no encontraba.

En adición a que las concentraciones en agua superan los niveles toxicológicos ambientales aceptables, es evidente el riesgo del uso de fosforados para la salud humana. La vía de entrada al organismo es cutáneo-mucosa y respiratoria. De las intoxicaciones causadas por organofosforados, en la mayoría de los casos un elemento importante es la negligencia del trabajador, en particular con relación a la falta de cuidado en el uso de implementos de protección.

Para reducir el impacto de los organofosforados durante el período crítico, se analizan alternativas que podrían sustituir a estos. Los insecticidas piretroides presentan riesgo alto a muy alto para el ambiente acuático en el corto plazo, debido a su alta toxicidad para animales acuáticos. El riesgo se reduce en el largo plazo, como consecuencia de su baja persistencia y su hidrofobicidad (Finizio *et al.*, 2001).

Otra alternativa la podrían constituir los carbamatos. Este grupo tiene una alta variabilidad, desde algunos de riesgo bajo a medio, aún presentando toxicidad alta para organismos no blanco, por su baja tasa de aplicación y baja persistencia. En el otro extremo, algunos carbamatos tienen riesgo alto a muy alto, debido a sus altas tasas de aplicación y larga vida media en el ambiente (Finizio *et al.*, 2001).

6.4.2 CONCENTRACIONES EN SUELO.

Las concentraciones estimadas de fungicidas e insecticidas en el suelo no alcanzan niveles que permitan prever riesgos de toxicidad para organismos del suelo, en particular lombrices. Resultados para establecer la partición ambiental de los fungicidas Mancozeb y Folpet, a partir de la aplicación del modelo Nivel I (Mackay, 1989), permiten determinar que aproximadamente 10 % y 24 % de las moléculas, respectivamente, van a las fracciones mineral y orgánica del suelo. De Azinfos-metil, el principal insecticida en la zona, solamente va al suelo el 5%, mientras Clorpirifos y Paration etílico tienen una mayor afinidad por el compartimiento ambiental suelo. 50 % y 30 % van a este, respectivamente. A pesar de estos valores de partición, las concentraciones de organofosforados están muy lejos de los umbrales de toxicidad para lombrices, probablemente por la no muy alta tasa de aplicación. Por el contrario, como vimos, los valores estimados para el compartimiento agua son muy altos durante la primavera e inicio del verano.

7 CONCLUSIONES

- El área de estudio es característica de la zona de producción de frutas y vid, con predios, medianos y grandes, además de un establecimiento comercial de grandes dimensiones.
- Los predios son mayoritariamente manejados por sus propietarios o sus hijos, que residen en el mismo.
- Los predios de la zona reciben asistencia técnica en una mayor proporción que en otras áreas de producción fruti-vitícola. Sin embargo este hecho no asegura un manejo adecuado ni una utilización racional de los plaguicidas.
- Los trabajadores que aplican los plaguicidas usan protección parcial o no la usan, durante la aplicación. Esta falta de protección se hace extensiva a la preparación de la mezcla. La situación se ve empeorada por las largas jornadas de aplicación.
- Se identificaron en la zona 14 casos de intoxicación aguda en personas, causados por la forma de manejo y aplicación de plaguicidas.
- Los costos de plaguicidas representan 14 - 15 % de los costos totales de producción en viña y 25 - 26 % en manzana y pera, sin considerar los costos de aplicación. El estudio fue realizado antes de la devaluación del peso uruguayo, por lo que actualmente los costos podrían ser aún mayores.
- Las condiciones climáticas (altas precipitaciones y temperaturas) durante el ciclo productivo determinan la proliferación de plagas y enfermedades de los cultivos frutícolas, y de enfermedades en viticultura.
- Para controlarlas, en el área de estudio se utilizan como plaguicidas 45 principios activos, algunos de los cuales en amplias áreas y en un alto número de aplicaciones.

- Mancozeb es utilizado en grandes cantidades: 19,2 kg/ha en promedio. Si bien no alcanza el umbral de toxicidad acuática, es preocupante la gran cantidad de este ingrediente activo que se incorpora anualmente al ambiente.
- Los organofosforados son ampliamente usados para controlar plagas en frutales de hoja caduca. Las concentraciones de Azinfos-metil, Clorpirifos y Paration etílico en agua son altas de octubre a enero, ubicándose por encima del umbral de toxicidad acuática.
- Las concentraciones de fungicidas e insecticidas en el suelo no alcanzan niveles de toxicidad para lombrices, a pesar de la preferencia por este compartimiento de Folpet, Clorpirifos y Paration etílico.
- El Glifosato es ampliamente usado en el área de estudio, al igual que en muchos otros sectores de la producción agrícola uruguaya. No se conoce qué sucede con sus metabolitos, una vez disociado en contacto con el agua.
- La persistencia de los productos químicos determina en gran medida la concentración en los compartimientos ambientales. La sustitución de los insecticidas más tóxicos y persistentes (organofosforados) por otros de vida media más corta debería plantearse en breve plazo.
- Por la magnitud de las cantidades de Mancozeb y organofosforados utilizadas, la producción frutícola trae aparejado un mayor riesgo ambiental y sanitario que la vitícola.

8 RECOMENDACIONES

- Monitorear la presencia y concentraciones de insecticidas organofosforados y de Mancozeb en cursos de agua de la zona durante el verano.
- Replicar la metodología en una cuenca hidrográfica con producciones agrícola intensiva, fruti-vitícola u hortícola, donde exista la posibilidad de medir el caudal del curso de agua principal, en relación con los eventos de lluvia.
- Aplicar los índices de riesgo e impacto ambiental y los modelos de fugacidad a los plaguicidas más ampliamente usados en la producción agrícola y granjera, tanto convencional como de manejo integrado.
- Con base en lo anterior, ajustar los mecanismos de control para la comercialización de los diferentes plaguicidas autorizados, llegando a decretar la prohibición de los de mayor riesgo e impacto ambiental.
- Evaluar el Programa de Producción Integrada utilizando las herramientas metodológicas presentadas en este trabajo, en particular el método más idóneo, el “Cociente de Impacto Ambiental”.
- Investigar los efectos causados por el Glifosato, a la luz del aumento explosivo en su utilización en el país y de la falta de idoneidad de los modelos de fugacidad para predecir su distribución ambiental.
- Diseñar y ejecutar programas de capacitación y extensión para productores, sobre el manejo seguro de plaguicidas y sobre los riesgos para la salud humana y ambiental que implican los que son utilizados actualmente.

9 BIBLIOGRAFIA

- ACHKAR, M. 2000. Tesis de Maestría de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay.
- ACHKAR, M., R. CAYSSIALS y A. DOMÍNGUEZ. 1999. Desafíos para Uruguay. Espacio agrario, espacio ambiental. Nordan Comunidad. Montevideo, Uruguay.
- ANTÓN, D. 1998. Evaluación de impacto ambiental y social. Programa de Servicios Agropecuarios: Generación y transferencia de tecnología y sanidad animal. Convenio BID/MGAP, UR-0116. Montevideo, Uruguay.
- ASHTON, F.M. y T.J. MONACO. 1991. Weed science. Principles and practices. 3rd edición. J. Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- BANCHERO, M. y S. KAUSAS. 1989. Consecuencias en la salud del uso de agrotóxicos en el área de influencia de la Sociedad de Fomento Rural de Santa Rosa. Tesis Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- BARRA, R.; M. VIGHI y A. DI GUARDO. 1995. Prediction of surface water input of chloridazon and chlorpyrifos from an agricultural watershed in Chile. Chemosphere, Vol. 30, No. 3, pp. 485 - 500. Elsevier Science Ltd. Great Britain.
- BARRA, R.; G. MAFFIOLI, V. NOTARIANNI, P. MAZZUCHELLI y M. VIGHI. 1999. Patrones de contaminación por herbicidas en aguas superficiales en una cuenca agrícola. Ecotoxicology and Environmental Restoration 2: 2: 75-83.
- BARRA, R.; M. VIGHI, G. MAFFIOLI, A. DI GUARDO y P. FERRARIO. 2000. Coupling SoilFug model and GIS for predicting pollution of surface water at watershed level. Environmental Sciences and Technology. 34 : 4425-4433.
- BARRA, R. 2002. Ecotoxicología. Exposición y efectos de contaminantes ambientales. Curso de post-grado. Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay. Julio 2002.
- BAUGHMAN, G.L y R.R. LASSITER. 1978. Prediction of environmental pollution concentration. In: Cairns, J., Dickson, K.L. and Maki, A.W. (Eds) Estimating the Hazard of Chemical Substances to Aquatic Life, ASTM Special Publication 657, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 35-54.
- BOROUKHOVITCH, M. 1992. Plaguicidas y medio ambiente. En: Plaguicidas Agrícolas y su Impacto Ambiental. Serie Cuadernos. Fundación Prudencio Vázquez y Vega. Montevideo, Uruguay.
- BRADY, N.C. y R.R. WEIL. 1996. Soils and chemical pollution. Chapter 18 of book The Nature and Properties of Soils. Prentiss Hall Intnal.
- BURGER, M, M.C. ALONZO, L.C. HEUHS, A. LABORDE y G. SCAIOLA. 1989. Plaguicidas en medio ambiente. Criterios de riesgo. Convenio Universidad de la República/MTOP. Montevideo, Uruguay. 89 pp.
- BURGER, M, A. LABORDE, P. MONDINO y C. ALONZO. 1995. Curso de capacitación a los usuarios en el uso racional de plaguicidas. CIAT, Facultad de Medicina. Montevideo, Uruguay. 60 pp.
- CALAMARI, D. 1991. Fate and distribution on chemicals in the environment. Intnal. Training Course on Environmental and Industrial Toxicology, Pollution Control and Assessment. Nov. 18 - 27, 1991. Bangkok, Thailand.

- CALAMARI, D. y M. VIGHI. 1992. Role of evaluative models to assess exposures to pesticides. Methods to assess adverse effects of pesticides on non-target pesticides. Editor: R.G. Tardiff. Scope. J. Wiley & Sons Ltd.
- CARLSON, R. 1962. Primavera silenciosa. Edit. Houghton Mifflin. Boston, Estados Unidos.
- CEMC. 1999. SoilFug Model. Página Web del Canadian Environmental Modelling Centre: www.trentu.ca/envmodel. Canadá.
- CO.N.E.A.T. 1979. Índices de productividad y grupos de suelos. Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra. Ministerio de Agricultura y Pesca. Montevideo.
- DIEA. 2000. Encuesta frutícola. Producción, variedades y comercialización. Zafra 1999/2000. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA), MGAP. Montevideo, Uruguay.
- 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.
- DI GUARDO, A. ; R.J. WILLIAMS, P. MATTHIESSEN, D.N. BROOKE and D. CALAMARI. 1994. Simulation of pesticide runoff at Rosemaund Farm (UK) using the SoilFug model. Environ. Sci. & Pollut. Res.1, 151-160. Great Britain.
- DURÁN, A. 1991. Los suelos del Uruguay. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo.
- EDWARDS, I.D., D.G. FERRY y W.A. TEMPLE. 1991. Fungicides and related compounds. University of Otago, New Zealand. Chapter 21. Handbook of Pesticide Toxicology. Vol. 3. Classes of Pesticides. Academic Press, Inc.
- FAO. 1996. An analysis of the responses to the second international questionnaire on the international code of conduct on the distribution and use of pesticides. FAO. Roma, Italia.
- FINIZIO A., M. CALLIERA y M. VIGHI. 2001. Rating systems for pesticide risk classification on different ecosystems. Ecotoxicology and Environmental Safety 49, 262-274.
- FINIZIO, A., C. ZAGHI y M. TREVISAN. 2000. Prodotti fitosanitari ed indicatori di rischio ambientale. Informatore Agrario, 45, 81-84. Italia.
- FORMENTO, A. 1992. Algunos aspectos a considerar en el manejo de productos fitosanitarios en fruticultura. En: Plaguicidas Agrícolas y su Impacto Ambiental. Serie Cuadernos. Fundación Prudencio Vázquez y Vega. Montevideo, Uruguay.
- GARCIA, S. 1998. Enfermedades a hongos que deben ser consideradas prioritariamente dentro de un programa de manejo integrado. En: Guía para el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en frutales. Boletín de Divulgación N° 66. INIA Las Brujas. Uruguay.
- GEPP, V. y P. MONDINO. 2002. Apuntes sobre fungicidas. Curso de Fitopatología. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- GONZÁLEZ, M. 2002. Costos de producción en la producción fruti-vitícola. Banco de la República, sucursal Canelones. Documento interno, no publicado.
- INAVI. 1994. Censo Vitícola Nacional. Departamento de Registro de Viñedos, Instituto Nacional de Vitivinicultura (I.NA.VI.). Las Piedras, Uruguay.

- JEYARATNAM, J. 1998. Acute pesticide poisoning and developing countries. En: Final Proceedings. International Conference on Pesticide Use in Developing Countries: Impact on Health and Environment. San José, Costa Rica.
- JUNAGRA. 1992. Coeficientes técnicos y costos de implantación de cultivos hortofrutícolas. División Promoción a la Producción, Depto. Gestión Económica. Junta Nacional de la Granja, MGAP. Montevideo, Uruguay.
- KEIFER, M., Mc CONNELL, R., PACHECO, A. F., DANIEL, W., ROSENSTOCK, L., 1996. Estimating underreported pesticide poisonings in Nicaragua. *Am. J. Ind. Med.* Aug. 30: 195-201.
- KOVACH, J., C. PETZOLD, J. DEGNI y J. TETTE. 1992. A method to measure the environmental effect of pesticides. *N.Y. Food Life Sci. Bull.* N° 139. U.S.A.
- LEONARD, R. 1990. Movement of pesticides into surface waters. In: H.H. Cheng ed. *Pesticides in the Soil Environment: Processes, impacts and modeling.* Soil Science Society of American Book Series. Madison, U.S.A. pp. 303-349.
- LÓPEZ, A. y R. BARRA. 2000. Modelación teórica del transporte de plaguicidas desde un predio agrícola en la cuenca del río Chillán. Enviado a la revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.
- MACKAY, D. 1979. Finding fugacity feasible. *Environmental Sciences and Technology* 13: 1218-1223. American Chemical Society.
- MACKAY, D. 1989. An approach to modelling the long term behavior of an organic contaminant in a large lake. *Applic. to PCBs in Lake Ontario. Journal of Great Lakes Research* 15:283-297.
- MACKAY, D. y S. PATERSON. 1981. Calculating fugacity. *Environmental Sciences and Technology* 15: 1006-1014. American Chemical Society.
- MACKAY, D. y S. PATERSON. 1982. Fugacity revisited. *Environmental Sciences and Technology* 16: 654A-660A. American Chemical Society.
- MACKAY, D., y S. PATERSON. 1988. Partitioning models. *Carcinogen Risk Assessment*, edited by C. C. Travis, pp. 7786. London: Plenum.
- MACKAY, D. y S. PATERSON. 1990. Fugacity models. *Practical Applications of Quantitative Structure-Activity Relationships (QSAR) in Environmental Chemistry and Toxicology*, edited by W. Karcher, and J. Devillers, pp. 433-460. Dordrecht: Kluwer Academic.
- MACKAY, D. 1991. *Multimedia Environmental Models. The Fugacity Approach.* Lewis Publ., CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA.
- MACKAY, D. y S. PATERSON. 1991. Evaluating the multimedia fate of organic chemicals: a level III fugacity model. *Environmental Sciences and Technology*, 25:427-436.
- MACHADO, V., P. MONDINO y I. VIDAL. 1992. Impacto sociológico del uso de agrotóxicos en la fruticultura. Caso del área de influencia de la cooperativa JUMECAL. Tesis Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- MAP, 1982. Carta de reconocimiento de suelos de la República Oriental del Uruguay a escala 1:100.000. Departamentos de Canelones y Montevideo. Dirección de Suelos, Ministerio de Agricultura y Pesca. Montevideo, Uruguay.

- MBAKAYA, C.F.L. 1994. The status of pesticide usage in East Africa. *Afr. J. Health Sci.* 1:37-41.
- McCONNELL, R. 1998. Pesticide research for change in Latin America. En: Final Proceedings. International Conference on Pesticide Use in Developing Countries: Impact on Health and Environment. San José, Costa Rica.
- MENDOZA, R.G. 2000. Predicción de las concentraciones ambientales de plaguicidas desde cuencas agrícolas: Aplicación del modelo SoilFug. Tesina presentada a la Escuela de Graduados de la Universidad de Concepción para optar al Grado de Diplomado en Análisis y Gestión del Medio Ambiente. 32 pp. Universidad de Concepción, Chile.
- MONDINO, P. y S. ALANIZ. 2001. Validación de la eliminación de fungicidas dirigidas al control de *Venturia inaequalis* desde mediados de diciembre hasta cosecha. En: "Compartiendo Resultados. Del Centro Regional Sur hacia los productores y técnicos de su área de referencia". Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- MONDINO, P. y S. ALANIZ. 2001. Validación de la eliminación de programas de aplicaciones reducidas para el control de *Venturia inaequalis* en función de los valores de descarga potencial de ascosporas (DPA). En: "Compartiendo Resultados. Del Centro Regional Sur hacia los productores y técnicos de su área de referencia". Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- MONDINO, P. y J. L. GONZÁLEZ-ANDÚJAR. 2001. Sistema de soporte a la decisión para la protección integrada del manzano en Uruguay. En: "Compartiendo Resultados. Del Centro Regional Sur hacia los productores y técnicos de su área de referencia". Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- MURRAY, D.L. 1994. *Cultivating crisis: The human cost of pesticides in Latin America.* University of Texas Press. Austin, U.S.A.
- NUÑEZ, S., S. GARCIA y J. PAULLIER. 1998. Manejo integrado de plagas (MIP). En: Guía para el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en frutales. Boletín de Divulgación n° 66. INIA Las Brujas. Uruguay.
- OPS/OMS. 1986. Plaguicidas: La prevención de riesgos en su uso. Centro de Ecología Humana y Salud. México.
- OMS/PNUMA. 1990. Impacto en la salud pública de los plaguicidas usados en agricultura. Ginebra, Suiza.
- OMS. 1992. Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura. Ginebra, Suiza.
- PANARIO, D., M. ACHKAR y J. P. AICARDI. 2000. Sector Agropecuario. Diagnóstico y escenarios sustentables. In: Uruguay Sustentable. Una Propuesta Ciudadana. Redes. Amigos de la Tierra. Montevideo, Uruguay.
- PANNA. 1999. Campos envenenados. Red de Acción sobre Plaguicidas de Norteamérica. California por una Reforma Pesticida (CPR).
- PAULETTI, M. 1999. Manual de precauciones en el manejo de plaguicidas. Plan Agropecuario/IICA. Montevideo, Uruguay.
- PREDEG/GTZ. 2001. Programa de Protección Integrada. Directivas y normas. Montevideo, Uruguay.

- SALTERAIN, P. de. 1992. Agricultura, plaguicidas y contaminación ambiental. Editorial Nordan Comunidad. Montevideo, Uruguay.
- SAMPAOLO, A. y R. BINETTI. 1986. Elaboration of a practical method for priority selection and risk assessment among existing chemicals. Regul. Toxicol. Pharmacol. 129 – 145.
- SATA. 1999. Guía uruguaya para la protección y fertilización vegetal. Alfatrade S.R.L. Canelones, Uruguay.
- SMITH, C. 1998. Exporting risk. Pesticide exports from U.S. ports. PAN Global Pesticide Campaign. Los Angeles, U.S.A.
- SNEDECOR y COCHRAN. 1980. Métodos estadísticos. Diseño y análisis de muestreo (Cap. 17). CECSA, México.
- USGS. 2001. Geographic information systems. U.S. Geographical Survey. Web page: <http://www.usgs.gov/research/gis/title.html>.
- VERRO, R.; M. CALLIERA, G. MAFFIOLI, D. ANTERI, S. SALA, A. FINIZIO AND M. VIGHI. 2001. GIS-based system for surface water risk assessment of agricultural chemicals. 1. Methodological approach. Environmental Sciences and Technology.
- VICO, G. 1992. Plaguicidas en uso en el Uruguay. Serie Cuadernos. Fundación Prudencio Vázquez y Vega. Montevideo, Uruguay.
- WESSELING, C. y L.E. CASTILLO. 1992. Plaguicidas en América Central: algunas consideraciones sobre las condiciones de uso. En: Memorias del Primer Taller Centroamericano de Ecología y Salud, ECOSAL. San Salvador, El Salvador.
- WESSELING, C. 1997. Health effects from pesticide use in Costa Rica. An epidemiologic approach. Kongl. Karolinska Medico Chirurgiska Institutet. Stockholm, Sweden.
- WESSELING, C., R. MCCONNELL, T. PARTANEN y C. HOGSTEDT. 1997. Agricultural pesticide use in developing countries: Health effects and research needs. Intl. J. Health Services, vol. 27, n. 2, 1997. Baywood Publishing Company, Inc. New York, U.S.A.