

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo
Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
Mendoza, Argentina



TESIS DE GRADO

Impacto ambiental de la aplicación de plaguicidas en siete modelos socio-productivos hortícolas del Cinturón Verde de Mendoza



Tesista: Carolina Mansilla Ferro

Director: MSc. Ing. Agr. María Eugenia Van den Bosch

Codirector: Ing. Agr. Graciela Mendoza

2017

“Tan crudamente como un arma del club del hombre de las cavernas, el bombardeo químico ha sido arrojado sobre el tejido de la vida, un entramado por un lado, delicado y destructible, y por otro milagrosamente fuerte y resistente, capaz de devolver el golpe de maneras inesperadas. Estas capacidades extraordinarias de la vida, han sido ignoradas por los profesionales del control químico, que han llevado a cabo su tarea, sin moral y sin humildad ante las enormes fuerzas que alteran”

La primavera silenciosa. Rachel Carson, 1962.

Bióloga marina y zóloga estadounidense.

AGRADECIMIENTOS

A mis nonos

Por su amor y apoyo incondicional

A María Eugenia Van den Bosch y Graciela Mendoza

Por sus valiosos aportes, paciencia y orientación para realizar este trabajo

A los Ing. Agrónomos del INTA EEA Mendoza y todos los productores

Por su participación

A mis compañeros

El regalo más valioso que me dio esta casa de estudios

A toda la gente que me acompañó de una manera u otra

Muchas gracias

Índice

RESUMEN	5
Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	6
1. Introducción.....	6
2. Hipótesis	9
3. Objetivo general	9
4. Objetivos particulares	9
Capítulo II: MARCO TEÓRICO	10
5. Aspectos ambientales de la agricultura periurbana.....	10
6. Plaguicidas	11
6.1 Antecedentes históricos.....	11
6.2 Concepto.....	12
6.3 Clasificaciones	13
6.3.1 Clasificación general.....	13
6.3.2 Insecticidas	14
6.3.3 Herbicidas	16
6.3.4 Fungicidas.....	19
6.3.5 Otras clasificaciones.....	22
6.3.5.1 Origen.....	22
6.3.5.2 Especificidad.....	23
6.3.5.3 Movilidad en la planta	23
6.3.5.4 Formulación	24
6.3.5.5 Toxicidad	24
6.4 Destino ambiental de plaguicidas	26
6.4.1 Contaminación del suelo	27
6.4.2 Contaminación del agua	28
6.4.3 Contaminación del aire	28
6.5 Relación entre las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas y la dinámica ambiental	28
6.6 Riesgos para la salud	32
7 Metodologías de evaluación de impacto ambiental (EIA) de plaguicidas	33
Capítulo III: CINTURÓN VERDE DE LA PROVINCIA DE MENDOZA	35
8 Localización.....	35

9	Clima.....	36
10	Sistema de riego y calidad del agua	36
11	Suelos y Vegetación	38
12	Aspectos socioeconómicos	40
	12.1 Producción hortícola Nacional y Provincial	40
	12.2 Modelos Productivos del Cinturón Verde Mendoza.....	41
13.	Estrategias Fitosanitarias	43
	13.1 Modelo 1: Productor de hortalizas frescas con chacarero.....	43
	13.2 Modelo 2: Productor de hortalizas frescas con mediero.....	45
	13.3 Modelo 3: Ajeros con chacarero.....	46
	13.4 Modelo 4: Ajeros con mediero.....	47
	13.5 Modelo 5: Productores de zapallo no familiar con chacarero.....	49
	13.6 Modelo 6: Productores mixto hortícola-vitícola no familiar	50
	13.7 Modelo 7: Productores mixto hortícola-olivícola familiar	53
	Capítulo IV: METODOLOGÍA.....	54
14.	EIQ teórico.....	56
	14.1 EIQ trabajador agrícola.....	58
	14.2 EIQ consumidor	59
	14.3 EIQ ecológico.....	60
	Capítulo IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
15.	EIQ de campo por modelo y cultivo	62
16.	EIQ teórico: subcomponentes, ventajas y desventajas	69
17.	Toxicología y propiedades físico-químicas.....	71
	Capítulo V: CONCLUSIONES.....	75
	BIBLIOGRAFÍA.....	78
	ANEXO 1: CUADRO DE CAT. TOXICOLÓGICAS DE LOS IA USADOS EN EL CVM	87
	ANEXO 2: TABLAS DE CÁLCULO DEL EIQ campo.....	88
	ANEXO 3: PRODUCTORES E ING. AGRONOMOS PARTICIPANTES DEL TALLER	96

RESUMEN

El Cinturón Verde de Mendoza es el tercero en producción de hortalizas de la Argentina. Durante todo el año abastece al mercado interno y es estratégico para la seguridad alimentaria de la región. Está sujeto a las dinámicas complejas de los territorios de interfase y es afectado por el avance de la ciudad sobre el suelo rural.

Para preservar la agricultura periurbana y asegurar su continuidad en el tiempo es preciso tomar medidas. Como un primer paso, es importante evaluar la sostenibilidad ambiental de estos sistemas agrícolas. Los plaguicidas que aplican los productores hortícolas impactan sobre el medio ambiente y son un factor de riesgo para la salud humana. El objetivo del presente trabajo fue estimar el impacto de los tratamientos fitosanitarios en los distintos sistemas productivos presentes en el territorio: hortícolas puros, hortícola-vitícolas y hortícola-olivícolas. Para ello se calculó un indicador sintético, el cociente de impacto ambiental o EIQ “Environmental Impact Quotient” por sus siglas en inglés, cuya principal utilidad es clasificar los plaguicidas según el impacto sobre el operario agrícola, el consumidor y el medio ambiente. Se investigó cuáles fueron los principales productos usados por los horticultores del cinturón verde y con qué frecuencia se aplicaron. La dosis de cada plaguicida se extrajo del marbete registrado en SENASA.

Los sistemas mixtos con vid y olivo, alcanzaron valores sensiblemente más altos de EIQ que los sistemas puros. Sin embargo, el cultivo que determinó el mayor impacto en estos sistemas fue el de tomate. Los altos valores obtenidos se explican por la aplicación de metam sodio para desinfectar el suelo, el cual posee alta toxicidad y se aplica en elevadas dosis. El clorpirifos, el oxiclورو de cobre y el pendimetalin alcanzaron los valores más altos de EIQ dentro de los insecticidas, los fungicidas y los herbicidas, respectivamente.

Palabras clave: Plaguicidas, hortalizas, plagas, impacto ambiental, cinturón verde, modelos productivos.

Key words: Pesticides, horticultural production, pests, environmental impact, green belt, production models.

Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1. Introducción

Los plaguicidas son el único grupo de sustancias químicas que se aplican deliberadamente en el medio ambiente, con el objeto de controlar plagas en plantas, animales y lugares en donde se almacenan alimentos. Sin embargo, la mayoría de los plaguicidas no actúan de manera específica sobre la plaga objetivo, ya que afectan simultáneamente a especies no objetivo, alterando el balance ecológico (Pesticide Action Network, 2010). Las repetidas aplicaciones de productos fitosanitarios tienen consecuencias ambientales, tales como la reducción de la calidad del agua y del suelo, por presencia y acumulación de residuos, sumado al deterioro en la calidad del aire por volatilización de sustancias activas (Viglizzo & Frank, 2010). Además constituyen un factor de riesgo para la salud humana, ya sea por intoxicación aguda, mediante inhalación, ingesta o absorción dérmica, o por la exposición crónica, a través del consumo de alimentos contaminados (Villaamil et al., 2013).

Según datos del CASAFE y el CIAFA¹, se vendieron en Argentina alrededor de 300 millones de litros de plaguicidas en el año 2013, de los cuales el 81% se aplica en soja, maíz, trigo y girasol. El 19% restante se aplica en hortalizas, frutales de pepita y carozo, vid, caña de azúcar, arroz, granos almacenados y algodón, entre otros. El actual modelo de agricultura industrial pretende que la química, a través de plaguicidas y fertilizantes, controle a la biología, simplificando así la toma de decisiones. Sin embargo, dentro de este modelo, no se ha tenido en cuenta que el uso excesivo de agroquímicos pone en serio riesgo al recurso suelo, debido a que disminuye la capacidad del mismo para actuar como reactor bio-físico-químico, por lo que termina afectando la actividad agrícola en el mediano y largo plazo (Aparicio et al., 2015).

La horticultura nacional abarca alrededor de 600.000² hectáreas y produce 10 millones de toneladas de hortalizas al año. La mayoría de las ciudades argentinas con más de 100.000 habitantes se caracteriza por contar con un Cinturón Verde de abastecimiento de hortalizas. Se destacan, en cuanto al volumen producido, los cinturones hortícolas

¹ CASAFE: Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes.

CIAFA: Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos.

² La superficie varía entre 500.000 y 600.000 ha de hortalizas anuales, de las cuales un 32% (160-190.000 ha) corresponde a legumbres secas-poroto, arveja, lenteja y garbanzo-, un 19% (95-114.000 ha) al cultivo de papa y el 49% restante abarca unas 50 variedades de hortalizas, con un promedio de 270.000 ha anuales. De las cuales, el 20% (55.000 ha) se cultiva en Buenos Aires, seguido por un 15% (40.000 ha) en Mendoza y un 10% (27.000 ha) en Córdoba.

del Área Metropolitana de Buenos Aires, incluida La Plata, Rosario, Córdoba, Mar del Plata, Mendoza y Tucumán. Esa producción periurbana está sumida en una grave problemática que va desde la falta de inocuidad de los productos, debido a numerosas fuentes de contaminantes, hasta la falta de sustentabilidad de los sistemas productivos (Galmarini, 2009).

Mendoza ocupa el tercer lugar en el país por volumen de producción³. Esta constituye la tercera actividad agrícola por superficie, después de la vid y los frutales. Las principales zonas hortícolas se encuentran en el Valle de Uco y en el Oasis Norte, donde conforma el denominado Cinturón Verde de la provincia. En ambas se cultiva más del 70 % del total provincial, que abastece al mercado interno con frutos y hortalizas. Los excedentes se comercializan a otras provincias, lo que la hace un área importante desde el punto de vista de la seguridad alimentaria de la región (Instituto de Desarrollo Rural, 2015).

El Cinturón Verde de Mendoza se ubica en la interfase urbano-rural y está sujeto a dinámicas territoriales complejas propias del periurbano, tales como:

- El avance desorganizado del espacio urbano sobre el rural;
- La contaminación creciente del medio ambiente rural y periurbano;
- La contaminación de cauces de riego y drenaje por residuos domiciliarios e industriales;
- Una productividad agrícola baja;
- Una baja adopción de prácticas productivas sostenibles;
- Nivel escaso de empleo agrario;
- Poco valor agregado de la producción hortícola;
- Una débil articulación de las políticas públicas de ordenamiento territorial y uso del suelo entre provincia y municipios;
- Una población rural envejecida con productores de edad promedio elevada y éxodo de jóvenes rurales (Van den Bosch & Ruggeri, 2014).

En este escenario complejo, con multiplicidad de actores sociales y factores productivos, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en el marco del Proyecto

³ El primer lugar lo ocupa Buenos Aires, con un 22% del total nacional (8 a 10.10⁶ toneladas), es decir, unas 2.10⁶ toneladas por año-. El segundo lugar Córdoba, con el 16% del total, correspondiente a 1,3.10⁶ toneladas por año y en tercer lugar Mendoza con aproximadamente 1,2.10⁶ toneladas anuales (Fernández, 2012).

Regional con Enfoque Territorial “Contribución al desarrollo sostenible del Cinturón Verde de Mendoza”, analizó un total de 1.283 explotaciones agropecuarias (EAPs) correspondientes al sistema productivo hortícola, que abarca un total de 9.288 hectáreas cultivadas. Se han identificado dieciséis tipologías de productores dentro del cinturón verde, de los cuales siete cultivan hortalizas, uno cultiva frutales de carozo y el resto vid y olivos. Los productores hortícolas representan el 52% del total de EAPs del cinturón verde y el 38% de la superficie cultivada en este territorio. La tipología “Agricultura familiar” es importante, ya que reúne del 60 al 70% de las EAPs.

El agroecosistema de este oasis, además de proveer alimentos y materia prima para sus habitantes y para la agroindustria, genera externalidades tanto positivas como negativas (Van den Bosch, et al. 2013). La aplicación de productos fitosanitarios para el control de plagas en los cultivos es percibida por los habitantes de esta región como una externalidad negativa (Van den Bosch, et al. 2013). La finalidad del presente trabajo es comparar el impacto ambiental, derivado de la aplicación de plaguicidas, en cada uno de los siete modelos hortícolas identificados por el INTA. Dentro de ellos hay cinco hortícolas puros y dos mixtos hortícola-olivícola y hortícola-vitícola, que coexisten en el cinturón verde de la provincia de Mendoza. Una vez obtenido el indicador de impacto, se proponen alternativas a aquellos modelos más nocivos y pautas generales de manejo.

Para ello se calcula un indicador sintético, el Environmental Impact Quotient (EIQ por sus siglas en inglés), o Cociente de Impacto ambiental (CIA), desarrollado por la Universidad de Cornell, aplicado con éxito en numerosas investigaciones alrededor del mundo. Constituye una herramienta metodológica sencilla para establecer criterios de sustentabilidad y realizar una mejora continua de los distintos sistemas agrícolas presentes en el territorio.

La principal utilidad del mismo es comparar la sustentabilidad ambiental de diversas:

- Estrategias fitosanitarias (Carrizo et al., 2015; Mendoza et al., 2014),
- Estratos de tecnificación (Ramírez & Jacobo, 2002),
- Sistemas productivos (Fernández, 1998; Morse et al., 2006; Nillesen et al., 2006; Reganold et al., 2001) y
- Zonas agrícolas (Kyeong-Seok et al., 2003; Muhammetoglu & Uslu, 2007; Pradel et al., 2009).

2. Hipótesis

H₁: El impacto ambiental de los productos fitosanitarios aplicados en hortalizas será mayor en los modelos productivos menos capitalizados, con organización del trabajo familiar, que en los modelos capitalizados.

H₂: Los modelos socioproductivos mixtos hortícola-vitícola y hortícola-olivícola tendrán un impacto mayor que los hortícolas puros, asociado a los productos fitosanitarios aplicados en el cultivo de vid y olivo.

3. Objetivo general

Comparar el impacto sobre el ambiente y sobre las personas, mediante el cálculo del Cociente de impacto ambiental, de los plaguicidas en distintos modelos productivos hortícolas del Cinturón Verde en la provincia de Mendoza.

4. Objetivos particulares

O₁: Describir los distintos modelos productivos hortícolas presentes en el Cinturón Verde.

O₂: Comparar el impacto ambiental de los distintos modelos productivos hortícolas usando el Cociente de Impacto Ambiental.

O₃: Proponer alternativas a las estrategias fitosanitarias aplicadas por los productores de aquellos modelos cuyo impacto ambiental resulte mayor.

O₄: Describir las principales propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas que resulten con mayor impacto ambiental dentro del Cinturón verde de Mendoza.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

5. Aspectos ambientales de la agricultura periurbana.

El borde periurbano es un territorio productivo, residencial y de servicios que se desarrolla en el contorno de las ciudades. Una de las manifestaciones paisajísticas y sociales más características de este territorio, es el tipo particular de agricultura que en él se practica, el cinturón verde. En Argentina, se lo define como un espacio periurbano conformado por una trama de quintas o huertas familiares, y otras de características más empresariales, que rodean a las grandes ciudades, cuya producción consiste mayoritariamente en hortalizas de estación y de hoja (Barsky, 2005).

La principal ventaja competitiva de los cinturones verdes es la cercanía al mercado, abasteciendo todo el año a la ciudad con alimentos frescos. En Argentina, los principales polos urbanos, tienen asociados cinturones hortícolas en su periferia, destacándose aquellos que circundan las áreas metropolitanas de Buenos Aires, La Plata, Rosario, Córdoba, Mar del Plata, Mendoza y Tucumán (Fernández, 2012).

Actualmente se dan procesos de expansión de la ciudad, determinados por el mercado inmobiliario, a expensas del consumo de suelo rural. Esto modifica la relación ciudad-entorno productivo, del cual depende la calidad de vida de los habitantes de la ciudad. En ese contexto, es importante preservar la agricultura periurbana, lo que implica abordar las complejas dinámicas socioeconómicas y ambientales que estructuran los espacios periurbanos, así como considerar la lógica de las redes de actores presentes en el territorio y los ciclos específicos vinculados con sus actividades productivas (Barsky, 2012).

En distintos países del mundo y en Argentina, se está considerando a la producción urbana y periurbana de hortalizas como una actividad que puede contribuir con la sociedad (Constantino et al., 2012). Constituyen espacios verdes de importancia para la ciudad y son señalados, junto con el arbolado urbano, como una de las estrategias de mitigación frente al progresivo aumento de la temperatura ambiente, ya que son islas frías que contrarrestan el efecto de las islas de calor, según datos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014).

Este tipo de producción se desarrolla en un espacio en el que lo urbano y lo rural interaccionan constantemente, con efectos positivos y negativos en ambos sentidos. La ciudad impacta sobre el agua, el suelo y el aire, alterando estos recursos que son necesarios para producir alimentos. A su vez la agricultura periurbana puede provocar

efectos indeseados, al liberar fertilizantes y plaguicidas al ambiente (Constantino et al., 2012).

En los últimos años, ha crecido el interés en desarrollar metodologías capaces de evaluar el riesgo, que las prácticas asociadas a los esquemas intensivos de producción de hortalizas, provocan en el ambiente. Se han publicado en América y Europa resultados de trabajos de investigación y desarrollo que buscan hacer operativo el concepto de sustentabilidad, a través de indicadores. Estos reflejan la evolución de parámetros agro-ambientales y luego son útiles para hacer una mejora continua en las técnicas de trabajo del horticultor (Constantino et al., 2012).

6. Plaguicidas

6.1 Antecedentes históricos

El uso de plaguicidas modernos en la agricultura y en la salud pública, se remonta al siglo XIX. La primera generación de plaguicidas estuvo constituida por compuestos altamente tóxicos, tales como arseniato de calcio, arseniato de plomo, cianuro de hidrógeno, caldo bordelés y azufre, usados a partir de 1860, para controlar hongos, insectos y bacterias. Debido a su elevada toxicidad dejaron de aplicarse, y fueron reemplazados por plaguicidas de segunda generación, los compuestos orgánicos sintéticos (Zacharia, 2011).

El primer compuesto sintético de importancia fue el DDT (dicloro difenil tricloroetano), sintetizado por el científico alemán Ziedler en 1873. Sin embargo su uso como insecticida fue descubierto recién en 1939 por el suizo Paul Müller, lo que le permitió acceder al Premio Nobel de Medicina. Debido a su bajo costo y efectividad para controlar plagas, y al rápido aumento observado en el rendimiento de los cultivos, su uso se extendió rápidamente por el mundo. Además tuvo numerosas aplicaciones no agrícolas, en el control de agentes transmisores de enfermedades, desde la eliminación de piojos en los soldados en la Segunda Guerra Mundial-previniendo el tifus- hasta el control del mosquito causante de la malaria. El gran éxito de este producto dio comienzo a lo que Rachel Carson denominara la era de la "lluvia de químicos" (Zacharia, 2011).

Es importante mencionar un movimiento dentro de la agricultura a nivel mundial, que se hizo masivo a partir de 1960, ligado a estos nuevos productos de síntesis química, conocido como revolución verde. Se promovió la adopción de un paquete tecnológico, en el cual se sembraban semillas híbridas, denominadas variedades de alto rendimiento, que para expresar su máximo potencial se hacía un uso intensivo de maquinaria pesada, agua, fertilizantes y plaguicidas (Ceccon, 2008).

A pesar de los buenos resultados iniciales del uso de plaguicidas, y del incremento en los rendimientos, comenzaron a notarse efectos deletéreos en el ambiente y en la salud de las personas. Esto fue atribuido a la alta actividad biológica y a la toxicidad, tanto aguda como crónica, de los productos fitosanitarios. Estos pueden ser denominados de manera general como biocidas, ya que tienen el potencial de dañar a otras formas de vida, además de la plaga objetivo (Zacharia, 2011).

En los años 90' se inició una segunda revolución verde, de la mano de la ingeniería genética y la biología molecular, cuyo principal aspecto consiste en la creación de Organismos Genéticamente Modificados o transgénicos. Se sigue la misma lógica productiva por la cual se compra un paquete biotecnológico, que incluye un uso masivo de plaguicidas y fertilizantes, con la diferencia de que la semilla es transgénica (Ceccon, 2008).

En Argentina la tasa de adopción de cultivares modificados genéticamente es una de las más altas en cuanto a adopción de tecnologías en el sector agropecuario, mayor inclusive a la observada años atrás con la incorporación de los híbridos (ArgenBio, 2016). Actualmente hay una gran incertidumbre en cuanto a los riesgos, difícilmente cuantificables, asociados a este tipo de producción, tanto para la salud como para el ambiente (Perazzoli, 2001).

6.2 Concepto

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), un plaguicida o producto fitosanitario, es cualquier sustancia o mezcla de sustancias, que se utilice para prevenir, controlar o destruir una plaga.

Las plagas pueden ser vectores de enfermedades humanas o animales; especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio a la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales.

Dentro de los plaguicidas se incluyen:

- Productos que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos;
- Sustancias usadas como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o para evitar su caída prematura;
- Sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para evitar el deterioro durante el almacenamiento y transporte (FAO, 1990).

6.3 Clasificaciones

Los productos fitosanitarios ocupan un importante lugar dentro del total de sustancias químicas a las que el hombre está expuesto (Villaamil et al., 2013). A lo largo del tiempo se los ha denominado de manera distinta, tales como agroquímico o plaguicida. En la actualidad, se usa con frecuencia el término fitosanitario, haciendo énfasis en el efecto protector del producto sobre la sanidad de los cultivos (CASAFE, 2015). En este trabajo se va a hablar indistintamente de plaguicida y producto fitosanitario.

Cabe aclarar que el producto formulado o producto comercial, es una mezcla, compuesta por el ingrediente activo, es decir, el químico que causa efecto sobre la plaga, y otras sustancias denominadas inertes, que actúan como diluyentes, dispersantes, coadyuvantes o aglutinantes, denominados de forma general, auxiliares de formulación. La toxicidad de los plaguicidas depende tanto de los ingredientes activos como de los inertes incluidos en la formulación (Ramírez & Lacasaña, 2001).

En la actualidad existen más de 1500 principios activos que, en distintas mezclas y concentraciones, generan más de 50 000 productos registrados en el mundo como plaguicidas (Villaamil et al., 2013). Debido a la gran cantidad de plaguicidas sintéticos, que varían en su identidad, propiedades químicas y físicas, mecanismos de acción y toxicidad, se los clasifica en distintos grupos, según la necesidad.

6.3.1 Clasificación general

Existen tres grandes clasificaciones de los plaguicidas, según:

- Plaga objetivo
- Estructura química
- Modo de acción

Según la plaga objetivo, los plaguicidas se clasifican en herbicidas, alguicidas, insecticidas, acaricidas, molusquicidas, rodenticidas, avicidas, fungicidas, bactericidas y virucidas (Zacharia, 2011).

La clasificación según la estructura química, tiene la ventaja de agrupar sustancias con efectos similares en las plagas, en el ambiente e intoxicaciones similares en el ser humano. Una de las clasificaciones más utilizadas combina el grupo químico con el mecanismo de acción en las plagas, es decir, el proceso fisiológico específico que es afectado por el plaguicida (Bedmar, 2011).

6.3.2 Insecticidas

La clasificación según la estructura química toma en cuenta una gran variedad de familias de compuestos, que pueden dividirse en dos grandes grupos, los insecticidas convencionales y los insecticidas biorracionales (CASAFE, 2015).

El primer grupo comprende los insecticidas “modernos de síntesis química” que, como ya se mencionó, comienza con el descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT, forma parte del grupo de los organoclorados-hidrocarburos clorados- junto con el lindano, el endosulfan, el aldrin, el dieldrin y el clordano, prohibidos actualmente en Argentina y en casi todo el mundo (Zacharia, 2011).

Debido a la elevada toxicidad en organismos no blanco y a su bioacumulación en la cadena trófica fueron reemplazados por grupos menos persistentes como los organofosforados-ésteres, amidas o tioles derivados del ácido fosfórico- (Spiro & Stigliani, 2004). Los organofosforados actúan inhibiendo la hidrólisis del neurotransmisor acetilcolina, lo que conduce a la transmisión continua del impulso nervioso en el axón, llevando a la parálisis muscular y luego a la muerte. La ventaja con respecto a los organoclorados consiste en su baja estabilidad química y nula acumulación en los tejidos (Zacharia, 2011). Algunos de los organofosforados más usados en Argentina incluyen al clorpirifos, metamidofos, metil azinfos y el dimetoato, entre otros (CASAFE, 2015).

Por último dentro de los convencionales están los carbamatos-derivados del ácido carbámico-, también inhibidores de la acetilcolinesterasa pero de manera reversible, lo que los hace menos tóxicos para los mamíferos y los piretroides-análogos a las naturales piretrinas-. Fueron desarrollados introduciendo un grupo bifenoxi y sustituyendo algunos hidrógenos por halógenos con el fin de conferir estabilidad y al mismo tiempo conservar las propiedades insecticidas de las piretrinas. Los piretroides sintéticos más utilizados incluyen permetrina, cipermetrina y deltametrina (Zacharia, 2011).

El segundo grupo abarca compuestos con un perfil toxicológico diferente, denominados “insecticidas de nueva generación”, e incluyen sustancias reguladoras del crecimiento y toxinas alimentarias—que actúan dentro del insecto, en procesos como la metamorfosis y la digestión- y semioquímicos-que influyen en la interacción entre individuos de la misma especie-feromonas- y especies diferentes-alelomonas-. Los mismos surgen como respuesta a los intensos brotes de plagas a finales de 1950 y a la preocupación por los efectos negativos sobre el ambiente derivados del uso masivo de plaguicidas (Pérez et al., 2013).

Los modos de acción de los insecticidas se clasifican según el Comité de acción de Resistencia a los Insecticidas (IRAC-Insecticide Resistance Action Committee-, por sus siglas en inglés) en 29 categorías. No se pretende realizar una descripción exhaustiva de esta clasificación, se incluyen algunos ejemplos en la [Tabla 1](#).

Según el modo de acción en la fisiología del insecto, en el Manual Fitosanitario del CASAFE (2015) diferencia cuatro grandes grupos de moléculas, que actúan sobre:

- **El sistema nervioso-muscular**

Alteran la transmisión del impulso nervioso. O bien aceleran su transmisión, tensando los músculos y derivando en un infarto de miocardio, o la disminuyen. A este grupo pertenecen los convencionales organofosforados, carbamatos y piretroides.

- **El crecimiento, desarrollo y la reproducción**

Dentro de este grupo se encuentran los insecticidas biorracionales, tanto reguladores de crecimiento, como semioquímicos. Entre los primeros se puede mencionar a los inhibidores de la síntesis de quitina-que evitan que las larvas de los insectos se desarrollen- y a los análogos o antagonistas de la hormona juvenil y la hormona de la muda-ecdisona-, que controlan el crecimiento y la metamorfosis⁴. En el segundo grupo, los semioquímicos más usados son las feromonas sexuales, para confundir al macho e impedir la cópula.

- **La respiración y el metabolismo de la energía**

Bloquean enzimas o inhiben el transporte de electrones mitocondrial. Actualmente en desuso, incluyen compuestos derivados del arsénico y fumigantes como el bromuro de metilo.

- **El sistema digestivo**

Incluyen sustancias fitoquímicas, aisladas de vegetales y endotoxinas de microorganismos que interfieren con el normal funcionamiento del sistema digestivo del insecto.

4

Los bajos niveles de ecdisona hacen que no se forme el exoesqueleto después de la primera muda, llevando a malformaciones y la muerte. Mientras que, los análogos de la hormona juvenil-juvenoides-, impiden el desarrollo de los caracteres de adulto, que muere antes de reproducirse; los antagonistas de la hormona juvenil-precocenos-, provocan una metamorfosis precoz y dan lugar a insectos inmaduros y pequeños que no pueden reproducirse.

Tabla 1: Clasificación de los insecticidas según su grupo químico y modo de acción.

Insecticidas	Modo de Acción		Grupo químico	Ingredientes Activos
	Sistema Nervioso Muscular	Inhibidores de la Acetilcolinesterasa	Organofosforados	Clorpirifos, dimetoato, fenamifós
			Carbamatos	Pirimicarb, metiocarb
		Moduladores del canal Sodio	Piretroides y piretrinas	Cipermetrina, lambdacialotrina
		Agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina	Neonicotinoides	Imidacloprid
		Modulador del receptor de la rianodina	Diamida	Clorantranilprole
	Crecimiento, desarrollo y reproducción	Antagonistas del receptor de ecdisona	Diacilhidracinas	Metoxifenocide
		Inhibidor de la síntesis de quitina	Benzofenilureas	Novaluron
	Respiración y metabolismo de la energía	Inhibidor del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV	Fosfinas	Fosfuro de aluminio, fosfuro de magnesio
		Inhibidor de la fosforilación oxidativa	Pirazol	Clorfenapir
Sistema digestivo	Toxina alimentaria-disruptor de membrana digestiva-	Proteínas	<i>Bacillus thuringiensis</i>	

(Fuente: Elaboración propia en base a la clasificación de IRAC-Insecticide Resistance Action Committee-, 2017)

6.3.3 Herbicidas

Los herbicidas son productos fitosanitarios utilizados para controlar especies vegetales, no deseadas por su impacto negativo en la producción y rendimientos de los cultivos. La Sociedad Americana de Malezas (WSSA-Weed Science Society of America-, por sus siglas en inglés) y el Comité de Acción de Resistencia a Herbicidas (Herbicide Resistance Action Committee -HRAC-) desarrollaron esquemas de clasificación basados en el modo de acción de los herbicidas, que consiste en la secuencia de eventos que ocurren desde que es absorbido por la planta, hasta la aparición de fitotoxicidad (CASAFE, 2015).

Los efectos fisiológicos afectados por los herbicidas en las plantas pueden radicar en la regulación del crecimiento, inhibición de la división celular, inhibición de la respiración y/o fotosíntesis, o interrupción de procesos metabólicos complejos, tales como la síntesis de aminoácidos, ácidos grasos y celulosa (Duke, 1996).

Se describen a continuación los principales procesos fisiológicos afectados, mencionando algunas familias de compuestos químicos dentro de cada categoría:

- **Inhibición de la división celular y regulación del crecimiento**

Alteran la elongación y la división celular, originando deformaciones, falta de funcionalidad y la muerte de la planta (CASAFE, 2015).

Existen varios grupos de acuerdo al proceso afectado en la inhibición de la división celular. Así, las dinitroanilinas, piridinas, ácidos benzoicos, benzamidas y fosforoamidatos inhiben la formación o ensamblaje del huso acromático, impidiendo la síntesis de los microtúbulos (Senseman, 2007).

El grupo de los carbamatos inhiben la división celular, y la formación y polimerización de microtúbulos. En tanto, el grupo integrado por las familias químicas cloroacetamidas, acetamidas, oxiacetamidas y tetrazolinonas inhiben la síntesis de ácidos grasos de cadena muy larga, componentes de las ceras cuticulares (Trenkamp et al., 2004).

Por otro lado hay herbicidas que inhiben la síntesis de celulosa, generando pérdida de la integridad de la estructura celular y detención del crecimiento, incluye las familias de compuestos de nitrilos, benzamidas y triazolcarboxamidas, entre otros (García Angulo et al., 2012)

- **Inhibición de la respiración y/o fotosíntesis**

En este grupo encontramos sustancias inhibitoras de la transferencia de electrones en la fotosíntesis, de la formación de ATP-a nivel mitocondrial y cloroplástico- y de la síntesis de carotenoides-pigmentos que protegen a la clorofila de la fotooxidación-.

Incluye a los inhibidores del Fotosistema I, como los herbicidas paraquat y diquat, perteneciente a la familia de los bipyridilos; e inhibidores del Fotosistema II, dentro de los cuales encontramos triazinas, triazinonas, triazolinonas, uracilos, piridazinonas, fenilcarbamatos, ureas, amidas, nitrilos, benzotiodiazinonas y fenilpiridazinonas. En ambos subgrupos ocurre la destrucción de clorofila y carotenoides, por la formación de peróxidos de hidrógeno y superóxidos provocada por el bloqueo del flujo de electrones hacia la clorofila (Arregui & Puricelli, 2008).

- **Inhibición de la síntesis de aminoácidos, lípidos y carotenoides**

Impiden la síntesis de aminoácidos aromáticos esenciales, de los compuestos aromáticos de la planta y la conversión de ácidos grasos de cadena corta a cadena larga, frenando el crecimiento del vegetal (CASAFE, 2015).

En la categoría de inhibidores de la síntesis de lípidos, encontramos a tres familias químicas, los ariloxifenoxipropionatos, las ciclohexanodionas y los fenilpirazolininas, que actúan inhibiendo la enzima acetil CoA carboxilasa. Por otro lado, familias químicas de tiocarbamatos y ácidos cloro carbónicos inhiben la síntesis de ácidos grasos y lípidos por bloqueo de enzimas como las elongasas, que intervienen en la formación de ácidos grasos de cadena muy larga (Zita Padilla, 2012).

En cuanto a los inhibidores de la biosíntesis de aminoácidos, podemos mencionar a los compuestos que provocan la inhibición de la actividad de la acetolactato sintetasa, enzima que cataliza la síntesis de aminoácidos de cadena ramificada como la valina, la leucina e isoleucina. Este efecto es producido por las familias de imidazolininas, sulfonilureas, triazolpirimidinas y pirimidilotiobenzoatos (Dugleby & Pang, 2000).

El modo de acción de algunos herbicidas es muy específico, como sucede con el glifosato, única molécula dentro de las glicinas. Actúa inhibiendo la enzima cloroplástica enolpiruvilshikimato fosfato sintetasa, impidiendo la biosíntesis de fenilalanina, tirosina y triptófano, precursores de importantes metabolitos secundarios como lignina, flavonoides, alcaloides, ácidos benzoicos y fitohormonas (Pérez Jones et al., 2007).

Lo mismo ocurre con el glufosinato, único herbicida de la familia de los ácidos fosfínicos, inhibidor de la enzima glutamino sintetasa, involucrada en la asimilación de amonio y la producción del aminoácido glutamina. La acumulación de amonio causa un rápido desacoplamiento de la fotofosforilación, así como inhibición de la fijación fotosintética de carbono y interrupción de la síntesis de aminoácidos (Duke & Dayan, 2011).

En la [Tabla 2](#) se presentan algunos ejemplos de productos herbicidas clasificados según su modo de acción y grupo químico.

Tabla 2: Clasificación de los herbicidas según su grupo químico y modo de acción.

Producto	Modo de Acción		Grupo químico	Ingredientes Activos
Herbicidas	Inhibición de la fotosíntesis	Fotosistema I	Bipiridilos	Diquat, paraquat
		Fotosistema II	Triazinonas	Metribuzin
			Ureas	Diuron, linuron
			Benzonitrilos	Bromoxinil
	Inhibición de la división celular	Ensamblaje de microtúbulos	Dinitroanilinas	Pendimentalin
	Inhibición de síntesis aminoácidos aromáticos	Enolpiruvilshikimato sintetasa	Glicinas	Glifosato
	Inhibición de la síntesis de lípidos	Inhibidores de la Acetil CoA carboxilasa	Ciclohexadionas	Setoxidim, Cletodim, Butroxidim
			Ariloxifenoxis	Diclofop, Haloxifop, Fluazifop
	Inhibición de la síntesis de carotenoides	Inhibe formación isoprenoides	Isoxazolidinona	Clomazone

(Fuente: Elaboración propia en base a la clasificación de HRAC-Herbicide Resistance Action Committee-& WSSS-Weed Science Society-, 2017)

6.3.4 Fungicidas

Actúan sobre las funciones vitales de los hongos, que producen enfermedades en los cultivos (CASAFE, 2015). El Comité de Acción para la Resistencia de Fungicidas (FRAC-Fungicide Resistance Action Committee-, por sus siglas en inglés), ha desarrollado un esquema de clasificación de fungicidas, de acuerdo a su modo de acción, del cual se describen en el presente trabajo los aspectos más generales. En la [Tabla 3](#) se presentan algunos ejemplos de fungicidas clasificados según su modo de acción.

Se dividen en dos grandes categorías, inhibidores de múltiples sitios de acción-multisitio o tóxicos generales- e inhibidores de sitios de acción específicos. Los fungicidas multisitio abarcan diversos compuestos, inorgánicos y orgánicos.

En el primer grupo, es común el uso de azufre elemental-se aplica como polvo o azufre coloidal-, para prevenir enfermedades de hongos epífitos. Mientras que los fungicidas desarrollados a partir del sulfato de cobre, se utilizan para combatir hongos endófitos, es común el uso del caldo bordelés. El ion cúprico penetra en la espóra alterando el metabolismo, sustituyendo metales de metaloenzimas e inactivándolas (CASAFE, 2015).

Además dentro de los fungicidas con mecanismo de acción multisitio, encontramos:

Las ftalamidas, compuestos derivados del ácido ftálico, muy utilizados por su eficacia y baja toxicidad para animales. Reaccionan con grupos -tiol desnaturalizando proteínas y provocando la muerte del hongo (CASAFE, 2015).

Los dialquilditiocarbamatos, moléculas que inhiben el sistema enzimático piruvato-descarboxilasa, esencial en la respiración; los dimetilditiocarbamatos, que con presencia de cobre en el medio, lo acomplejan permitiendo la penetración en el hongo y los etilen-bis-ditiocarbamatos-derivados del ácido etilen-bis-ditiocarbámico-. Estos se formulan como: sal sódica (Nabam), complejo con manganeso (Maneb), complejo con zinc (Zineb), o mezclas de complejos zinc y manganeso (Mancozeb). Actúan desnaturalizando proteínas del hongo y generando su muerte (CASAFE, 2015).

Los monometilditiocarbamatos-derivados del ácido monometilditiocarbámico-, actúan desnaturalizando proteínas, al reaccionando con los grupos -tirol de estas. Es utilizado como sal sódica (Metam sodio) en tratamientos de suelo por su gran volatilidad (CASAFE, 2015).

Entre los modos de acción de los fungicidas con sitios de acción específicos, podemos mencionar, los principales procesos fisiológicos que se ven afectados:

- **Inhibición de la respiración**

Se pueden mencionar dos familias de químicos, las carboxamidas y las estrobilurinas, afectan el proceso respiratorio de los hongos, impidiendo la germinación de esporas. Las estrobilurinas actúan inhibiendo el transporte mitocondrial de electrones, se consideran inhibidores colaterales de la quinona. Mientras que las carboxamidas, inhiben a la enzima succinato deshidrogenasa (FRAC, 2017). Son muy importantes en horticultura y en fruticultura, ya que pueden sustituir tratamientos con azufre y cobre (CASAFE, 2015).

- **Inhibición de la división celular y la mitosis**

La tubulina, es una molécula importante en la formación y segregación de cromosomas en la división celular; se ve afectada, lo que la altera la mitosis a nivel de la metafase-El huso acromático es distorsionado y la separación del núcleo es suspendida, causando la muerte de la célula fungosa-.

Incluye las familias químicas de los Bencimidazoles, los N-fenil carbamatos, las benzamidas y las fenilureas.

- **Inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos**

Afectan la síntesis del ADN y ARN, reduciendo la producción de enzimas como: la ARN polimerasa I y la ADN topoisomerasa.

Incluyen las familias químicas de fenilamidas, pirimidias y ácidos carboxílicos.

- **Inhibición de la biosíntesis de aminoácidos y proteínas**

Actúan inhibiendo la biosíntesis de la metionina y la secreción de enzimas hidrolíticas.

Incluyen anilino pirimidias y antibióticos.

- **Inhibición de la biosíntesis de la membrana y la pared celular**

Estos productos alteran la biosíntesis de esteroides, impidiendo que los hongos crezcan, por alteración de la permeabilidad de la membrana. Los más importantes son los triazoles, compuestos por un heterociclo con 5 eslabones y 3 átomos de nitrógeno, uno de los cuales se une a un carbono (CASAFE, 2015).

A este grupo también pertenecen los imidazoles, las pirimidinas complejas, las piperazinas, las morfolinas y las guanidinas que tienen carácter surfactante, se pueden repartir en una interfase agua-lípido y generan una emulsión alterando la integridad de la membrana y afectando su selectividad (CASAFE, 2015).

Tabla 3: Clasificación de los fungicidas según su grupo químico y modo de acción.

Producto	Modo de Acción		Grupo químico	Ingredientes Activos	
Fungicidas	Inhibición de la biosíntesis de membrana celular	Síntesis de esteroides	Triazoles	Epoxiconazole Difenoconazole Miclobutanil	
	Inhibición de la respiración	Nivel mitocondrial	Metoxiacrilatos	Azoxistrobina	
	Inhibición de la biosíntesis de aa y proteínas	Síntesis de proteínas	Antibiótico hexapiranosil	Kasugamicina	
			Antibiótico glucopiranosil	Streptomicina	
	Múltiples sitios de acción			Ditiocarbamatos	Mancozeb Zineb
				Monometilditiocarbamatos	Metam sodio
				Ftalimida	Captan
				Cloronitrilo	Clorotalonil
				Inorgánico	Sales de cobre
				Inorgánico	Azufre

(Fuente: Elaboración propia en base a la clasificación de FRAC-Fungicide Resistance Action Committee-, 2017)

6.3.5 Otras clasificaciones

6.3.5.1 Origen

Pueden ser:

- Naturales
- Biológicos
- De síntesis química

Los plaguicidas naturales pueden ser a su vez, de origen mineral o vegetal. Entre los de origen mineral se pueden mencionar el azufre y los compuestos de cobre. Dentro de los de origen vegetal, la nicotina o el piretro, que ya no se usan, debido a su muy baja eficiencia.

Entre los productos biológicos están los constituidos por microorganismos muy específicos, como el *Bacillus thuringiensis*, que controla lepidópteros. También pueden ser sustancias producidas por microorganismos como la abamectina, acaricida e insecticida derivado de la bacteria del suelo *Streptomyces avermitiles*, tiene la característica de presentar movimiento translaminar en la hoja, es decir, atraviesa el limbo foliar, para controlar insectos que se encuentran en su interior. Por eso es recomendado para la polilla del tomate *Tuta absoluta*, y para gusanos minadores *Liriomyza* spp. en cucurbitáceas, entre otras.

El spinosad, derivado de la bacteria del suelo *Saccharopolyspora spinosa*, es otro insecticida biológico, también registrado para el control de la polilla del tomate y del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* en maíz, entre otras plagas en distintos cultivos. Sin embargo, la gran mayoría de los productos fitosanitarios usados en la actualidad son productos obtenidos por síntesis química (CASAFE, 2015).

6.3.5.2 Especificidad

Los productos fitosanitarios tienen diferente grado de selectividad sobre la plaga objetivo a controlar, pudiendo afectar de manera diferencial a otras especies, incluyendo al hombre (Pina, 2012).

Se clasifican en:

- **No selectivos o de amplio espectro**, sirven para combatir más de una plaga y tienen efectos nocivos sobre organismos no-objetivo.
- **Selectivos**, son específicos para una plaga particular, sin efecto o con un efecto bajo sobre organismos no objetivo (Zacharia, 2011).

6.3.5.3 Movilidad en la planta

- **De contacto**, son aquellos que si bien penetran en las células del vegetal, no son transportados por el sistema vascular de la planta, como por ejemplo los herbicidas paraquat y diquat.
- **Sistémicos** son aquellos que penetran en mayor o menor extensión en los tejidos de la planta y pueden ser transportados por el sistema vascular para ejercer su acción, tales como el 2, 4 D y el glifosato (Zacharia, 2011).

6.3.5.4 Formulación

Se refiere a como se presenta el producto comercial, puede ser una formulación líquida, sólida o gaseosa, con diversas variantes, tales como (CASAFE, 2015):

- **Gránulos Dispersables**

Gránulos que deben ser dispersados en agua y luego aplicados como suspensión.

- **Gránulos Encapsulados**

Gránulos que poseen una cobertura de protección para la liberación controlada de la o las sustancias activas.

- **Polvos Mojables**

Polvo que debe ser dispersado en agua, para luego aplicar como suspensión.

- **Suspensiones encapsuladas**

Suspensión estable de cápsulas en un fluido, para ser aplicada en las semillas en forma directa o diluida.

- **Emulsiones de aceite en agua**

Fluido heterogéneo, que consiste en una solución de plaguicida en un líquido orgánico, disperso en forma de finos glóbulos en una fase continua de agua.

- **Emulsiones de agua en aceite**

Fluido heterogéneo, que consiste en una solución de plaguicida en agua, dispersa en forma de finos glóbulos en una fase continua de líquido orgánico.

- **Concentrado emulsionable**

Líquido homogéneo, que se aplica como emulsión después de ser diluido en agua.

- **Fumigantes**

Gases comprimidos, pastillas o gránulos que al reaccionar con la humedad del ambiente, liberan gases por medio de una reacción química.

6.3.5.5 Toxicidad

Se entiende por toxicidad a la capacidad que tiene una sustancia de producir efectos deletéreos en un organismo vivo. Existen distintos criterios de clasificación toxicológica y etiquetado de productos fitosanitarios, que a su vez responden a distintos sistemas regulatorios (Pina, 2012).

En la República Argentina, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), es la autoridad que regula la clasificación y etiquetado de los productos fitosanitarios (CASAFE, 2015).

El SENASA ha adoptado las categorías toxicológicas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que clasifica a los productos formulados e ingredientes activos, según la toxicidad aguda dermal, asociada al riesgo de intoxicación por penetración dérmica, oral o riesgo de intoxicación por ingestión, y toxicidad inhalatoria (Resolución 302/2012).

La toxicidad aguda o peligrosidad del plaguicida, ha sido definida por la OMS como la capacidad de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto. Se mide a través de la Dosis Letal Media (DL₅₀), es decir, la cantidad de principio activo que en aplicación única mata al 50% de la población de animales del ensayo, usualmente ratas, expresada en miligramos por kilogramo de peso vivo (mg/kg. p.v.) debiendo constar la especie, el sexo y la vía de absorción. La DL₅₀ depende de varios factores y no representa valores absolutos, sino una idea de la magnitud de la toxicidad (Ramírez & Lacasaña, 2012).

En la Tabla 4 se muestran las categorías toxicológicas, con los distintos niveles de peligrosidad, organizados por bandas de color (rojo, amarillo, azul y verde) que deben figurar en la parte inferior de las etiquetas de los productos fitosanitarios, junto con la información ecotoxicológica, constando el peligro para aves, peces y abejas (CASAFE, 2015).

Tabla 4: Clasificación toxicológica de los productos fitosanitarios según riesgos en base a la DL₅₀ aguda (mg/kg p.v.), medida en ratas, de productos formulados.

Clase Toxicológica	DL ₅₀ Productos formulados	
	Oral	Dermal
Ia Sumamente peligroso	< 5	< 50
Ib Muy peligroso	5 a 50	50 a 200
II Moderadamente peligroso	>50 a 2000	>200 a 2000
III Poco peligroso	>2000 a 5000	>2000 a 5000
IV Normalmente no peligroso	> 5000	> 5000

(Fuente: Resolución 302 de SENASA, 2012).

Cuando la exposición a la sustancia tóxica es a través del agua o el aire, se mide la **Concentración Letal Media (CL₅₀)**, que es aquella concentración de ingrediente activo, expresada en mg/L que mata al 50% de los animales en exposición, en este caso también se usan ratas. La Clasificación Inhalatoria adoptada por el SENASA, tomada de la EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos, se observa en la Tabla 5.

Tabla 5: Clasificación según la toxicidad aguda Inhalatoria en ratas, de los productos fitosanitarios según la CL₅₀ aguda expresada en mg/L.

Clase Toxicológica	Inhalación (mg/L)
I Muy tóxico	= 0,2
II Nocivo	> 0,2 a 2
III Cuidado	> 2 a 20
IV	> 20

(Fuente: Resolución 302 de SENASA, 2012).

6.4 Destino ambiental de plaguicidas

El concepto de destino ambiental, hace referencia a la partición, no deseada, de un plaguicida en las distintas matrices ambientales. Es un concepto intrínsecamente asociado a factores dinámicos, ya que la adsorción, el transporte y la degradación son procesos que se dan simultáneamente en condiciones naturales. Además hay una gran variabilidad espacial y temporal de factores ambientales y de aplicación de plaguicidas, distintas dosis, concentraciones y frecuencias (Aparicio et al., 2015). En la Fig. 1 se observa un esquema que representa de manera general, la dinámica de distribución de los plaguicidas en los distintos compartimentos o matrices ambientales.

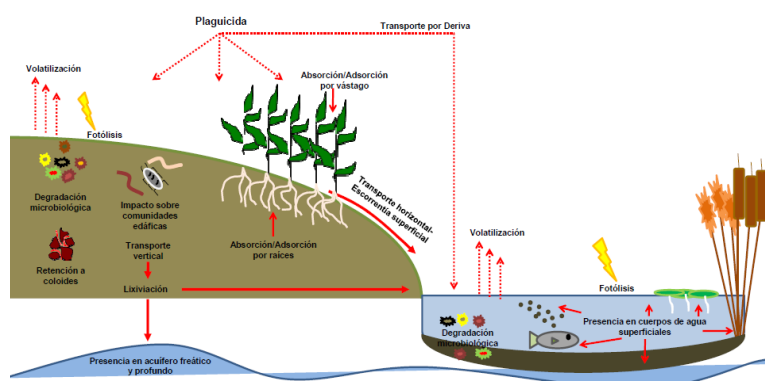


Figura 1: Esquema representativo del destino ambiental de los plaguicidas.

(Fuente: Aparicio et al., 2015)

6.4.1 Contaminación del suelo

El destino de un plaguicida en el ambiente edáfico está gobernado por los procesos de retención, transporte, degradación y la interacción entre ellos. Estos procesos son en parte, responsables de la disminución de la cantidad original aplicada de plaguicida. La predominancia de un proceso sobre otro va a depender de las propiedades físico-químicas de los plaguicidas y de las características del suelo. Una vez que ingresa al ambiente edáfico, el plaguicida se reparte entre las fases líquida, sólida y gaseosa (Aparicio et al., 2015).

Fase líquida

En esta fase puede ser transportado por el agua hacia horizontes más profundos, hasta llegar al agua subterránea. A su vez queda disponible para ser transformado química, física o microbiológicamente a otros compuestos.

Fase sólida

Son retenidos con distinta intensidad en coloides orgánicos (materia orgánica) e inorgánicos (arcillas) del suelo. En esta situación los plaguicidas pueden migrar transportados por el agua, en un proceso conocido como erosión hídrica, o transportados por el aire, proceso conocido como erosión eólica.

Fase gaseosa

Es incorporado a la atmósfera al volatilizarse desde el suelo o desde el agua (Aparicio et al., 2015).

6.4.2 Contaminación del agua

Aunque el suelo agrícola es el receptor inicial de los plaguicidas aplicados en el ambiente, los cuerpos de agua adyacentes a las áreas agrícolas suelen ser el receptor final (Damalas & Eleftherohorinos, 2011).

El transporte de plaguicidas a través del agua puede ocurrir por escorrentía, por infiltración y por deposición húmeda, en donde el contaminante que está en el aire es captado por las gotas de lluvia o forma parte de los núcleos de condensación. Los plaguicidas pueden de esta forma encontrarse en acequias, redes de drenaje, canales de riego, desagües pluviales, ríos y aguas subterráneas (Gravilescu, 2005).

6.4.3 Contaminación del aire

Todos los plaguicidas, independientemente del medio en el cual se apliquen, pueden ser potencialmente transportados por el aire. La emisión de plaguicidas a la atmósfera ocurre desde la canopia de la planta y desde la superficie del suelo. Influyen en este proceso la presión de vapor atmosférica, el calor de vaporización del plaguicida, los flujos de aire y el método de aplicación del plaguicida (Gravilescu, 2005).

Una vez en el aire, pueden ser transportados grandes distancias, ya sea que estén en sus formas volátiles, adheridos a pequeñas partículas de suelo o a la superficie de las hojas en las que fueron aplicados. Al disminuir la velocidad del aire, ocurre la deposición seca del plaguicida por acción de la gravedad. Sin embargo, muchas moléculas y pequeñas partículas permanecen en la atmósfera aun cuando el aire está relativamente quieto y suelen ser removidos cuando llueve por deposición húmeda (Gravilescu, 2005).

6.5 Relación entre las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas y la dinámica ambiental

La persistencia de los plaguicidas en el ambiente está relacionada con la eficiencia de los procesos de transformación en condiciones naturales, que incluyen la biodegradación, la fotodegradación y la hidrólisis química. Estas reacciones involucran la actividad enzimática de microorganismos, la luz ultravioleta y el pH del medio respectivamente. Por otro lado, el transporte está relacionado con las propiedades fisicoquímicas de estas sustancias. Así el coeficiente de partición octanol/agua (K_{ow}), el coeficiente de partición carbono orgánico/agua (K_{oc}), el índice de potencial de lixiviación y la presión de vapor de los plaguicidas, son medidas que ayudan a

determinar su destino en el suelo, en el agua o en el sedimento (Jekel & Reemtsma, 2006).

6.5.1 Coeficiente de partición octanol/agua K_{ow}

Es una medida de como una sustancia química se distribuye en dos solventes inmiscibles. Está relacionada directamente con la afinidad lipídica de los plaguicidas. Así, valores altos indican alta afinidad con la fracción lipídica, fácil transporte a través de las membranas biológicas y por lo tanto alto potencial de bioacumulación (Narváez et al., 2012).

$$K_{ow} = \frac{C_{octanol}}{C_{H2O}} \quad (1) \quad pK_{ow} = -\log K_{ow} \quad (2)$$

Dónde C: concentración molar de la sustancia.

Tabla 6: Interpretación de los valores de log K_{ow} según la afinidad por el tejido graso.

Log K_{ow}	Lipofilicidad
> 5	Muy alta
3,5 a 5	Alta
3 a 3,5	Media
1 a 3	Baja
< 1	Muy baja

Fuente: (FAO, 2000)

6.5.2 Coeficiente de adsorción de carbono orgánico K_{oc}

Es una medida de la tendencia de un compuesto a ser retenido por el sedimento o los complejos coloidales del suelo. También se denomina coeficiente de partición suelo:agua, ya que determina la movilidad de los compuestos, si el valor es alto el plaguicida se fija con firmeza en la materia orgánica del suelo o en los sedimentos acuáticos, si es bajo tiende a incorporarse en la columna de agua, donde puede migrar hacia los acuíferos o aguas superficiales (Narváez et al., 2012).

$$K_{oc} = K_d * \frac{100}{\%Oc} \quad (3) \quad \%Oc = \frac{\%MO}{1,72} \quad (4)$$

Dónde

K_d: Coeficiente de distribución suelo:agua C_s/C_{H₂O}; %O_c: Porcentaje de carbono orgánico; MO: Materia Orgánica. C_s: concentración de equilibrio del contaminante en el suelo; C_{H₂O}: concentración de equilibrio del contaminante en el agua.

El K_{oc} es específico para cada plaguicida y es sumamente independiente de las propiedades del suelo. Los valores van de 1 a 10.000.000, es por esta gran variabilidad que se recomienda usar el log K_{oc}.

Tabla 7: Interpretación de los valores de log K_{oc} según la movilidad de los compuestos en el suelo

Log K _{oc}	Clasificación
< 1	Sumamente móvil
1-2	Móvil
2-3	Moderadamente móvil
3-4	Ligeramente móvil
4-5	Escasamente móvil
> 5	No es móvil

Fuente: (FAO, 2000)

6.5.3 Constante de Henry

La volatilidad representa la tendencia del plaguicida de pasar a la fase gaseosa a una presión y temperatura determinadas desde el agua o el suelo húmedo. Un valor alto de la Constante de Henry, indica que un plaguicida tiene un potencial elevado para volatilizarse del suelo húmedo; un valor bajo predice un mayor potencial de lixiviación del plaguicida (Jenkins & Thomson, 1999).

$$H_c = \frac{p}{c} \quad (5)$$

Dónde

p: Presión de vapor del plaguicida en Pa; c: solubilidad en agua en moles.m⁻³

[H_c]: Pa.m³.mol⁻¹

Tabla 8: Clasificación de plaguicidas según su volatilidad

Volatilidad	Rangos de Hc (Pa.m ³ .mol ⁻¹)
No volátil	< 0,03
Baja volatilidad	0,03 - 1,01
Moderadamente volátil	1,01 – 101,3
Volátil	> 101,3

Fuente: (Adaptado de Jenkins & Thomson, 1999)

6.5.4 Solubilidad en agua

Es una medida que determina la máxima concentración de un plaguicida a disolverse en un litro de agua, por lo general tiene un rango de 1 a 100,000 mg/L y se mide a 20°C.

Tabla 9: Clasificación de los plaguicidas según su solubilidad medida en mg/L

Solubilidad	Clasificación
< 0,10	No es soluble
0,1–1	Ligeramente soluble
1–10	Moderadamente soluble
10–100	Fácilmente soluble
> 100	Sumamente soluble

Fuente: (FAO, 2000)

6.5.5 Vida media en el suelo DT₅₀

Es el tiempo requerido para que un plaguicida sea degradado en el suelo en condiciones aeróbicas, a la mitad del valor de su concentración inicial. Se mide en días, meses, años.

6.5.6 Vida media por Hidrólisis

Es el tiempo requerido para que un plaguicida se degrade a la mitad de su concentración inicial por la acción del agua.

6.5.7 Vida media por Fotólisis

Es el tiempo requerido para que un plaguicida expuesto a la luz solar se degrade a la mitad de su concentración inicial (Ramírez & Lacasaña, 2001).

Tabla 10: Clasificación de los plaguicidas según su degradabilidad en el suelo por transformaciones fisicoquímicas y biológicas.

DT₅₀	Clasificación
< 20	Fácilmente degradable
20–60	Bastante degradable
60–180	Ligeramente degradable
> 180	Muy ligeramente degradable

Fuente: (FAO, 2000)

Como resultado de estos procesos de degradación natural, puede ocurrir que el metabolito resultante tenga mayor toxicidad que el compuesto inicial, este proceso se denomina biomagnificación. El conocimiento de las reacciones de transformación y el impacto de metabolitos sobre la biota y los seres humanos son aún incipientes. Hay que tener en cuenta que las condiciones del sistema tales como la estabilidad térmica, el pH, la conductividad eléctrica, el potencial redox y la concentración de oxígeno alteran la interacción de los plaguicidas con el sedimento (Valderrama et al., 2012).

6.6 Riesgos para la salud

A pesar de que los plaguicidas se desarrollan a través de un proceso regulatorio estricto, con el fin de minimizar el impacto en la salud humana y el ambiente, se ha incrementado la preocupación respecto a los riesgos asociados a la salud. En especial de aquellos resultantes de la exposición ocupacional, en la que son los principales afectados los trabajadores agrícolas, los trabajadores de la industria química y toda persona que mezcla, carga, transporta y aplica plaguicidas formulados (Damalas & Eleftherohorinos, 2011). El nivel de exposición y el riesgo de intoxicación aguda en estos grupos son mayores, debido al contacto continuo y estrecho con los productos químicos (Ramírez & Lacasaña, 2001).

La población en general, está expuesta a la intoxicación a través del consumo de alimentos, tanto de origen vegetal (frutas, verduras, cereales, leguminosas) como animal (carne bovina, porcina, pescado, productos lácteos, huevo, etc.) y en menor medida a través del agua y el aire contaminados. En general, estas fuentes, generan intoxicaciones crónicas. Otra fuente de exposición son los productos industrializados de uso cotidiano que contienen o son plaguicidas en sí mismos y afectan de manera directa o indirecta al ser humano. Se afirma que no hay segmento alguno de la población que

esté exento a la exposición de estos compuestos y a sus potenciales efectos nocivos sobre la salud (Ramírez & Lacasaña, 2001).

6.6 Vías de Intoxicación.

Las vías de entrada de compuestos químicos al organismo pueden ser varias y simultáneas, siendo las más comunes la vía dérmica, la digestiva y la respiratoria. En el ámbito laboral la vía dérmica es la más importante, pues a través de ella y en función de la superficie de piel expuesta, se absorben cantidades significativas de diversos plaguicidas. Una vez absorbidos, los plaguicidas liposolubles difunden a través de los componentes grasos de la piel y la sangre, mientras que aquellos con moléculas hidrosolubles lo hacen a través del material proteico intracelular (Ramírez & Lacasaña, 2001).

En la población general la vía de absorción más importante es el aparato digestivo a partir de la ingestión de alimentos y agua contaminados, como ya se mencionó. La ingestión deliberada o accidental es relativamente poco frecuente (Ramírez & Lacasaña, 2001).

En el ámbito laboral el uso de fumigantes en forma de gases, polvos, vapores y nebulizaciones, las pulverizaciones, de productos líquidos o los espolvoreos de sólidos, colocan a la vía respiratoria como la segunda en importancia. La fineza y delgadez del epitelio alveolar favorece el intercambio de gases en el pulmón; sin embargo, también permite una rápida y eficiente absorción de plaguicidas, que por vía aérea son captados rápidamente hacia el torrente sanguíneo. En la población general la vía aérea es también otra importante ruta de absorción. La frecuente aplicación de plaguicidas en zonas de cultivo por vía aérea, su arrastre por el viento hacia zonas aledañas y el uso común en el hogar de productos en aerosol favorecen la presencia del producto en el ambiente de forma continua y en pequeñas cantidades (Ramírez & Lacasaña, 2001).

7 Metodologías de evaluación de impacto ambiental (EIA) de plaguicidas

Son medidas o estimaciones de las consecuencias que tienen las acciones de manejo sobre uno o más parámetros ambientales. Pueden ser métodos para identificar cambios en el ambiente o herramientas para la toma de decisiones, que también evalúan la magnitud y significancia de esos cambios.

Existen tres tipos básicos de estudios de impacto ambiental:

1. Muestreo, monitoreo y seguimiento de cambios en indicadores biofísicos

Permiten la caracterización de los recursos naturales, pero los costos son altos y los resultados carecen de flexibilidad para la extrapolación.

2. Simulación de Efectos sobre el Medio Ambiente

Los modelos de simulación varían en su enfoque y complejidad (Addiscott & Wagenet, 1985), tienen una amplia variedad de usos en educación, regulación e investigación. Su validez depende de la situación a evaluar: un modelo empleado en una situación diferente a la que ha sido probada como aplicable, pasa a ser una hipótesis o parte de esta en el estudio de impacto ambiental (Riha et al., 1998).

3. Clasificación de los plaguicidas según su alcance y gravedad del impacto sobre uno o más indicadores ambientales

Describen un sistema genérico de índices, en donde existen umbrales biológicos y ecológicos de una variable ambiental, usados para definir categorías de impacto. Su empleo es flexible y permite comparar impactos de opciones similares, como plaguicidas, prácticas de manejo, zonas agrícolas y sistemas de producción (Levitan, 1997; Riha et al., 1998).

El monitoreo ambiental implica la medición directa de los plaguicidas en distintas matrices tales como aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas de drenaje, suelos, material particulado y alimentos. Presentan dificultades metodológicas, debido a la complejidad del sistema analizado, sumado a razones prácticas de costo y tiempo (Damalas & Eleftherohorinos, 2011). La detección y cuantificación de trazas de plaguicidas en las distintas matrices requieren de métodos analíticos altamente sensibles y específicos. Se usan técnicas cromatográficas líquida (CL) y gaseosa (CG), que requieren equipos costosos, personal altamente calificado y un previo tratamiento de las muestras. En la actualidad se acopla la espectrometría de masas con cromatografía líquida de ultra alta resolución, UHPLC (De Gerónimo *et al.*, 2014).

Existen numerosos indicadores de riesgo basados en información toxicológica y en las características físico-químicas de los plaguicidas en la literatura, que sirven de guía tanto para el uso de los agricultores, como para la implementación de políticas de desarrollo. Aunque existe incertidumbre en cuanto a la capacidad de estos indicadores para estimar la toxicidad, proveen de forma rápida y sencilla información valiosa, cuando se los compara con los monitoreos, muestreos y análisis de plaguicidas en las distintas matrices ambientales (Muhammetoglu, Darmaz & Uslu, 2010).

Capítulo III: CINTURÓN VERDE DE LA PROVINCIA DE MENDOZA

8 Localización

El Cinturón Verde está formado por las áreas irrigadas de los departamentos de Guaymallén (Distritos Km 8, La Primavera, Colonia Segovia, Corralitos y Rodeo la Cruz), Maipú (Distritos Rodeo del Medio, San Roque, Fray Luis Beltrán y parte de Coquimbó) y Lavalle (Distritos Las Violetas, El Vergel y La Pega). Constituye un agro ecosistema diversificado, orientado principalmente hacia la producción hortícola para mercados en fresco (Van den Bosch & Ruggeri, 2014).

En la Fig. 2 se observa la provincia de Mendoza y el área de estudio con los distritos que forman parte del presente trabajo.

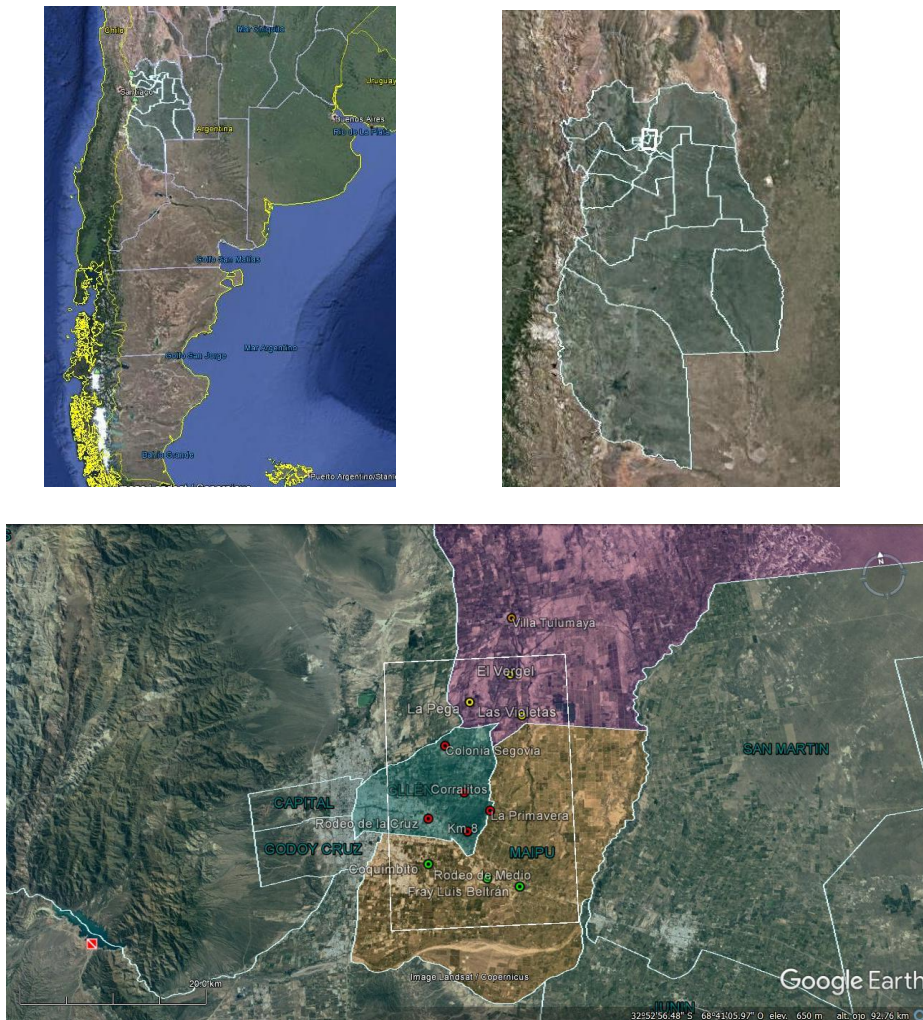


Figura 2: Ubicación del área de estudio.

(Fuente: Google Earth)

9 Clima

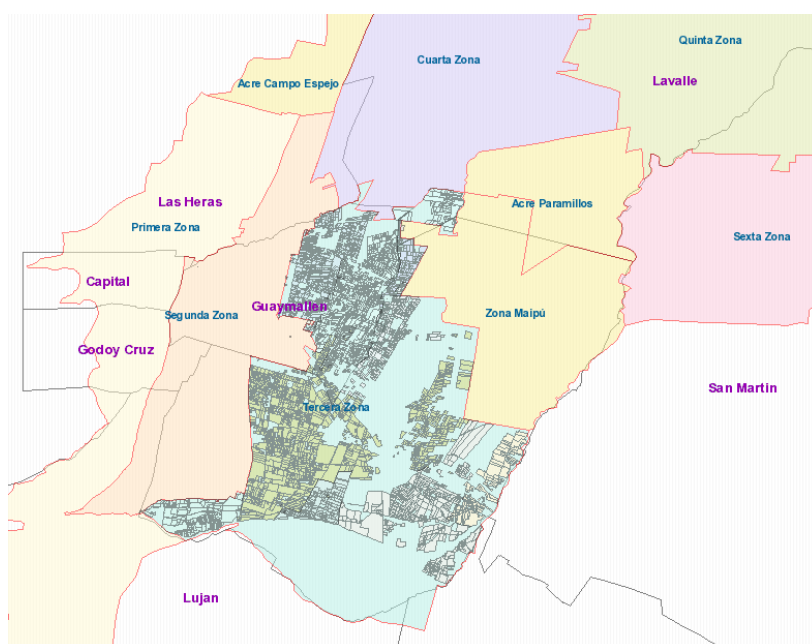
El clima de la zona central de la cuenca del Río Mendoza, en dónde está localizado el oasis, es desértico, cálido moderado en la llanura y templado en la zona precordillerana. Las precipitaciones presentan un régimen monzónico, con un valor medio anual de 224 mm. Esto significa que, las lluvias ocurren con mayor frecuencia e intensidad en los meses de verano, coincidiendo a su vez con el período de mayor evapotranspiración. La combinación de precipitaciones y evapotranspiración hace que prácticamente en todo el territorio la agricultura solo sea posible a través del riego (FAO, 2004).

10 Sistema de riego y calidad del agua

En Mendoza, las actividades agrícolas, urbanas e industriales se asientan en cinco áreas bajo riego, correspondientes a las cuencas de los ríos Mendoza, Tunuyán, Atuel, Diamante y Malargüe. El oasis norte es el más desarrollado de la Provincia con contribuciones del Río Mendoza. Posee unas 116.000 ha sistematizadas para el riego, de las cuales se riegan 75.000 ha, un 35% lo hace con agua superficial, un 30% con agua subterránea y el 35% restante utiliza ambos recursos (Bermejillo et al., 2008).

El río Mendoza presenta un caudal medio anual de 50 m³/s. Además el oasis cuenta con el valioso aporte del acuífero subterráneo. En la transición entre los acuíferos libre y confinado, existe un área de surgencia de unos 250 km², con más de 1.600 perforaciones cuya profundidad varía entre 70 y 250 m, extrayéndose un volumen promedio de 380 hm³/año. Bajo la superficie se almacenan unos 15.000 hm³; esta reserva hídrica es un recurso complementario en años hidrológicos pobres, por lo que se debe preservar de la contaminación, salinización y sobreexplotación (Bermejillo et al., 2008).

El cinturón verde se ubica en la 3^a Zona de Riego del Río Mendoza, como se observa en la Fig. 3, en donde además están marcadas las parcelas con derecho a riego superficial. La zona correspondiente al departamento de Maipú está irrigada por el Canal Chachingo, el departamento de Guaymallén por la Hija Nueva Sánchez, y Lavalle por la Hija Montenegro.



**Figura 3: Parcelas con derecho a riego en la tercer zona de riego del Río Mendoza.
(Fuente: Departamento General de Irrigación)**

Estudios realizados en el período 1999-2008, muestran un creciente aumento de la salinidad a medida que se avanza en la red de riego (Ver Fig. 4), desde la ruta 60, pasando por el Canal Chachingo, hasta la Higuera Montenegro debido al agua de drenaje de las fincas cercanas. Estas tienen valores que superan los 2.000 dS.m^{-1} , siendo el máximo tolerable 1.800 dS.m^{-1} (Resolución 778/96 DGI), alcanzando hasta 5.870 dS.m^{-1} en primavera, cuando los productores realizan prácticas que lixivian las sales del suelo agrícola antes de iniciar el nuevo ciclo (Bermejillo et al., 2008).

La gran mayoría de las aguas superficiales pueden clasificarse, según el sistema de Thorne y Peterson, como C3, de salinidad media. Las aguas de perforaciones, si bien presentan valores más bajos de conductividad eléctrica, se clasifican en la categoría C3. Las aguas de drenaje que se reutilizan para riego están en la categoría C4, es decir, alta salinidad. Los valores de pH están comprendidos entre 7 y 8, normales para las aguas de Mendoza, encontrando valores inferiores en el canal Pescara. Los metales pesados han aumentado levemente su concentración, el Cadmio es el que más ha superado el límite máximo previsto (Bermejillo et al., 2008).

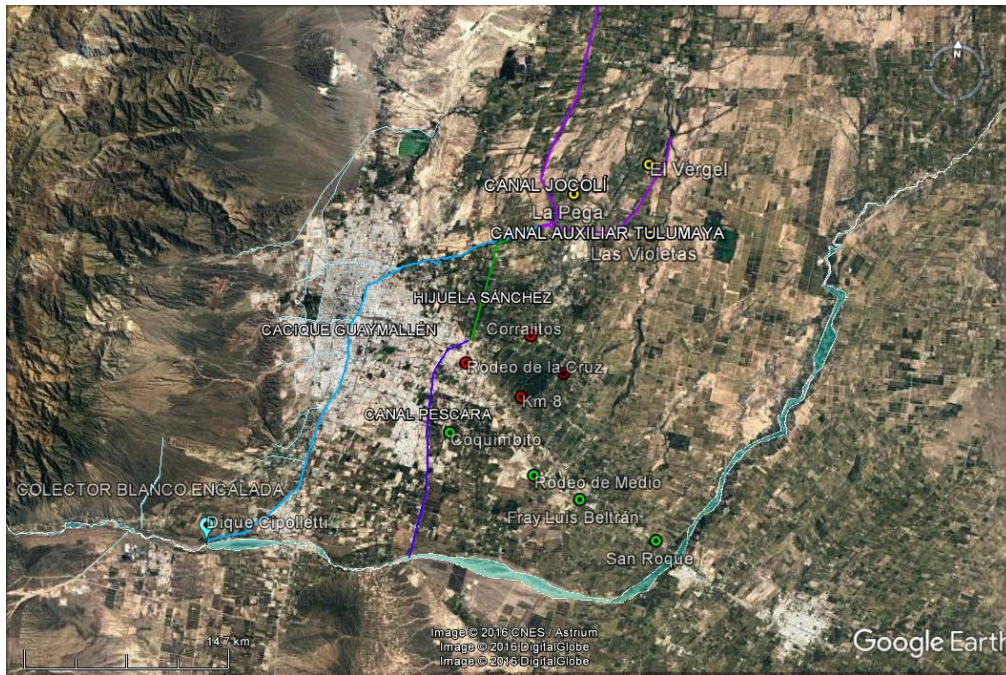


Figura 4: Red de riego del Cinturón Verde Mendoza.
(Fuente: Google Earth, 2017)

11 Suelos y Vegetación

Los suelos de la provincia de Mendoza no presentan horizontes genéticamente diferenciados, sino capas resultantes de la deposición coluvial, aluvial, eólica o lacustre del material madre. La vegetación no juega un rol importante como formadora de suelos, debido a las características climáticas, pero sí es un agente de protección contra la acción erosiva del viento y del agua (Romanella, 1957).

En la mayor parte del área irrigada del Cinturón verde, los suelos pertenecen al orden de los Entisoles, de escaso desarrollo y al suborden fluvente. Los torrifluventes típicos, característicos del área (Ver Fig. 5), se desarrollan sobre sedimentos recientes depositados por ríos. Estos son suelos minerales generalmente de climas áridos y régimen de humedad tórrido, sin horizontes bien definidos, de poca profundidad y con un gran contenido de piedras en superficie (Regairáz, 2000). En algunos sectores, encontramos en el perfil del suelo capas pétreas de tosca, calcáreas y/o yesosas, originadas por acumulaciones de sales antes disueltas en el agua capilar, como también sedimentos turbosos y arcillas verdes o rojizas originadas en antiguos pantanos y lagunas que ocupaban vastos sectores: Km 8, La Primavera y Corralitos, estos distritos poseen suelos de gran aptitud agrícola, con alto contenido de materia orgánica (Maffei & Bueno, 2011).

En la cuenca del Río Mendoza los suelos pueden dividirse de acuerdo a la topografía, en Zona Alta, Zona de Transición y Zona Baja. El departamento de Maipú pertenece a la Zona Alta, con pendientes promedios entre 2,5 al 1% y suelos con buenas condiciones de drenaje. La vegetación del monte natural es la estepa arbustiva clímax de la Provincia Fitogeográfica del Monte, dominada por jarillas del género *Larrea* (*L. divaricata*, *L. cuneifolia*, *L. nitida*), mientras que en los cultivos son comunes malezas invasoras como *Convolvulus arvensis*, “correhuela”, *Cynodon dactylon* “chépica” y *Wedelia glauca*, “clavel amarillo”.

En la Zona de Transición se ubica el departamento de Guaymallén con pendientes de entre 0,8 y 2%, los suelos reciben drenajes de la Zona Alta, son más heterogéneos, poseen influencia de la freática y presentan salinización progresiva. Es común observar *Phragmites communis*, “carrizo”, *Cortaderia dioica*, “cortadera”, *Juncus acutus* “junco” y *Tamarix gallica*, “tamarisco” en lugares inundados o revenidos. En suelos húmedos y salinos es común *Distinchlis spitaca*, “pasto salado”, *Pseudobaccharis apartiboides* “pichana” y *Prosopis strombulifera*, “retortuño”. Mientras que en suelos secos y salinos predomina *Atriplex lampa*, “zampa”.

En la Zona Baja, que corresponde al departamento de Lavalle, la pendiente promedio oscila entre 0,2 y 0,1%, los suelos está marcadamente influidos por la freática, hay acumulación de sales por capilaridad, concreciones salinas en el perfil, escurrimiento superficial escaso y drenaje prácticamente nulo. Las especies vegetales predominantes son halófilas, tales como *Salicornia ambigua*, “vinagrillo”, *Allenrolfea vaginata*, “jume” y *Suaeda divaricata*, “vidriera” (Romanella, 1957).

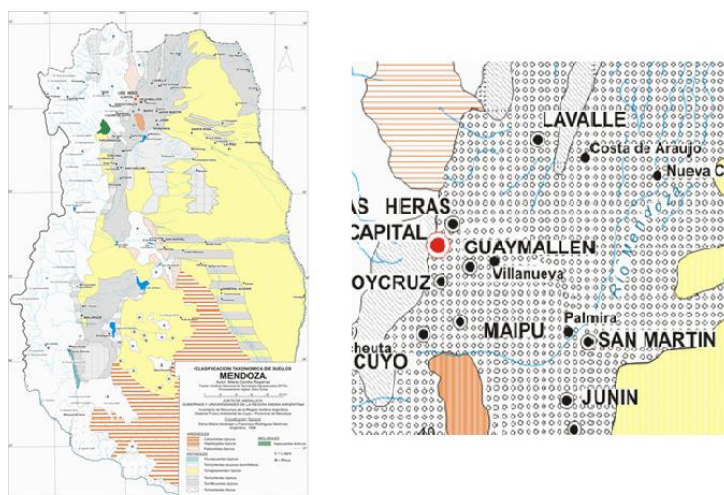


Figura 5: Clasificación taxonómica de suelos del Cinturón Verde Mendoza.
(Fuente: Regairáz, 2000)

12 Aspectos socioeconómicos

12.1 Producción hortícola Nacional y Provincial

La producción de hortalizas en Argentina se caracteriza por su amplia distribución geográfica y por la diversidad de especies que produce, posible gracias a la variedad de climas y aptitudes de suelo. Encontramos horticultores en todas las provincias del país y sus sistemas de producción son en su mayoría de origen familiar (IDR, 2015).

La horticultura es una actividad intensiva, ocupa en general menor superficie que otras actividades agrícolas pero aporta gran valor agregado. De las alrededor de 30 millones de hectáreas agrícolas del país, solo el 2% se destinan a la producción hortícola, sin embargo representa alrededor del 11 % del producto bruto agrícola del país. La superficie implantada varía de año en año, dado que gran parte de los cultivos son anuales. La horticultura nacional abarca alrededor de 600.000 hectáreas, ocupa alrededor de 10 millones de jornales y produce de 8 a 10 millones de toneladas de hortalizas al año. Especies como ajo, batata, cebolla, lechuga, papa, pimiento, poroto seco, tomate, zanahoria y zapallo, concentran más del 85 % del valor de la producción (Galmarini, 2009).

Alrededor del 93 % de la producción nacional de hortalizas se destina al mercado interno y el 7% se exporta, principalmente ajo, cebolla y poroto seco. El 90 % de la producción nacional se consume en fresco y se comercializa en mercados mayoristas, verdulerías e hipermercados, el restante 10 % se industrializa, el destino más importante es la industria conservera (Galmarini, 2009).

Existe una gran diversidad de estratos productivos, desde pequeños productores hasta grandes empresas y en general una escasa organización sectorial. Esto último es más notable en el sector de producción de hortalizas ubicado en los cinturones periurbanos. La mayoría de las ciudades argentinas con más de cien mil habitantes se caracteriza por contar con un Cinturón Verde de abastecimiento de hortalizas. En general se trata de explotaciones pequeñas o medianas, cuya principal ventaja competitiva es la cercanía al mercado consumidor, lo que le permite producir aunque agroclimáticamente no sean las zonas más aptas. Se destacan, en cuanto al volumen producido, los cinturones hortícolas del Área Metropolitana de Buenos Aires, incluida La Plata, Rosario, Córdoba, Mar del Plata, Mendoza y Tucumán (Galmarini, 2009).

Esa producción periurbana está sumida en una grave problemática que va desde la falta de inocuidad de los productos, debido a numerosas fuentes de contaminantes, hasta la falta de sustentabilidad de los sistemas productivos (Galmarini, 2009).

Mendoza ocupa el segundo lugar, luego de Buenos Aires, en importancia de superficie cultivada con hortalizas a nivel nacional y constituye la tercera actividad agrícola de la provincia, después de la vid y los frutales (IDR, 2015). En cuanto a volumen de producción, Buenos Aires, Córdoba y Mendoza concentran un poco más de la mitad de la producción nacional, con el 22%, 16% y 13% respectivamente (Fernández, 2012).

La provincia cuenta con unas 3.800 Explotaciones agropecuarias (EAP) con parcelas que se dedican a la horticultura de las cuales 73 % corresponden al estrato entre 0 y 5 ha cultivadas, 14 % entre 5 y 10 ha y tan solo el 0,6 % al estrato entre 50 a 100 hectáreas (IDR, 2015). La mayor proporción de parcelas cultivadas menores a 5 ha se encuentran en el Cinturón Verde, en el que se destaca Guaymallén, con el 91 % las parcelas horticolas menores a 5 hectáreas (IDR, 2011).

12.2 Modelos Productivos del Cinturón Verde Mendoza

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en el marco del Proyecto Regional con Enfoque Territorial “Contribución al desarrollo sostenible del Cinturón Verde de Mendoza”, analiza un total de 3.118 EAP, que comprenden cultivos de vid, hortalizas, olivos y frutales, con una extensión de 26.150 hectáreas cultivadas. Estas unidades de producción se agruparon en 16 modelos socioprodutivos, como se observa en la Fig. 6, de los cuáles 5 cultivan exclusivamente hortalizas, 2 tienen sistemas mixtos, horticola-vitícola y horticola-olivícola. En este trabajo se evalúa el impacto ambiental de la aplicación de plaguicidas en la totalidad de los sistemas horticolas, tanto puros como mixtos, que abarcan un total de 1.283 EAP y 9.288 hectáreas cultivadas.

Se describen los modelos socioprodutivos horticolas presentes en el Cinturón Verde de Mendoza (1-7), contruidos por la Ingeniera Agrónoma María Eugenia Van den Bosch. Estos fueron estructurados en torno a tres variables: el cultivo principal, la superficie implantada y el tipo de mano de obra, para lo cual el profesional citado se basó en datos del CNA 2008, complementados mediante talleres de validación participativa con productores e ingenieros agrónomos extensionistas.

Se dice que una EAP⁵ (Explotación Agropecuaria) pertenece a determinado modelo productivo puro, cuando la actividad que lo identifica, determinada por el cultivo

⁵ La EAP es la unidad de organización de la producción, con una superficie no menor a 500 m², dentro de los límites de una misma provincia que, independientemente del número de parcelas que la integren:
1. Produce bienes agrícolas, pecuarios o forestales destinados al mercado

principal, ocupa el 70% o más de la superficie cultivada. Un modelo se considera mixto cuando el cultivo predominante ocupa más del 40% y menos del 70% y supera al resto que se denominan asociados (Miranda, Valenzuela & Van den Bosch, 2006).

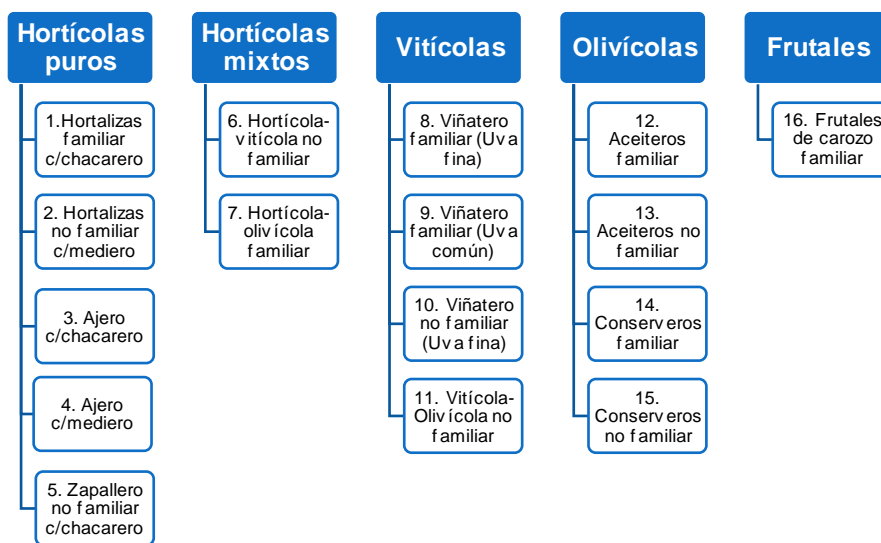


Figura 6: Modelos productivos del Cinturón Verde de la provincia de Mendoza.

A continuación se describen los modelos productivos hortícolas teniendo en cuenta los cultivos con frecuencia modal y haciendo énfasis en las principales plagas y enfermedades presentes en la zona, con la correspondiente estrategia fitosanitaria aplicada comúnmente por los productores. La descripción completa de cada estrategia fitosanitaria es necesaria para luego poder evaluar el impacto ambiental mediante el cálculo del EIQ, contextualizar el análisis a la realidad de cada grupo de productores y proponer acciones tendientes a alcanzar la sustentabilidad de estos sistemas agrícolas.

La tipología del productor, esto es, el criterio con el cual se agrupan los productores en una categoría de sistema socioproductivo, está basada en tres variables: los tipos de cultivo y sus combinaciones, la organización social del trabajo, que incluye el tipo de salario, la gestión del trabajo dentro del sistema productivo, y la capitalización.

En la producción hortícola del Cinturón verde de la provincia de Mendoza encontramos productores familiares, donde predomina la mano de obra familiar y productores no familiares, cuando la mano de obra asalariada en todas sus formas supera a la familiar no remunerada.

-
2. Tiene una Dirección que asume la gestión y los riesgos de la actividad productiva
 3. Utiliza en todas las parcelas que la integran, los mismos medios de producción de uso durable y parte de la misma mano de obra (INDEC, 2009)

En lo que se refiere a organización del trabajo, es común la organización de los trabajos con presencia de un chacarero, un mediero y productor residente. En el primer caso, el chacarero aporta el total de la mano de obra y percibe un porcentaje, entre el 20 y el 35% de lo que produce, vendido a precio de referencia, además no participa en la planificación de los cultivos, que está a cargo del propietario. En el segundo caso el mediero aporta el total de la mano de obra y el 50% de los insumos, mientras que el propietario aporta la maquinaria y el terreno, en este caso la planificación es conjunta, el mediero puede vender de manera independiente la producción y quedarse con el 50% de la misma. En el último caso el productor reside con su familia en la propiedad y la unidad familiar realiza la gestión financiera y planificación de cultivos (Van den Bosch & Ruggeri, 2014).

13. Estrategias Fitosanitarias

13.1 Modelo 1: Productor de hortalizas frescas con chacarero

El productor reside con su familia y realiza la gestión de la finca. Hay 629 EAP distribuidas en Fray Luis Beltrán, Km 8, Rodeo del Medio y La Primavera. La frecuencia modal⁶ es dos especies cultivadas por EAP, siendo las más recurrentes acelga y lechuga. Además, en otras se cultiva remolacha, tomate perita, choclo y repollo. Se consideran 2 ha implantadas por EAP⁷.

La acelga se cultiva dos veces por año, las variedades de invierno y de verano, con siembras escalonadas cada 20 días. La unidad productiva de acelga alcanza los 50 a 100 surcos. La principal plaga es el “taladrillo” *Liriomyza* spp. y las enfermedades fúngicas más comunes son la “roya” *Uromyces* spp., la “viruela” *Cercospora beticola* y el “oídio” *Erisiphe betae*.

En enero, al inicio del ciclo de cultivo, se realizan pulverizaciones cada dos semanas con pulverizadora de mochila, en donde se hace una mezcla de clorpirifos con mancozeb. Luego, con pulverizadora montada en tractor, se aplica cipermetrina + clorpirifos cada dos semanas también. En ambos cultivos de hoja se pulveriza oxiclورو de cobre tanto en verano como en invierno.

⁶ Las especies modales definen el modelo socioproductivo y la estrategia fitosanitaria que se aplica.

⁷ Este valor resulta de una simplificación de los datos de superficie implantada por EAP del CNA 2008. Se eliminan valores atípicos de la distribución y se toman en cuenta las medidas de posición media y mediana para arribar a ese valor. Esta superficie es muy variable dadas las características de los cultivos, la mayoría de ciclo anual, cambiando tanto la proporción de especies cultivadas como la superficie total cultivada de un año al otro, existiendo a su vez gran heterogeneidad dentro de los modelos. Se contempla que la superficie implantada por modelo sea acorde a la realidad del mayor número de productores.

Las siembras de lechuga se escalonan también cada 20 días. En general, se plantan de 200 a 300 surcos. La plaga más frecuente es el “pulgón” *Hyperomyzus lactucae* y en verano la enfermedad más frecuente es el “mildiu”, *Peronospora farinosa*. Se usa pulverizadora de mochila para aplicar pendimentalin como herbicida pre emergente. Se aplica imidacloprid, clorpirifos y cipermetrina para combatir el pulgón. En la [Tabla 11](#) se presentan los ingredientes activos, con sus correspondientes dosis recomendadas según el CASAFE, el volumen de pulverización⁸ y frecuencia de aplicación durante el ciclo de cultivo.

Tabla 11: Estrategia Fitosanitaria aplicada por los productores pertenecientes al Modelo 1.

IA	DOSIS	%A	VP (L.ha ⁻¹)	FA
Acelga verano				
<i>Clorpirifos</i>	160 cm ³ .hL ⁻¹	48	500	2
<i>Mancozeb</i>	200 g.hL ⁻¹	80		2
<i>Cipermetrina + Clorpirifos</i>	150 cm ³ .hL ⁻¹	5 + 50		2
<i>Zineb</i>	250 g.hL ⁻¹	70		1
<i>Oxicloruro de Cu</i>	400 g.hL ⁻¹	84		1
Acelga invierno				
<i>Oxicloruro de Cu</i>	400 g.hL ⁻¹	84	200	1
Lechuga invierno				
<i>Oxicloruro de Cu</i>	400 g.hL ⁻¹	84	300	2
<i>Imidacloprid</i>	25 g.hL ⁻¹	70		2
Lechuga verano				
Pendimentalin	2 L.ha ⁻¹	50	300	1
<i>Cipermetrina + Clorpirifos</i>	150 cm ³ .hL ⁻¹	5 + 50		4
<i>Oxicloruro de Cu</i>	400 g.hL ⁻¹	84		2
<i>Imidacloprid</i>	25 g.hL ⁻¹	70		2

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

⁸ El EIQ se calcula con las dosis expresadas en L o Kg Ha⁻¹, según la formulación líquida o sólida del fitosanitario. Las dosis expresadas en el marbete como [Volumen plaguicida % Volumen agua] o [Peso plaguicida % Volumen agua], deben multiplicarse por el [Volumen pulverización agua/Unidad de superficie], aplicando más producto, al aumentar el volumen de agua empleado. Aquellas directamente expresadas en [Volumen plaguicida/Unidad de superficie] o [Peso plaguicida/Unidad de superficie], no dependen del volumen de agua pulverizado, se deben aplicar en la dosis por hectárea recomendada.

13.2 Modelo 2: Productor de hortalizas frescas con mediero

El 90% de los productores son residentes y el 10% trabaja con mediero. Hay 163 EAP, de las cuales el 42% posee más de una finca. Están distribuidas en Corralitos, Fray Luis Beltrán, Rodeo del Medio, Rodeo de la Cruz, Km 8 y La Primavera. La frecuencia modal es de 4 especies por explotación, las especies modales son acelga, lechuga morada, lechuga arrepollada y tomate perita. Siguen en importancia el repollo, choclo, cebolla de bulbo, remolacha, tomate redondo, espinaca, cebolla de verdeo, berenjena, ajo morado y coliflor. Este grupo de productores posee 4 ha implantadas por EAP.

En acelga se siembra semilla nacional, variedad Verde de Pencas Anchas, en lechuga se hacen plantines en vivero con semillas importadas y en tomate también, a campo es común el soporte en espaldero. El cultivo bajo cubierta existe, pero no está generalizado.

Las plagas más frecuentes en acelga y lechuga son el “taladrillo” *Liriomyza* spp. y el “pulgón” *Hyperomyzus lactucae*. En verano son frecuentes los hongos, en particular el “mildiu” *Peronospora farinosa*. En tomate las principales plagas son la “polilla del tomate” *Tuta absoluta* y las “moscas blancas del tomate”, *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporarum*. Las enfermedades fúngicas que lo afectan son el “tizón”. *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans* y el “oídio” *Erysiphe* spp., *Leveillula taurica*.

En lechugas y acelga la estrategia fitosanitaria usada es la misma que la descrita en el modelo 1 y que se detalla en la [Tabla 12](#). La correspondiente al tomate se presenta en la [Tabla 13](#), consiste en aplicaciones con pulverizadora de mochila de una mezcla de captan, kasugamicina, imidacloprid y fertilizante foliar de octubre a diciembre. En enero se aplica con pulverizadora montada Azoxistrobina + Difenconazole para combatir los hongos, clorfenapir y metoxifenocida para combatir la “polilla del tomate” y la “mosca blanca del tomate”. Para controlar malezas se usa metribuzin.

Tabla 12: Estrategia fitosanitaria aplicada por los productores pertenecientes al Modelo 2.

IA	DOSIS	%IA	VP (L.ha ⁻¹)	FA
Tomate				
<i>Clorpirifos</i>	0,15 L.hL ⁻¹	48	300	1
<i>Imidacloprid</i>	25 g.hL ⁻¹	70		4
<i>Captan</i>	150 g.hL ⁻¹	80	400-500	6
<i>Kasugamicina</i>	250 cm ³ .hL ⁻¹	2		3
<i>Cipermetrina + Clorpirifos</i>	150 cm ³ .hL ⁻¹	5 + 50		8
<i>Mancozeb</i>	200 g.hL ⁻¹	80		4
<i>Metribuzin</i>	0,7 L.ha ⁻¹	48		2
<i>Azoxistrobina + Difenconazole</i>	650 cm ³ .ha ⁻¹	20 + 12,5	600	2
<i>Metoxifenocide</i>	50 cm ³ .hL ⁻¹	24		2
<i>Clorfenapir</i>	50 cm ³ .hL ⁻¹	24		2

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

13.3 Modelo 3: Ajeros con chacarero

El 75% de los productores son residentes con chacarero y el otro 25% trabaja con mediero. Hay 214 EAP, el 20% con más de una finca. Están distribuidas en los distritos de Fray Luis Beltrán, Rodeo del Medio, San Roque y El Vergel. La frecuencia modal es de dos especies por explotación, se cultiva principalmente ajo en sus variedades morado, blanco, colorado y tomate perita. Con menor frecuencia se realizan cultivos de cebolla, zapallo, lechugas y acelga. Los productores pertenecientes a este modelo cuentan con una superficie implantada de 5 ha por EAP.

En ajo el principal problema sanitario son los “nematodos” *Ditylenchus dipsaci*, que constituye la plaga más peligrosa a nivel económico, razón por la cual es oportuno realizar análisis de su presencia, tanto en suelos como en semillas (Burba, 2003). Sin embargo no se realiza ningún control. Se aplica pendimentalin como herbicida preemergente en febrero, empleando para esto una pulverizadora montada con botalón. Se realizan aplicaciones de bromoxinil y setoxidim para controlar malezas durante el mes de agosto. En tomate perita se aplican los mismos productos que en el modelo 2, en la [Tabla 13](#) se muestra la estrategia fitosanitaria correspondiente a los dos cultivos modales del modelo 3.

Tabla 13: Estrategia fitosanitaria aplicada por los productores pertenecientes al modelo 3.

IA	DOSIS	%IA	VP (L.ha ⁻¹)	FA
Ajo				
<i>Pendimetalin</i>	3 L.ha ⁻¹	50	400	1
<i>Mancozeb</i>	200 g.hL ⁻¹	80	600	2
<i>Bromoxinil</i>	1,5 L.ha ⁻¹	35		1
<i>Setoxidim</i>	1,5 L.ha ⁻¹	18		1
Tomate perita				
<i>Clorpirifos</i>	160 cm ³ .hL ⁻¹	48	300	1
<i>Imidacloprid</i>	25 g.hL ⁻¹	70		4
<i>Captan</i>	150 g.hL ⁻¹	80	300-400-500	6
<i>Kasugamicina</i>	250 cm ³ .hL ⁻¹	2		3
<i>Cipermetrina + Clorpirifos</i>	150 cm ³ .hL ⁻¹	5 + 50	400-500	8
<i>Clorotalonil</i>	2,5 L.ha ⁻¹	72		4
<i>Metribuzin</i>	0,7 L.ha ⁻¹	48		2
<i>Azoxistrobina + Difenconazole</i>	650 cm ³ .ha ⁻¹	20 + 12,5	600	2
<i>Metoxifenocide</i>	50 cm ³ .hL ⁻¹	24		2
<i>Clorfenapir</i>	50 cm ³ .hL ⁻¹	24		2

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

13.4 Modelo 4: Ajeros con mediero

El productor es residente y trabaja con mediero. Hay 107 EAP distribuidas en Fray Luis Beltrán, Rodeo del Medio, San Roque y El Vergel. La frecuencia modal se ubica en tres especies por EAP, siendo los cultivos más recurrentes ajo morado, cebolla y zapallo. Además se cultiva tomate perita, lechugas y acelga. Los productores cuentan con 12 ha implantadas por EAP.

Las plagas principales tanto en ajo como en cebolla son los “nematodos” *Ditylenchus dipsaci* y los “trips” *Thrips tabaci*. Algunas enfermedades fúngicas frecuentes en ajo son la “mancha púrpura” *Alternaria porri* y el “tizón” *Stemphylium versicarium*. Mientras que en cebolla podemos encontrar “podredumbre blanca” *Erwinia carotovora*, “peronospora” *Peronospora destructor* y “moho negro” *Aspergillus niger*, entre otras.

En el cultivo de ajo, se usa pendimentalin⁹ al inicio del ciclo, como herbicida preemergente y linuron como herbicidas postmergentes El bromoxinil como herbicida postemergente. Se aplica mancozeb con pulverizadora montada para combatir las enfermedades fúngicas. No se realiza tratamiento de las semillas ni del suelo para controlar nematodos en bulbos. Generalmente para esto se aplica carbofuran o aldicarb, sin embargo es un tratamiento costoso. Se aplica lambdacialotrina como insecticida, aunque no está indicado para el cultivo de ajo.

Las semillas se tratan con fosforo de aluminio¹⁰, para evitar una plaga de almacenamiento, el “eriófido de los bulbos” *Aceria tulipae*. Al final del ciclo, durante el mes de noviembre se pulveriza hidrazida maleica como antibrotante. En la [Tabla 14](#) se observan los ingredientes activos y sus correspondientes dosis, frecuencias y volumen de pulverización en los tres cultivos modales del modelo 4.

En el cultivo de zapallo se realizan aplicaciones de herbicida con pulverizadora de tiro, se mezcla glifosato y clomazone. Se pulveriza miclobutanil para tratar el “oidio” *Oidium ambrosiae* e imidacloprid en distintas dosis para las plagas entomológicas tales como los “gusanos minadores” *Liriomyza* sp, la “vaquita de las cucurbitáceas” *Epilachna paenulata*, y la “palomita transparente del zapallo y del melón” *Diaphania hyalinata*.

⁸ El fosforo de aluminio es un fumigante cuyo EIQ teórico no se encuentra tabulado. Por lo que no se tiene en cuenta para el cálculo del EIQ de campo, sin embargo al ser un producto de elevada toxicidad en cuenta para el cálculo del EIQ de campo, sin embargo al ser un producto de elevada toxicidad (Categoría I a según SENASA) y de gran riesgo para el aplicador, se tiene en cuenta en las recomendaciones pertinentes para su uso. Por su toxicidad podría usarse en su lugar el valor de EIQ teórico para el bromuro de metilo.

⁹ El pendimentalin es el herbicida comúnmente usado en ajo al inicio del cultivo. En la memoria técnica del taller realizado con los productores, está registrado el uso de metribuzin, lo cual sería un uso incorrecto del herbicida. El mismo es gramínicida, sistémico, se aplica en postemergencia y se absorbe por la raíz. Está registrado en SENASA para combatir malezas en cultivos de tomate, zanahoria y soja, entre otros. Bioquímicamente, actúa inhibiendo el transporte de electrones en el Fotosistema II, por esto, resulta fitotóxico para muchos cultivos, incluyendo crucíferas, cucurbitáceas, lechuga, cebolla, ajo y camote (Tomlin, 2009). Por esto se decidió colocar el pendimentalin en el modelo y verificar que usan los productores en talleres posteriores.

Tabla 14: Estrategia fitosanitaria aplicadas por los productores pertenecientes al modelo 4.

IA	DOSIS	%IA	VP (L.ha ⁻¹)	FA
Ajo				
<i>Fosfuro de aluminio</i>	8 pastillas t ⁻¹	-	-	1
<i>Pendimentalin</i>	3 L.Ha ⁻¹	50	400	1
<i>Linuron</i>	1,5 L.Ha ⁻¹	50		1
<i>Lambdacialotrina</i>	85 cm ³ .Ha ⁻¹	5		2
<i>Mancozeb</i>	200 g.hL ⁻¹	80	600	2
<i>Bromoxinil</i>	1,5 L.Ha ⁻¹	35		1
<i>Hidrazida maleica</i>	10 L.Ha ⁻¹	18		1
Cebolla valencianita				
<i>Diuron</i>	2 L.Ha ⁻¹	80	500	1
<i>Clorpirifos</i>	0,32 L.Ha ⁻¹	25		1
<i>Oxicloruro de Cu</i>	300 g.hL ⁻¹	84		3
Zapallo				
<i>Glifosato</i>	4 L.Ha ⁻¹	48	200	1
<i>Clomazone</i> ¹¹	1,60 L.Ha ⁻¹	36		1
<i>Miclobutanil</i>	0,25 L.Ha ⁻¹	40	400	1
<i>Imidacloprid</i>	0,12 L.Ha ⁻¹	70		1
<i>Imidacloprid</i>	0,21 L.Ha ⁻¹	70	600	3

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

13.5 Modelo 5: Productores de zapallo no familiar con chacarero

Los productores no son residentes y la unidad productiva la trabaja el chacarero, recibiendo el 25% de lo producido. Hay 40 EAPs, con dos fincas cada una, distribuidas en Fray Luis Beltrán, Rodeo del Medio, Colonia Segovia y El Vergel. La frecuencia modal se encuentra en 2 especies por explotación y los cultivos modales son el zapallo y ajo morado. Se considera que los productores de este modelo presentan una superficie implantada de 20 ha por EAP.

¹¹ En la memoria técnica del taller realizado con los productores está registrado pendimentalin como herbicida aplicado en zapallo en preemergencia. Sin embargo, como resultado de consultas con Ing. Agrónomos extensionistas, se decidió colocar en el modelo el producto más comercializado para controlar malezas en zapallo, cuyo principio activo es clomazone al 36%. También se usa el metolaclo al 96%, en menor medida debido a que su precio es más elevado. Debido a que ambos compuestos son gramínicidas con algún efecto en latifoliadas, se recomienda realizar un "mulching" para combatir las malezas latifoliadas, de manera complementaria al control químico.

La estrategia sanitaria aplicada en ajo es la misma que la del modelo 4. En el cultivo de zapallo se aplica glifosato + clomazone con pulverizadora de tiro en septiembre y octubre. En noviembre se aplica también con pulverizadora de tiro miclobutanil para controlar el “Oidio” *Oidium ambrosiae* en conjunto con imidacloprid para combatir las plagas entomológicas más frecuentes ya mencionadas en el modelo 4.

En la Tabla 15 se detallan las dosis aplicadas, el volumen de pulverización y la frecuencia de aplicación para el ciclo de cultivo anual.

Tabla 15: Estrategias fitosanitarias aplicadas por los productores pertenecientes al modelo 5.

IA	DOSIS	%JA	VP (L.ha ⁻¹)	FA
Ajo morado				
<i>Fosforo de aluminio</i>	8 pastillas t ⁻¹	-	-	1
<i>Pendimentalin</i>	3 L.ha ⁻¹	50	400	1
<i>Linuron</i>	1,5 L.ha ⁻¹	50		1
<i>Lambdacialotrina</i>	85 cm ³ .hL ⁻¹	5	600	2
<i>Mancozeb</i>	200 g.hL ⁻¹	80		1
<i>Bromoxinil</i>	1 L.ha ⁻¹	35		1
<i>Hidrazida maleica</i>	10 L.ha ⁻¹	18		1
Zapallo				
<i>Glifosato</i>	4 L.ha ⁻¹	48	200	1
<i>Clomazone</i>	1,6 L.ha ⁻¹	36		1
<i>Miclobutanil</i>	0,25 L.ha ⁻¹	25	400	1
<i>Imidacloprid</i>	0,12 L.ha ⁻¹	70		1
<i>Imidacloprid</i>	0,21 L.ha ⁻¹	70	600	3

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

13.6 Modelo 6: Productores mixto hortícola-vitícola no familiar

Hay productores residentes y no residentes, se manejan con un encargado, tractoristas y jornaleros. Hay 47 EAPs, con dos fincas, distribuidas en Fray Luis Beltrán, Rodeo del Medio, San Roque y Corralitos. La frecuencia modal se ubica en 3 especies por EAP, siendo los cultivos modales ajo blanco y tomate perita, asociado con parrales de variedad *Bonarda*. Los productores de este modelo tienen unas 40 ha implantadas por EAP, son los que cuentan con mayor superficie de los 7 modelos hortícolas evaluados.

Se realiza una desinfección de terreno usando el fumigante metam sodio, durante el mes de septiembre, para poder realizar cultivo de tomate todos los años en el mismo terreno sin problemas sanitarios. Se trata de un biocida líquido de contacto, con dosis

de aplicación y toxicidad alta¹². Se prepara el terreno para la siembra con guano de gallina y 18-46-00. Durante el mes de octubre se aplica con pulverizadora de mochila, una vez por semana, una mezcla de captan, kasugamicina, fertilizante foliar, adhesivo foliar e imidacloprid. Durante noviembre y diciembre se realizan aplicaciones de captan, cipermetrina, clorpirifos, mancozeb y kasugamicina, con pulverizadora montada en tractor. Realizan fertirriego con Solmix y SolK durante todo el ciclo.

En vid, las principales plagas son el oidio, *Oidium tuckeri*, la peronóspora *Plasmopara viticola* y la podredumbre de los racimos, complejo de hongos *Botrytis cinerea*, *Aspergillus niger*, *Penicillium* spp., *Rhizopus nigricans*, *Alternaria* spp. y *Cladosporium herbarum* (Oriolani and Gatica, 1994; Strafile & Becerra, 2001; Catania et al., 2012); asociados con levaduras *Kloeckera apiculata*, *Saccharomycopsis vini*, *Hanseniaspora uvarum*, *Candida* spp., *Metchsniakowia pulcherrima* y bacterias *Acetobacter* spp., *Gluconobacter* spp., *Bacillus* spp. (Tomlin, 2009).

Los insectos, nematodos y ácaros tradicionalmente han sido plagas secundarias de los viñedos (García, 1994; Strafile & Becerra, 2001). Estas características le permitieron al productor obtener uva de calidad enológica con pocas intervenciones fitosanitarias, pero la reciente introducción de la polilla de la vid *Lobesia botrana* ha modificado el estado fitosanitario de los viñedos, con graves consecuencias para la viticultura provincial (Becerra et al., 2015).

Los productores aplican caldo bordelés¹³ durante el mes de octubre, mezcla de sulfato de cobre y cal, para combatir la peronóspora y la podredumbre de los racimos, y azufre micronizado para prevenir el oidio. En octubre-noviembre se usan los insecticidas clorantroprole y metoxifenocide para controlar a *Lobesia botrana*, mientras que en diciembre se aplica novaluron, que tiene menor tiempo de carencia¹⁴. El glifosato es el herbicida más usado para controlar malezas en cultivos de vid. Todos los productos mencionados se aplican con pulverizadora de arrastre.

¹² Para aplicarlo primero se riega hasta capacidad de campo, ya que el producto actúa sobre estados biológicos activos, es decir larvas y gusanos en movimiento, semillas en proceso de germinación, hongos y nematodos que han salido de dormancia. En un estado de humedad óptima del suelo, el líquido se convierte en metilisocianato gaseoso y otros componentes, como se observa en el esquema, ejerciendo su efecto sobre las plagas y disipándose paulatinamente.

¹³ Se usa caldo bordelés tradicional, con sulfato de cobre al 98%, preparado al 1%, mezclando 1 Kg de sulfato de cobre y 0,5 Kg de cal, por cada 100 L de agua. En el modelo se considera por practicidad una dosis promedio de 8 Kg ha⁻¹, sin embargo la aplicación varía según el mes, aplicando 5 Kg ha⁻¹ en octubre, 8 Kg ha⁻¹ en noviembre y 10 Kg ha⁻¹ en diciembre.

¹⁴ El INTA EEA MENDOZA recomienda usar metoxifenocide y novaluron para evitar problemas de residuos de plaguicidas en vinos de exportación.

Al cultivo de ajo se le aplica la misma estrategia fitosanitaria descrita en el modelo 4. En la [Tabla 16](#) se presentan las dosis, frecuencias y volumen de pulverización de los cultivos del modelo 6.

Tabla 16: Estrategia fitosanitaria aplicada por los productores pertenecientes al modelo 6.

IA	DOSIS	%dA	VP (L.ha ⁻¹)	FA
Ajo blanco				
<i>Fosforo de aluminio</i>	8 pastillas t ⁻¹	-	-	1
<i>Pendimetalin</i>	3 L.ha ⁻¹	50	400	1
<i>Linuron</i>	1,5 L.ha ⁻¹	50		1
<i>Lambdacialotrina</i>	85 cm ³ .hL ⁻¹	5		2
<i>Mancozeb</i>	200 g.hL ⁻¹	80	600	1
<i>Bromoxinil</i>	1 L.ha ⁻¹	35		1
<i>Hidrazida maleica</i>	4 L.ha ⁻¹	18		1
Tomate perita				
<i>Metam sodio</i>	500 L.ha ⁻¹	42	300	1
<i>Clorpirifos</i>	0,32 L.ha ⁻¹	25		1
<i>Imidacloprid</i>	25 g.hL ⁻¹	70		4
<i>Captan</i>	150 g.hL ⁻¹	80	300-400-500	6
<i>Kasugamicina</i>	250 cm ³ .hL ⁻¹	2		6
<i>Cipermetrina + clorpirifos</i>	150 cm ³ .hL ⁻¹	5 + 50	400-500	8
<i>Mancozeb</i>	200 g.hL ⁻¹	80		4
<i>Metribuzin</i>	0,7 L.ha ⁻¹	48	500-600	2
<i>Azoxistrobina + Difenconazole</i>	650 cm ³ .ha ⁻¹	20 + 12,5	600	1
<i>Metoxifenocide</i>	50 cm ³ .hL ⁻¹	24		1
<i>Clorfenapir</i>	50 cm ³ .hL ⁻¹	24		1
Vid Bonarda				
<i>Caldo bordelés</i>	8 Kg ha ⁻¹	98	500-800-1000	3
<i>Azufre micronizado</i>	1,6 Kg ha ⁻¹	80	500	1
<i>Clorantranilprole</i>	20 cm ³ .hL ⁻¹	19	500	1
<i>Metoxifenocide</i>	30 cm ³ .hL ⁻¹	24	500-800	2
<i>Glifosato</i>	2 L.ha ⁻¹	79	800-1000	2
<i>Novaluron</i>	100 cm ³ .hL ⁻¹	10	1000	2

(Fuente: [Elaboración propia, 2017](#))

13.7 Modelo 7: Productores mixto hortícola-olivícola familiar

El productor es propietario y residente, contrata jornaleros de cosecha y de poda. Hay 83 EAP, con una finca, localizadas en su totalidad en el departamento de Maipú, en los distritos de Fray Luis Beltrán, Rodeo del Medio y Coquimbito. Se encuentran tres especies modales por EAP, olivos de variedades aceiteras, acelga para mercado en fresco en invierno y tomate perita para mercado en fresco en verano. Sin embargo se está produciendo un reemplazo paulatino de olivares por chacra, debido a la crisis del sector olivícola. La superficie implantada correspondiente a este modelo es de 5 ha por EAP.

Al tomate perita se le aplica la misma estrategia fitosanitaria descrita en el modelo 6. En acelga solo se realiza una aplicación de oxiclورو de cobre en invierno para prevenir enfermedades fúngicas.

En olivo se aplica clorpirifos en el mes de noviembre, principalmente para controlar el “taladrillo del olivo”, *Hylesinus oleiperda* y hormigas. En el octubre y enero se hacen aplicaciones de glifosato para controlar malezas. A partir de julio se aplica aceite mineral emulsionable para combatir diversas especies de cochinillas, de las cuales las más frecuentes y que pueden ocasionar un daño económico en el cultivo en la provincia de Mendoza, es la “cochinilla hache o cochinilla negra del olivo”, *Saissetia oleae* (Cucchi & Becerra, 2015). Esta especie tiene la particularidad de absorber una gran cantidad de savia, que una vez digerida es evacuada en forma de un líquido azucarado, la melaza, atrayendo otros insectos, principalmente hormigas. Además constituye también un sustrato para el desarrollo de hongos sobre distintas partes de la planta, especialmente hojas y aceitunas. Este hongo es conocido con el nombre de fumagina y perjudica la fotosíntesis de las plantas afectadas (Cucchi & Becerra, 2015). Por este motivo el aceite se aplica mezclado con dimetoato, como insecticida y oxiclورو de cobre como fungicida. En la [Tabla 17](#) se observan dosis y frecuencias correspondientes a los productos empleados en los cultivos del modelo 7.

Tabla 17: Estrategia fitosanitaria aplicada por los productores pertenecientes al modelo 7.

IA	DOSIS	%A	VP (L.ha ⁻¹)	FA
Olivos				
<i>Glifosato</i>	4 L.ha ⁻¹	48	2000	2
<i>Clorpirifos</i>	2 Kg ha ⁻¹	3		1
<i>Aceite emulsionable</i>	1,5 L.hL ⁻¹	90		1
<i>Oxicloruro de Cu</i>	300 g.hL ⁻¹	84		1
<i>Dimetoato</i>	150 cm ³ .hL ⁻¹	50		1
Acelga invierno				
<i>Oxicloruro de Cu</i>	1,6 Kg ha ⁻¹	84	200	1
Tomate perita				
<i>Metam sodio</i>	500 L.ha ⁻¹	42	300	1
<i>Clorpirifos</i>	0,32 L.ha ⁻¹	25		1
<i>Imidacloprid</i>	25 g.hL ⁻¹	20		4
<i>Captan</i>	150 g.hL ⁻¹	80	300-400-500	6
<i>Kasugamicina</i>	250 cm ³ .hL ⁻¹	2		6
<i>Cipermetrina + clorpirifos</i>	150 cm ³ .hL ⁻¹	5 + 50	400-500	8
<i>Mancozeb</i>	200 g.hL ⁻¹	80		4
<i>Metribuzin</i>	0,7 L.ha ⁻¹	48	500-600	2
<i>Azoxistrobina + Difenconazole</i>	650 cm ³ .ha ⁻¹	20 + 12,5	600	1
<i>Metoxifenocide</i>	50 cm ³ .hL ⁻¹	24		1
<i>Clorfenapir</i>	50 cm ³ .hL ⁻¹	24		1

(Fuente: Elaboración propia, 2017)

Capítulo IV: METODOLOGÍA

El presente trabajo se orienta a realizar un aporte de carácter técnico, en el marco de una investigación exploratoria y de carácter descriptivo, con el fin de comparar el impacto ambiental de los principales plaguicidas aplicados por los productores de hortalizas del Cinturón verde de la provincia de Mendoza.

Se calcula el Cociente de Impacto ambiental, más conocido por sus siglas en inglés como EIQ (Environmental Impact Quotient), para cada uno de los siete modelos productivos hortícolas identificados por el INTA.

El EIQ de campo **(1)** para diferentes formulaciones de un mismo ingrediente activo y diferentes patrones de uso, se obtiene multiplicando el valor del EIQ teórico para un

químico específico, por el porcentaje de ingrediente activo (IA) en la formulación, la dosis usada por hectárea y la frecuencia de aplicación anual (A) (Kovach et al., 1992).

$$\mathbf{EIQ\ campo\ IA} = \mathbf{EIQ\ teórico} \times \% \mathbf{IA} \times \mathbf{Dosis} \times \mathbf{A} \quad (1)$$

Para obtener el EIQ de campo de cada cultivo (2), simplemente se realiza la sumatoria de los EIQ campo ingrediente activo, desde el i-ésimo hasta el n-ésimo producto aplicado, ponderado por un factor de superficie. Este resulta igual al cociente entre la superficie del cultivo y la superficie total de la EAP promedio del modelo.

$$\mathbf{EIQ\ campo\ cultivo} = \sum_{i=1}^n \mathbf{EIQ\ campo\ IA} * \frac{\mathbf{Superficie\ cultivo}}{\mathbf{Superficie\ EAP}} \quad (2)$$

Por último, el resultado de cada modelo, se obtiene sumando el EIQ de campo de cada cultivo, desde el i-ésimo hasta el n-ésimo cultivo (3).

$$\mathbf{EIQ\ campo\ modelo} = \sum_{i=1}^n \mathbf{EIQ\ campo\ cultivo} \quad (3)$$

Los modelos socioproductivos fueron tomados de un trabajo inédito realizado en el INTA Estación Experimental Agropecuaria Mendoza (Van den Bosch, 2016). Los datos de tipo de cultivo, superficie implantada y cantidad de EAPs de cada modelo provienen del Censo Nacional Agropecuario 2008 (INDEC, 2009).

Las dosis empleadas se consideraron iguales a las recomendadas por el marbete del producto y se extrajeron de la Guía de Fitosanitarios del CASAFE. Los volúmenes de pulverización, necesarios para calcular aquellas dosis que estaban expresadas en unidad de volumen de plaguicida % volumen de agua, se verificaron mediante consultas a Ing. Agr. Extensionistas.

El tipo de producto empleado, la forma de aplicación y el itinerario técnico usado para cada cultivo fueron obtenidos en dos Talleres de Extensión realizados por el INTA EEA Mendoza en junio del año 2016. El primer taller se realizó con ingenieros agrónomos y el segundo con productores, en el [Anexo 5](#) se mencionan los actores involucrados. Estos talleres forman parte de un proceso de validación participativa de los datos contenidos en los modelos y se considera una instancia fundamental para complementar y actualizar los datos que habían sido extraídos del CNA 2008. La metodología empleada se resume en el esquema de la [Fig. 7](#).

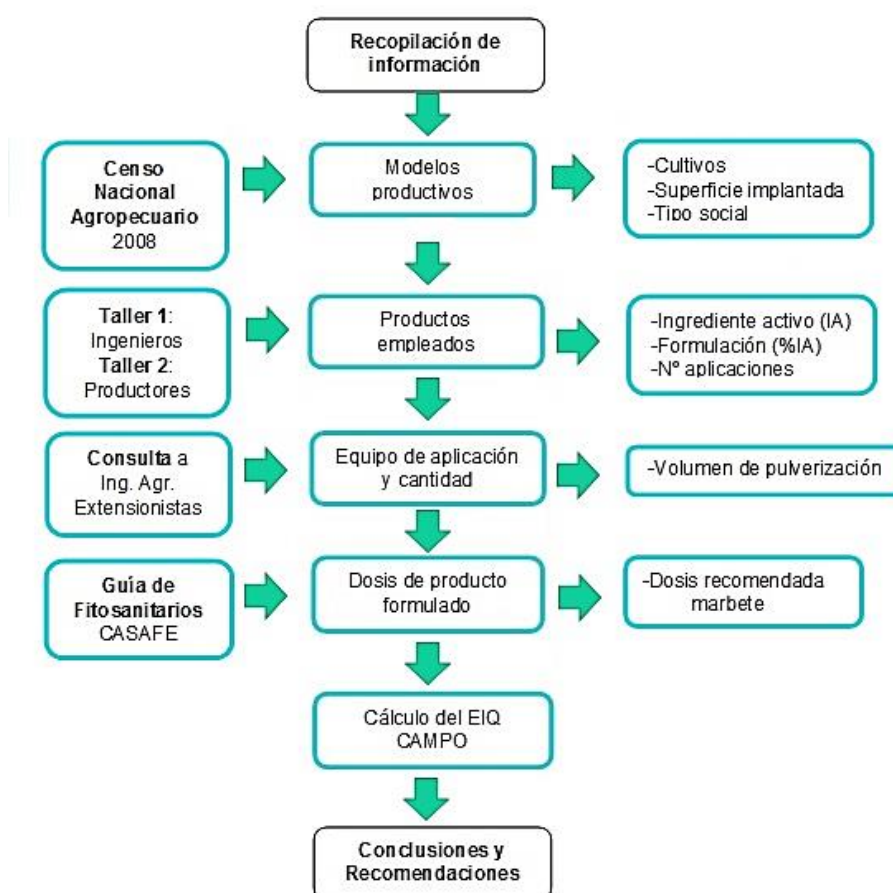


Figura 7: Esquema de la Metodología
(Fuente: Elaboración propia)

14. EIQ teórico

El cociente de impacto ambiental teórico es igual a la suma algebraica de tres ecuaciones, que evalúan el impacto en trabajadores agrícolas, consumidores y en la biota no humana **(4)**.

$$\text{EIQ te\u00f3rico} = \frac{1}{3} (\text{EIQ trabajador agr\u00edcola} + \text{EIQ consumidor} + \text{EIQ ecol\u00f3gico}) \quad (4)$$

A su vez, cada uno de estos tres componentes, est\u00e1 basados en una serie de conversiones de informaci\u00f3n f\u00edsico-qu\u00edmica y toxicol\u00f3gica en escalas arbitrarias de 1, 3 y 5, que constituyen los factores de ponderaci\u00f3n en la ecuaci\u00f3n del EIQ te\u00f3rico para cada ingrediente activo. Las variables que forman parte del \u00edndice y sus criterios de ponderaci\u00f3n se encuentran en la **Tabla 18**. Los valores de EIQ te\u00f3ricos actualmente se encuentran tabulados y publicados en la p\u00e1gina web Integrated Pest Management Program de la Universidad de Cornell (www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/).

Tabla 18: Criterios de ponderaci\u00f3n de las variables usadas en el c\u00e1lculo del EIQ te\u00f3rico.

Variables	Sigla	Criterios de ponderaci\u00f3n		
		1	3	5
Toxicidad dermal aguda (DL ₅₀ dermal)	DT	> 2000 ppm	200-2000 ppm	0-200 ppm
Toxicidad cr\u00f3nica	C	Baja o nula	Posible	Definitiva
Sistematicidad	SY	No sist\u00e9mico	Sist\u00e9mico	
Toxicidad en peces (CL ₅₀ 96 h)	F	>10 ppm	1-10 ppm	< 1 ppm
Toxicidad en aves (CL ₅₀ 8 d\u00edas)	D	>1000 ppm	100-1000 ppm	< 100 ppm
Toxicidad en abejas (Dosis a campo)	Z	Relativamente no t\u00f3xico	Moderadamente t\u00f3xico	Altamente t\u00f3xico
Toxicidad en artr\u00f3podos ben\u00e9ficos	B	Impacto bajo	Impacto moderado	Impacto severo
Potencial de escorrent\u00eda	R	Bajo	Medio	Alto
Potencial de lixiviaci\u00f3n	L	Bajo	Medio	Alto
Vida media en el suelo	S	< 30 d\u00edas	30-100 d\u00edas	>100 d\u00edas
Vida media en la superficie de la planta	P	1-2 semanas	2-4 semanas	> 4 semanas

(Fuente: Kovach et al., 1992).

Para clasificar a los plaguicidas dentro de estos tres criterios de ponderación y calcular finalmente un índice sintético, Kovach y su equipo de la Universidad de Cornell usaron distintas bases de datos. La información toxicológica proviene principalmente de EXTOUNET, una red que reúne los efectos sobre la salud y el ambiente de más de 100 plaguicidas. La segunda fuente toxicológica fue el software CHEM-NEWS, con más de 310 hojas de datos de plaguicidas de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

Los valores de toxicidad crónica son el promedio de los resultados de varios ensayos de laboratorio aplicados en pequeños mamíferos. Los mismos están diseñados para determinar:

- Teratogenia (Deformaciones en el embrión)
- Mutagenia (Cambios permanentes en el material hereditario)
- Oncogenia (Desarrollo de tumores)
- Efectos sobre el Potencial reproductivo (Habilidad para producir descendencia)

SELCTV fue la base de datos elegida por los investigadores de la Universidad de Cornell para determinar el impacto sobre artrópodos benéficos, mientras que el impacto sobre las abejas lo determinaron usando Tablas de Morse, en un experimento conducido por la Universidad de California. Los valores potenciales de lixiviación, de escorrentía y vida media en el suelo del plaguicida los obtuvieron de la base de datos de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y luego con el software GLEAMS, mediante simulación y aplicación de modelos estadísticos, clasificaron los plaguicidas de acuerdo al riesgo de lixiviación y escorrentía, en alto, medio y bajo (Kovach et al., 1992).

14.1 EIQ trabajador agrícola

Una regla consistente en todo el modelo es que el impacto potencial de un plaguicida específico sobre un factor ambiental es igual a la toxicidad multiplicada por el potencial de exposición o probabilidad de entrar en contacto con el plaguicida. El riesgo del trabajador agrícola **(5)** es igual a la suma entre exposición del aplicador y la exposición del cosechador, afectada por el producto de la toxicidad crónica.

$$\text{EIQ trabajador agrícola} = C [(DT \times 5) + (DT \times P)] \quad (5)$$

Dónde:

C: Toxicidad crónica; DT: Toxicidad dermal aguda; P: Vida media en la superficie de la planta.

La exposición del aplicador es igual a la toxicidad dermal ponderada por cinco para incrementar el riesgo asociado al manejo de plaguicidas concentrados. La exposición del recolector es el producto entre la toxicidad dermal y la vida media en la superficie de la planta, que es el tiempo requerido para que el producto sufra una descomposición del 50% de la cantidad inicial.

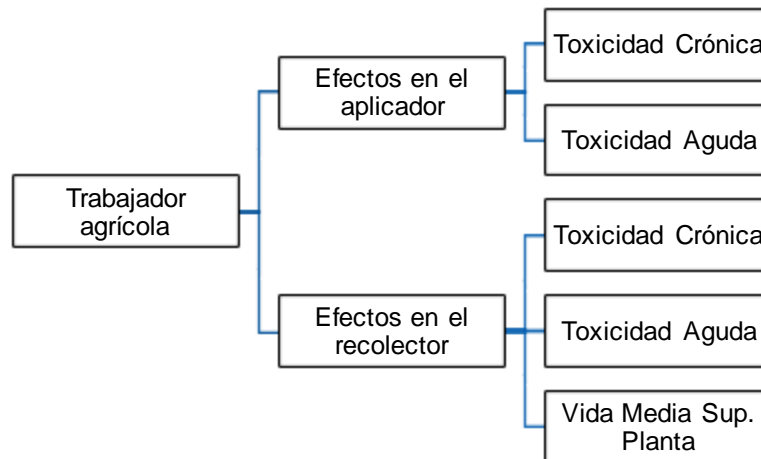


Figura 8: Variables involucradas en el cálculo de los Efectos sobre el trabajador agrícola.
(Fuente: Elaboración propia a partir de Kovach et al.)

14.2 EIQ consumidor

El riesgo del consumidor **(6)** se calcula como el producto entre la toxicidad crónica, el promedio entre la vida media en el suelo y en la superficie de la planta (ya que las raíces y otras partes de la planta se consumen) y la sistematicidad (la facilidad con la que el plaguicida es absorbido por la planta).

$$\text{EIQ consumidor} = C \left[\frac{(S + P)}{2} \right] SY + L \quad (6)$$

Dónde:

C: Toxicidad crónica; S: Vida media en el suelo; P: Vida media en la superficie de la planta; SY: Sistematicidad; L: Potencial de lixiviación.

Los efectos sobre el agua subterránea se incluyen en el consumidor debido a la contaminación de los pozos de agua subterránea que luego se usan para riego.

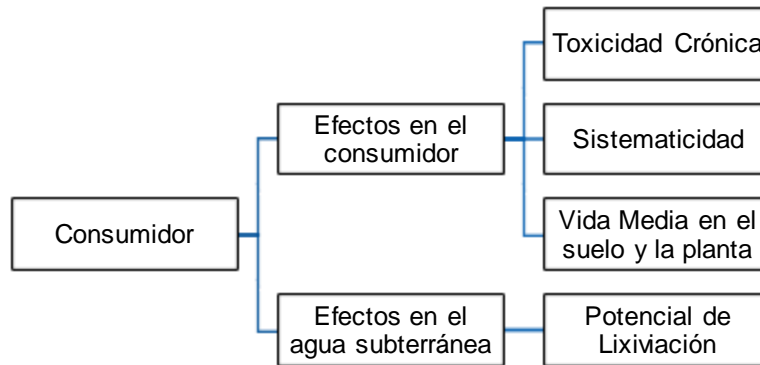


Figura 9: Variables involucradas en el cálculo de los Efectos sobre el consumidor.
(Fuente: Elaboración propia a partir de Kovach et al.)

14.3 EIQ ecológico

El componente ecológico **(7)** incluye efectos acuáticos y terrestres. Es la suma de los efectos de los químicos en peces, aves, abejas y artrópodos benéficos.

El impacto ambiental de los plaguicidas en sistemas acuáticos se determina multiplicando la toxicidad química en peces por el potencial de escorrentía del pesticida específico, que toma en cuenta la vida media en aguas superficiales.

$$\text{EIQ ecológico} = (F \times R) + \left\{ D \left[\frac{(S+P)}{2} \right] \times 3 \right\} + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5) \quad (7)$$

Dónde:

F: Toxicidad en peces; R: Potencial de escorrentía del plaguicida; D: Toxicidad en aves; S: Vida media en el suelo; P: Vida media en la superficie de la planta; Z: Letalidad en abejas; B: Efectos en artrópodos benéficos.

El impacto en ecosistemas terrestres está determinado por la suma de la toxicidad de los químicos en aves, abejas y artrópodos benéficos. Debido a que los organismos terrestres son más probables de encontrar en entornos agrícolas comerciales que los peces, la ponderación de este componente es mayor. Como los artrópodos benéficos pasan casi toda su vida en agroecosistemas, su exposición se considera mayor a la de aves y abejas, ponderando por 5.

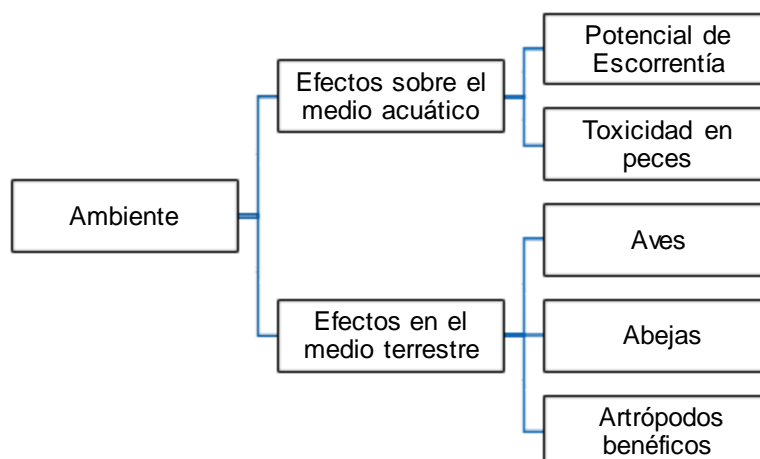


Figura 10: Variables involucradas en el cálculo de los Efectos sobre el ambiente.
 (Fuente: Elaboración propia a partir de Kovach et al.)

Todos los plaguicidas son evaluados por el modelo con el mismo criterio, excepto por el modo de acción y la persistencia en la superficie de la planta de los herbicidas. Debido a que los herbicidas por lo general son sistémicos, se les coloca un valor de 1 en la persistencia en la superficie de la planta, lo que da un valor más realista en cuanto al impacto sobre los consumidores. Además a los herbicidas post-emergentes se les da un valor de 3 en la persistencia sobre la superficie de la planta y a los pre-emergentes se les da un valor de 1, ya que actúan sobre la raíz y no quedan adheridos a la superficie foliar.

Usando el EIQ de campo los agricultores pueden incorporar los efectos ambientales junto con la eficacia del producto y los costos al proceso de toma de decisiones. Dentro de lo que es el manejo integrado, se puede comparar el impacto ambiental de distintas estrategias (Kovach et al., 1992).

Capítulo IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

15. EIQ de campo por modelo y cultivo

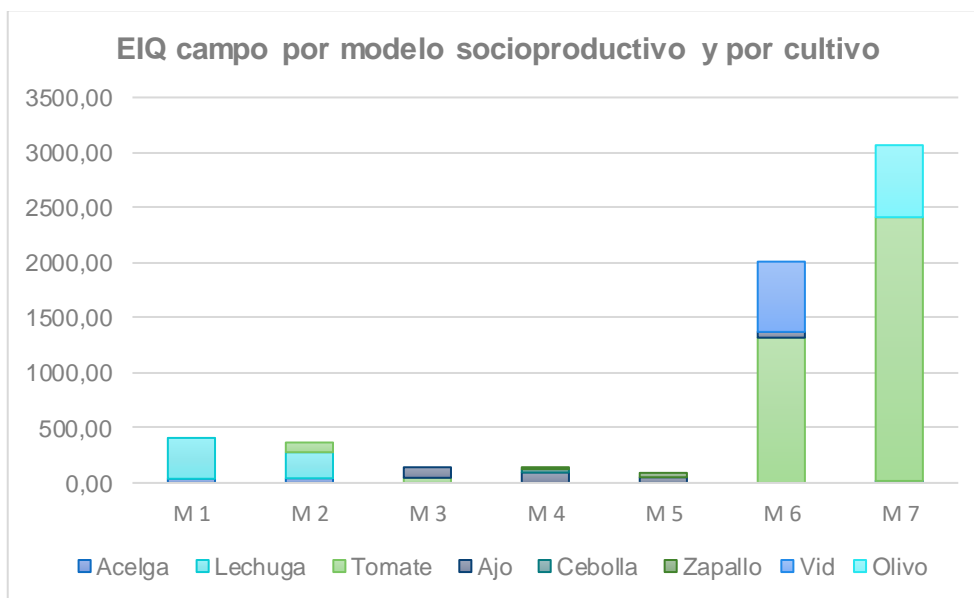
Los valores de EIQ obtenidos para los modelos hortícolas del Cinturón Verde de Mendoza (CVM) oscilan entre 91,40 y 2190,48 correspondiendo el valor mínimo de impacto al modelo 5 “Productores de zapallo no familiar” y el valor máximo al modelo 7 “Productores mixto hortícola-olivícola familiar”. En la [Tabla 19](#) se resumen los valores de indicador obtenidos por cultivo y por modelo.

Tabla 19: EIQ de campo por cultivo y por modelo socioproductivo hortícola del Cinturón verde de Mendoza

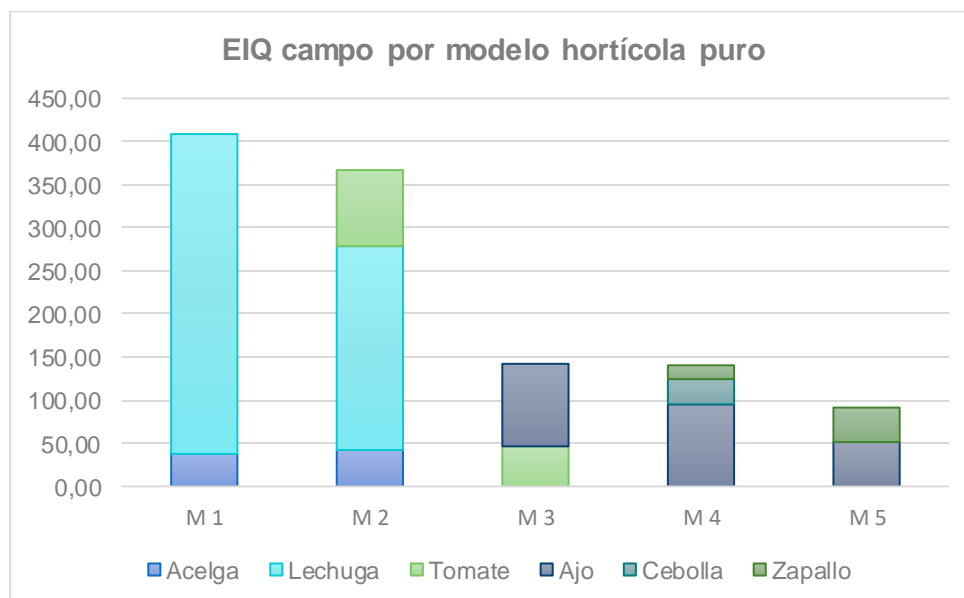
Modelo	Cultivos	EIQ campo cultivo	EIQ campo modelo
1	Acelga	37,62	408,62
	Lechuga	232,00	
2	Acelga	42,18	366,85
	Lechuga	147,82	
	Tomate	88,25	
3	Ajo	95,67	142,15
	Tomate	46,48	
4	Ajo	95,67	140,40
	Cebolla	29,31	
	Zapallo	15,96	
5	Ajo	51,42	91,40
	Zapallo	39,98	
6	Vid	637,85	2009,23
	Ajo	52,62	
	Tomate	1318,76	
7	Olivo	654,06	3066,67
	Tomate	2394,76	
	Acelga	17,85	

Lo que se representa gráficamente en esta sección es el resultado de la adición de los EIQ individuales de cada ingrediente activo, a través de los cultivos y modelos, ponderados por el factor de superficie, como se describió en el apartado anterior. El detalle de los cálculos se encuentra en las Tablas 22 a 28 del [Anexo II](#).

En la Fig.11 (a) se evidencia que los valores más altos de EIQ son alcanzados por los modelos mixtos hortícola-olivícolas y hortícola-vitícolas, mientras que en los modelos hortícolas puros, los valores de EIQ están por debajo de 500. Sin embargo, el cultivo que determina el valor del impacto en ambos modelos, no corresponde al olivo ni a la vid, sino al tomate.



(a) EIQ campo de los modelos productivos hortícolas.



(b) EIQ campo de los modelos hortícolas puros.

Figura 11: EIQ campo correspondiente a los modelos socio-productivos y a sus respectivos cultivos hortícolas en el CVM.

A diferencia de las estrategias fitosanitarias aplicadas en el cultivo de tomate por los productores pertenecientes a los modelos 2 y 3, en los modelos 6 y 7 se usa un fumigante para desinfectar el suelo previo a la plantación, el metam sodio. El mismo actúa como nematicida, herbicida, fungicida y permite a los productores realizar monocultivo todos los años en el mismo terreno. Este plaguicida es el responsable de la diferencia entre los modelos mixtos y puros, por la elevada dosis que se aplica, de 500 L.ha⁻¹. Además presenta una alta toxicidad aguda dermal, oral e inhalatoria, de 1650 mg.Kg⁻¹, 820 mg.Kg⁻¹ y 4,7 mg.L⁻¹, respectivamente, correspondientes a la banda amarilla o clase toxicológica II, según la resolución 302/12 de SENASA.

Matthiessen & Shackleton (2005) señalan que la desinfección química de suelos con metam sodio es una práctica cultural generalizada y ampliamente extendida en el mundo en la actualidad. Sin embargo, hay alternativas a los tratamientos químicos, económicas y de sencilla aplicación por parte del productor, como la solarización y la biofumigación.

El término solarización hace referencia a una técnica de tratamiento, que se aplica a un suelo humedecido previamente-con el objeto de estimular el pasaje de patógenos del estado de dormancia a formas activas-, cubriéndolo con un plástico transparente-por lo general polietileno- y exponiéndolo a la radiación solar directa. El aumento de la temperatura resultante provoca la muerte de las formas biológicamente activas de patógenos (Katan, 1991).

La biofumigación consiste en el control de plagas y patógenos del suelo por medio de la liberación de gases- isotiocianatos y compuestos amoniacales- originados naturalmente, como consecuencia de la descomposición de residuos orgánicos-abonos verdes, restos de cultivos, residuos orgánicos de la industria y estiércoles-. Cuando los materiales incorporados al suelo son tejidos de plantas de la familia de las Brasicáceas- como el brócoli-, liberan glucosinolatos, precursores de los isotiocianatos, y otros compuestos volátiles que juegan un papel muy importante en la supresión rápida de patógenos. La combinación de solarización y biofumigación, denominada por algunos autores biosolarización, es efectiva, ya que las altas temperaturas acentúan el efecto de la biofumigación al aumentar la liberación de sustancias volátiles (Mitidieri et al., 2009).

En la Fig. 11 (b), se observan con mayor detalle los modelos hortícolas puros, cuyos valores de EIQ fluctuaron entre 15,96 para zapallo y 232 en lechuga-que tiene un impacto relativo más alto, debido a que el cultivo se repite 3 veces en el año, y a la alta frecuencia de aplicación del oxiclورو de cobre. Sin embargo si se tiene en cuenta el impacto de la estrategia fitosanitaria sin ponderar por el factor de superficie, el tomate es el cultivo con mayor impacto, debido a las altas frecuencias de aplicación de

clorpirifos y mancozeb, así como el alto valor de EIQ teórico del imidacloprid. En zapallo se observan valores muy bajos de impacto, debido a que se aplican pocos productos y en frecuencias bajas. Acelga, ajo y cebolla presentan valores bajos. En cuanto a los cultivos de hoja, sus valores de impacto aumentan durante el verano, cuando se realizan aplicaciones más frecuentes de los fungicidas mancozeb, zineb y oxicloruro de cobre para combatir el mildiu, cuya incidencia aumenta con la humedad y las altas temperaturas.

Desde el punto de vista de la tipología del productor, los menos capitalizados son aquellos pertenecientes a los modelos 1, 2 y 3. Los modelos 1 y 2 cobran importancia y son representativos del sector, por el tipo de cultivo y la superficie que ocupan dentro del Cinturón Verde, esta alcanza las 2778 ha y representa un tercio del total, de las 9288 ha hortícolas según datos del CNA 2008 (INDEC, 2009). Además, contienen al 80% del total de EAPs hortícolas y el 30% del total de EAPs presentes en el Cinturón Verde. Sin embargo, el impacto ambiental según el EIQ de campo porcentual acumulado es tan solo del 9,19%.

Estos datos se resumen en la Fig. 12, en donde se puede observar el número de EAPs por modelo en las barras azules, la superficie total acumulada en las barras verdes, y el EIQ campo porcentual acumulado. Podemos observar cómo se concentran la cantidad de EAPs entre los modelos 1 a 3 -1006 EAPs, de un total de 1283, es decir, el 78,4%- . A su vez, que abarcan una superficie acumulada de 3780 ha y comprenden el 13,45% del EIQ campo acumulado. Mientras que, los modelos 4 a 7 concentran el 86,55% del EIQ campo total, 5550 ha y 277 EAPs-correspondientes al 21,6% del total-.

Cabe aclarar que estos valores de porcentaje de EIQ fueron calculados sin la ponderación por unidad de hectárea, es decir, su valor es función del tipo de plaguicida usado-ingrediente activo-, el tipo de formulación-porcentaje de ingrediente activo-, la dosis-expresada en kilogramos o litros por unidad de hectárea- y la frecuencia anual-número de veces que se pulveriza a lo largo del año-. Es por esto que se puede realizar una comparación entre EIQ de campo, superficie y número de EAPs, ya que son variables independientes.

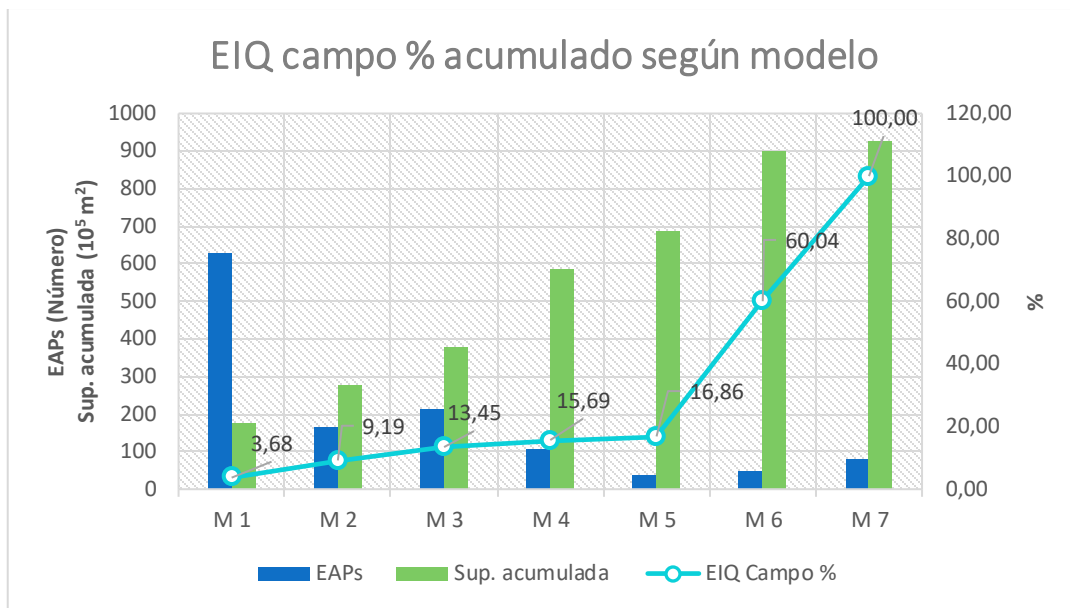
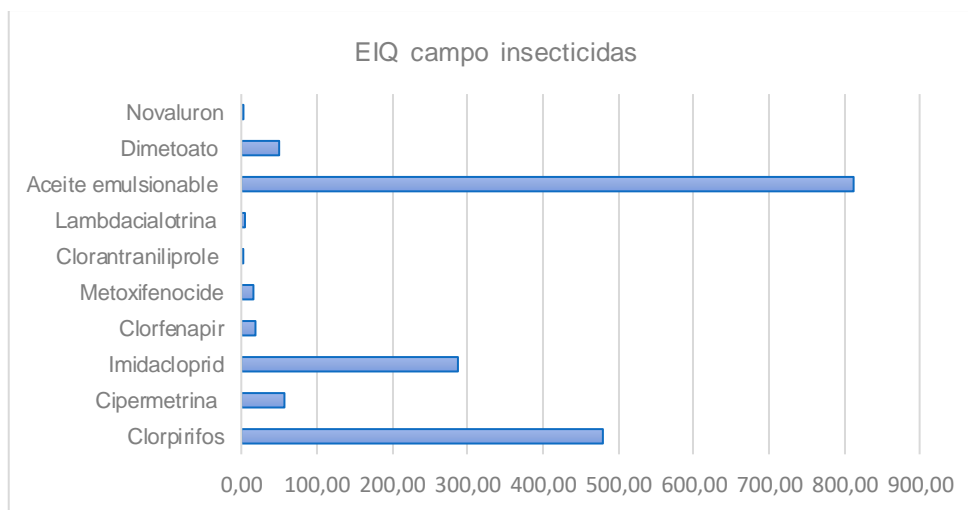


Figura 12: EIQ campo porcentual acumulado, EAPs y superficie total de cada modelo socioproductivo hortícola del CVM.

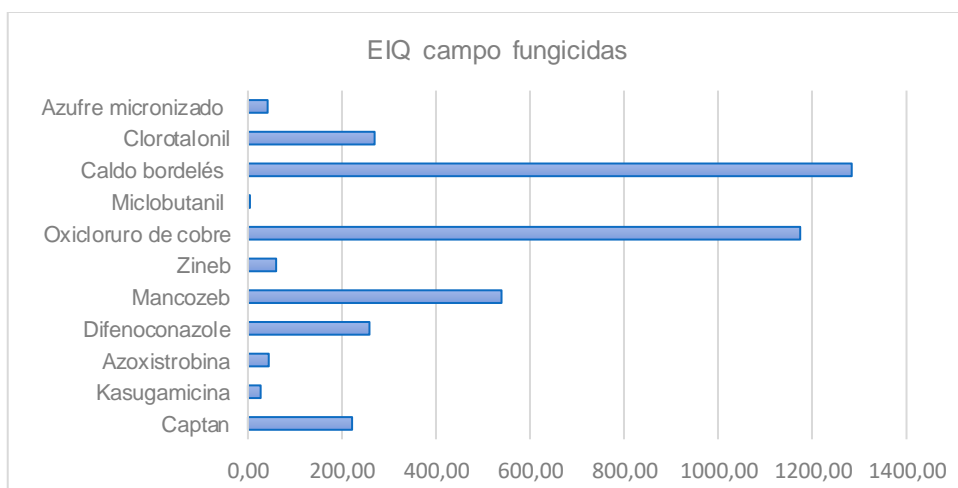
(Fuente: Elaboración propia en base a datos del CNA 2008 y resultados del EIQ)

En la Fig. 13 se muestra el valor total de EIQ por plaguicida, teniendo en cuenta todos los modelos en los que el producto fue aplicado. Como se observa en la Fig. 13 (a) el insecticida de mayor impacto, es el aceite emulsionable, aunque solo se aplica en el modelo 7, explicando el alto impacto relativo en el cultivo de olivo. Además, dentro del grupo de los insecticidas, toma importancia el clorpirifos, que resulta segundo en valor de EIQ y se aplica en todos los modelos a excepción del modelo 5. Otro insecticida importante por su uso es el imidacloprid que, fue aplicado en todos los modelos y está tercero según su EIQ de campo.

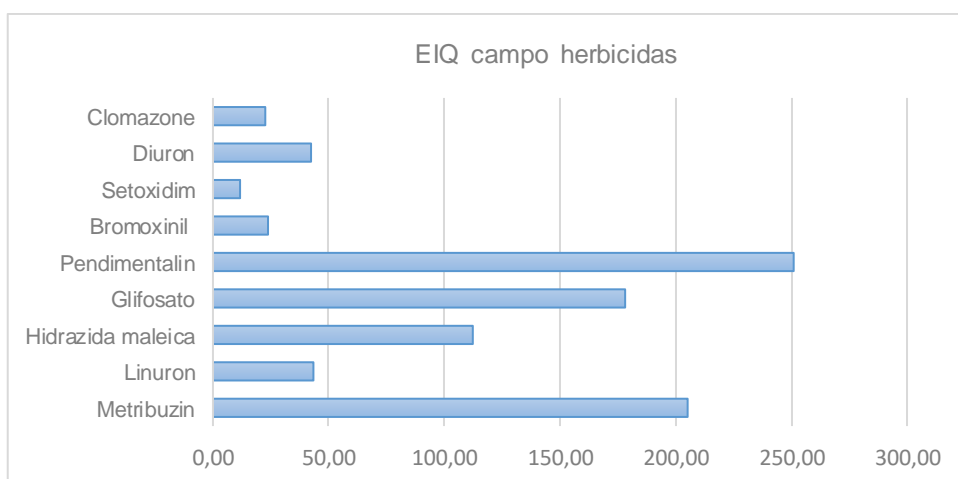
El fungicida con mayor impacto resultó ser el caldo bordelés- Fig. 13 (b)-, aunque solo se aplicó en el modelo 6, para combatir la peronóspora y la podredumbre de los racimos en vid. En horticultura toma mayor relevancia el impacto del oxiclورو de cobre y del mancozeb, el primero por ser el segundo valor más alto de EIQ en fungicidas y el segundo por estar presente en todos los modelos y estar clasificado en tercer lugar según su EIQ de campo.



(a) EIQ campo de los insecticidas aplicados en el CVM.



(b) EIQ de campo de los fungicidas aplicados en el CVM.



(c) EIQ de campo de los herbicidas aplicados en el CVM.

Figura 13: EIQ campo de los plaguicidas usados en los modelos socioproductivos del CVM.

El grupo de los herbicidas es en donde se observa el menor rango de valores de EIQ de campo, como se puede ver en la Fig. 13 (c), el pendimentalin mostró el mayor valor de EIQ, seguido por el metribuzin, que además se encuentra presente en todos los modelos. El tercer lugar en este grupo corresponde al glifosato. En la Fig. 14 se presenta un resumen de los ingredientes activos con mayor impacto en todos los modelos.

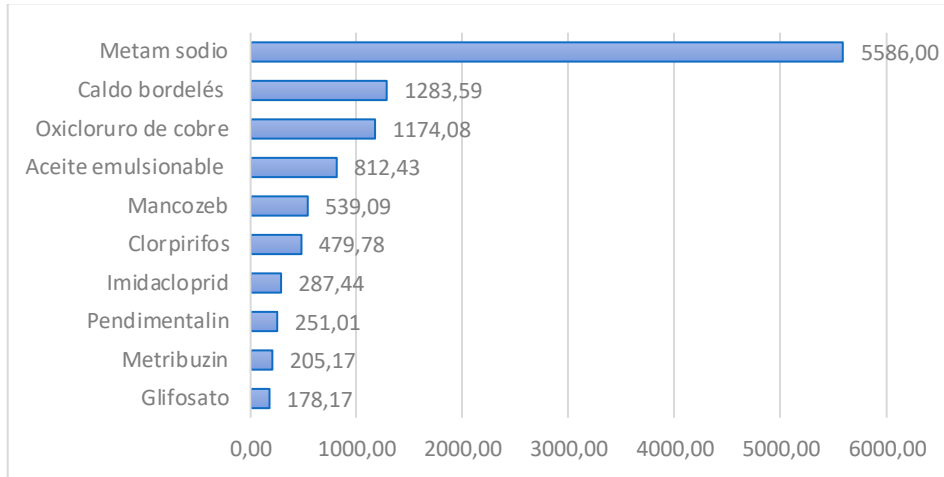


Figura 14: EIQ campo de los plaguicidas de mayor impacto aplicados en el CVM.

Como se puede apreciar en la Fig. 15 hay un mayor impacto relativo de los fungicidas en los modelos 1 a 3, de los herbicidas en los modelos 4 y 5, del metam sodio, clasificado como biocida en los modelos 6 y 7.

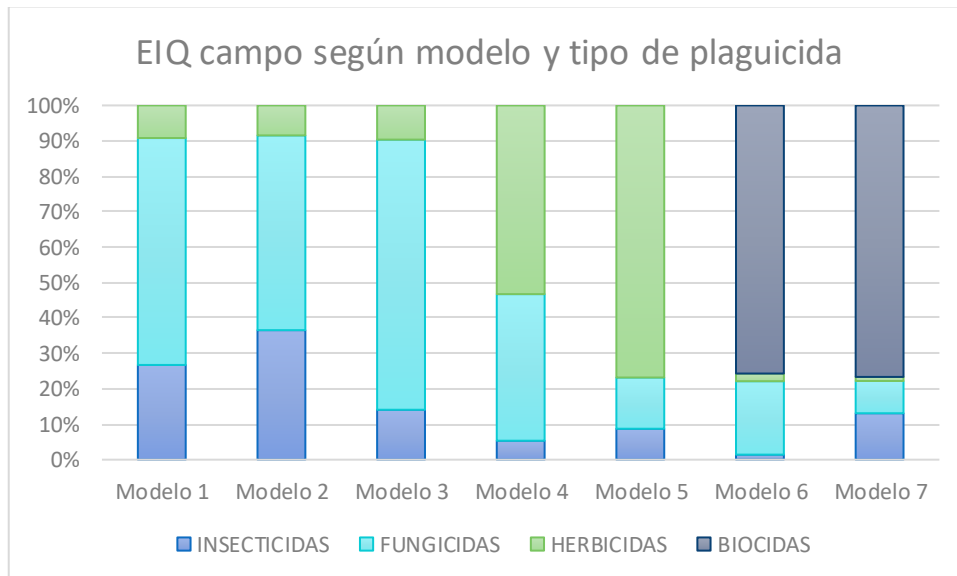


Figura 15: EIQ de campo expresado en porcentaje según modelo y tipo de plaguicida.

16. EIQ teórico: subcomponentes, ventajas y desventajas

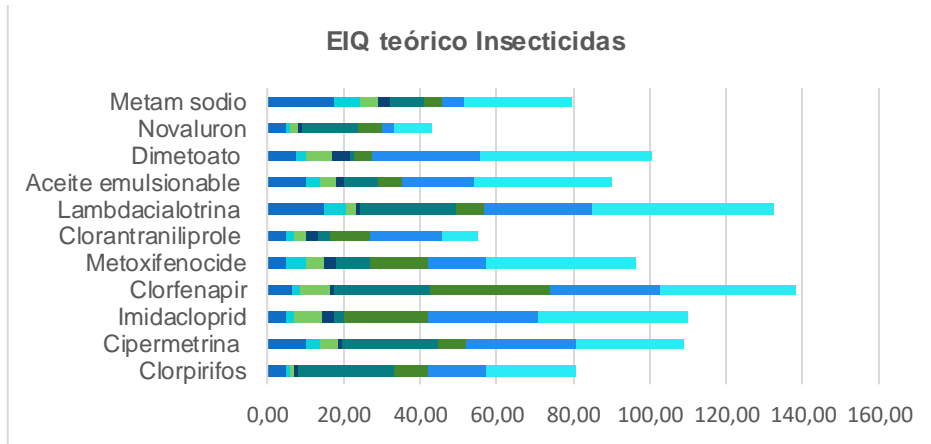
El EIQ ha sido usado para organizar la extensa información toxicológica y de destino ambiental de plaguicidas disponible y convertirla en información útil en el campo, especialmente a la hora de tomar decisiones entre distintas alternativas productivas. Fue desarrollado especialmente para evaluar el impacto de los plaguicidas en la producción hortícola y frutícola.

Algunas desventajas que presenta este indicador, enumeradas por Mendoza, Sánchez & Becerra (2014) son:

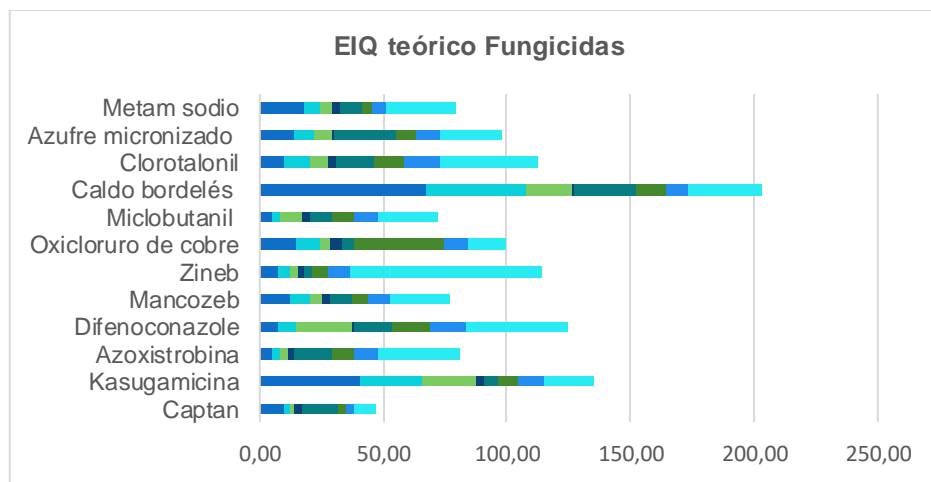
- No considera la DL_{50} oral aguda, ni la CL_{50} inhalatoria en el componente del trabajador agrícola. Ambas variables son importantes para compuestos con valores altos de toxicidad oral e inhalatoria.
- En el componente trabajador agrícola, supone de igual importancia la toxicidad crónica y la persistencia. Esto puede ser discutible, por ejemplo en plaguicidas organofosforados como el clorpirifos, que son menos persistentes pero potencialmente más tóxicos para el agricultor por sus efectos neurotóxicos.
- Dado que aun para el producto menos tóxico el menor valor asignable en la escala es 1, no es posible distinguir entre un producto inocuo y uno de baja toxicidad.
- Las curvas de degradación de plaguicidas muestran que la relación dosis/respuesta raramente es lineal, por lo que no es correcto asumir que el daño provocado por una estrategia fitosanitaria pueda obtenerse a partir de la suma de los efectos de los plaguicidas individuales.

Además, el EIQ si bien da una idea de la peligrosidad de los plaguicidas, al no tener asociado el concepto de incertidumbre, no puede estimar el riesgo de contaminación, entendido como el producto entre la peligrosidad de la sustancia y la probabilidad de exposición a la misma (Muhammetoglu & Uslu, 2007). Por ejemplo, esto se ve reflejado en la no consideración del uso de elementos de protección personal por parte del trabajador agrícola, asumiendo el mismo riesgo de exposición para quien lo usa.

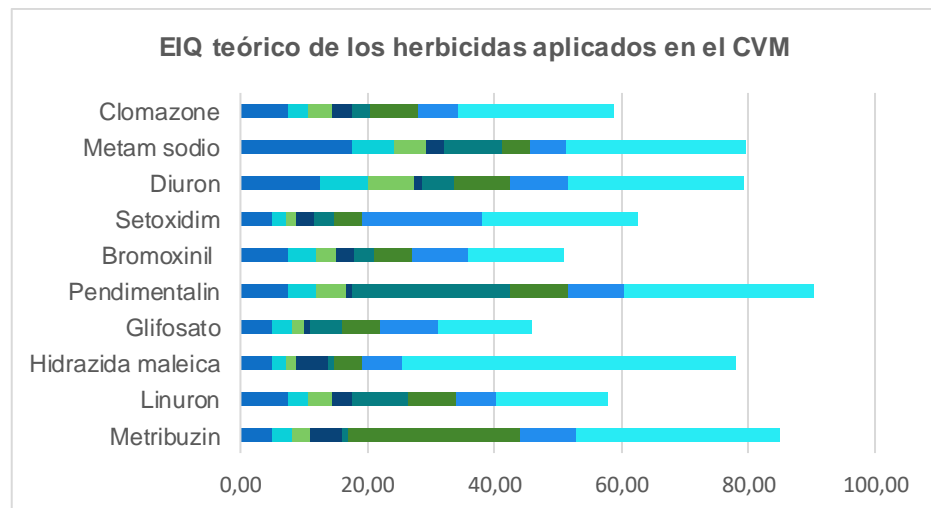
En la Fig. 16 se observa el EIQ teórico de los plaguicidas dividido en sus subcomponentes trabajador agrícola, consumidor y ecológico. Podemos apreciar que el componente con más peso, por la forma en que se ponderan las variables del indicador es el de artrópodos terrestres, que recibe una ponderación por factor 5. Junto con abejas y aves que reciben una ponderación de 3, dan a la parte terrestre del componente ecológico mayor peso relativo que los demás subcomponentes.



(a) EQ teórico de los insecticidas aplicados en el CVM.



(b) EQ teórico de los fungicidas aplicados en el CVM.



(c) EQ teórico de los insecticidas aplicados en el CVM.

Figura 16: EQ teórico de los plaguicidas aplicados en el CVM.

■ APLICADOR ■ RECOLECTOR ■ CONSUMIDOR ■ LIXIVIACION
■ PECES ■ AVES ■ ABEJAS ■ ARTRÓPODOS

El componente ecológico representa la toxicidad de los plaguicidas en peces, aves, abejas y artrópodos. Observamos que dentro de los insecticidas, tienen un impacto alto en peces el clorpirifos, los piretroides cipermetrina y lambdacialotrina y el clorfenapir. Dentro de los fungicidas, el azufre inorgánico, el caldo bordelés, el captan, la azoxistrobina y el difenoconazole son los que más afectan a los peces, y dentro de los herbicidas el pendimetalin y linuron.

El imidacloprid es altamente tóxico para las aves, junto con la kasugamicina. La cipermetrina, el clorpirifos, el dimetoato son los que más afectan a las abejas de los insecticidas listados. El fungicida clorotalonil, y los herbicidas setoxidim y metribuzin tienen un impacto alto sobre las abejas.

17. Toxicología y propiedades físico-químicas

Teniendo en cuenta las categorías toxicológicas de SENASA, solo hay un insecticida en la clasificación más peligrosa "Ia", el fosforo de aluminio. Está presente en los modelos 4, 5 y 6. No fue incluido en el cálculo del EIQ, debido a que, para ese compuesto, no se encuentra tabulado el EIQ teórico. Además, la base de datos del EIQ no tiene una molécula análoga con la cual se pudiera suplir el valor faltante. Asimismo, se usa en los silos de almacenamiento de bulbos de ajo y, no se aplica directamente sobre el terreno. Sin embargo, es potencialmente letal para los operarios que lo administran. Por lo anterior es muy importante tomar todas las precauciones del caso, tales como equipo de protección, condiciones de temperatura adecuadas y respetar el tiempo de reingreso luego de ventilación, para no respirar la fosfina, que es el ingrediente activo, altamente inflamable y tóxico.

En la Fig. 17 se observan las categorías toxicológicas predominantes de los plaguicidas empleados-31 ingredientes activos-. El 71% pertenece a las categorías "III" y "IV" de SENASA, poco peligroso y normalmente no peligroso respectivamente. El 29% restante se encuentran en la categoría "I" y "II", con mayor participación de insecticidas en las

categorías más peligrosas, debido a la utilización de organofosforados, piretroides y carbamatos.

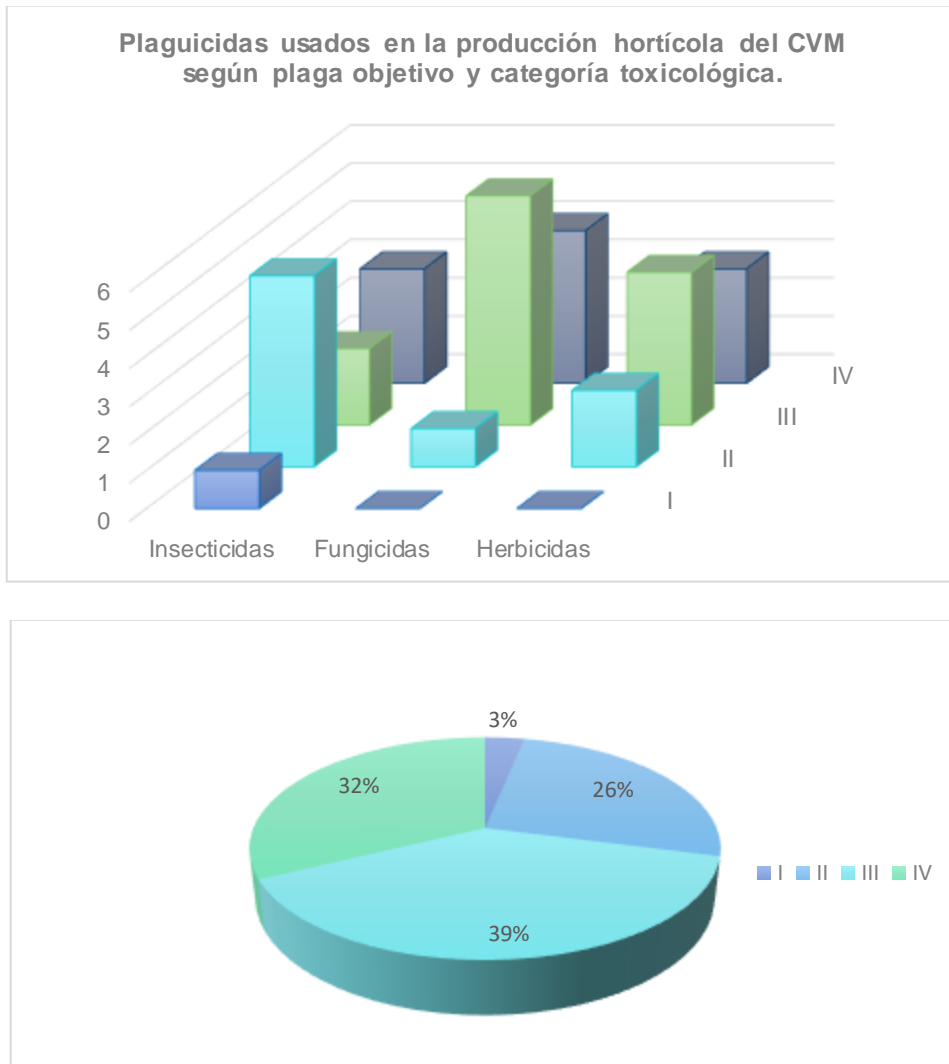


Figura 17: Distribución de plaguicidas del CVM según categoría toxicológica (Res. 302-2012 SENASA)

Para complementar el análisis de los resultados obtenidos mediante el cálculo del EIQ y hacer énfasis en el impacto sobre el medio ambiente de los plaguicidas aplicados en horticultura, se consultaron algunos parámetros físico-químicos en la “Pesticide Properties Database” (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/>), los cuales se encuentran resumidos en la **Tabla 20**.

El destino ambiental de los plaguicidas es complejo, ya que una vez aplicados, su interacción con el suelo y el agua está controlada por numerosas y simultáneas reacciones físico-químicas y biológicas. De las cuales la solubilidad en agua, la biodegradabilidad de la sustancia, la capacidad para adherirse a los coloides edáficos, y la facilidad para lixiviarse hacia aguas subterráneas, definen el destino dentro de algún

compartimento de la matriz ambiental, así como su persistencia. A fin de exponer algunas de estas propiedades se tabularon cinco parámetros, la solubilidad del plaguicida en agua a 20°C, el tiempo de semi-desintegración o vida media en el suelo DT₅₀, el logaritmo del coeficiente de adsorción de carbono orgánico K_{oc}, la Constante de Henry H y el logaritmo del coeficiente de partición octanol:agua K_{ow}.

Tabla 20: Propiedades físicoquímicas de los plaguicidas aplicados en hortalizas con mayor impacto.

Plaguicida Ingrediente activo	Destino ambiental		Log K _{oc}	Volatilización	Lipofilicidad
	Solubilidad H ₂ O 20°C (mg.L ⁻¹)	DT ₅₀ (días)		H ₂₅ °C (Pa. m ³ .mol ⁻¹)	Log K _{ow} PH=7 20°C
<i>Metam sodio</i>	578	7	1.25	8.34 x 10 ⁻⁶	-2.91
<i>Fosfuro de Al</i>	371	0.2	-	33 269	-0,27
<i>Sulfato de Cu</i>	3.42	10 000	9 500	-	0.44
<i>Oxicloruro Cu</i>	1.19	10 000	3.60	-	0.44
<i>Mancozeb</i>	6.2	0.1	2.99	5.9 x 10 ⁻⁴	1.33
<i>Aceite mineral</i>	0.01	65	9.09 x 10 ⁶	1.64 x 10 ⁻³	12.13
<i>Clorpirifos</i>	1.05	50	3.91	0.478	4.7
<i>Imidacloprid</i>	610	191	2.64	1.7 x 10 ⁻¹⁰	0.57
<i>Pendimetalin</i>	0.33	182.3	4.24	1.27	5.4
<i>Metribuzin</i>	1165	11.5	1.78	2 x 10 ⁻⁵	1.65
<i>Glifosato</i>	10 500	15	1 424	2.1 x 10 ⁻⁷	-3.2

Fuente: (Pesticide Properties Database, 2017)

Las fumigantes metam sodio y fosfuro de aluminio tienen una persistencia muy baja en el suelo, justamente por convertirse en metilisocianato y fosfina inmediatamente después de ser aplicados, volatilizándose rápidamente.

Los valores altos de K_{oc} y K_{ow} del clorpirifos, correspondientes a escasamente móvil y lipoficidad alta, según la FAO (2000), indican el considerable potencial de acumulación

en el suelo y en la biota de esta sustancia. Al ser hidrofóbico se adhiere fácilmente a la materia orgánica presente en el agua y en los sedimentos; también presenta absorción dérmica potencial, es decir, atravesaría la piel con facilidad. Los procesos de degradación más importantes del clorpirifos son la oxidación y la hidrólisis química y bioquímica, esta última por medio de enzimas fosfatasas, a tricloropiridinol (TCP), el producto principal. Mientras que el principal producto de oxidación es el oxón clorpirifos, que se hidroliza rápidamente a TCP, el que finalmente es degradado a compuestos organoclorados y dióxido de carbono por diversos organismos (Giesy et al., 1999; Tomlin, 2009).

El mancozeb en contraste, presenta valores más bajos de Koc y Kow, por lo que es clasificado como ligeramente móvil y de lipofilicidad baja; a su vez, es moderadamente soluble, por lo cual presenta posibilidad de lixiviación e ingreso a las fuentes de agua. Sin embargo esto también depende de la interacción suelo-plaguicida; si esta es débil, por más que la sustancia presente altos valores de Kow y Koc, ingresará a los cuerpos de agua a pesar de su carácter lipófilo. Su principal metabolito, la etilentiourea (ETU) en intoxicaciones crónicas en mamíferos tiene implicancias cancerígena y tiroidea, y un alto potencial cardiotoxico sobre algunas especies ícticas.

El pH básico del agua favorece la hidrólisis de enlaces éster en plaguicidas como clorpirifos y mancozeb, para su transformación en TCP y ETU, respectivamente. Además la presencia de cobre en el agua favorece la hidrólisis química bajo estas condiciones de pH (Liu, 2001). En el caso de la provincia de Mendoza se dan estas dos características, tanto de pH básico como de presencia de metales en el agua, incluyendo cobre, plomo y zinc en concentraciones muy bajas y cadmio en concentraciones mayores (Bermejillo et al., 2008).

Los fungicidas cúpricos, caldo bordelés y oxiclورو de cobre tienen una gran persistencia en el suelo, debido a la no degradación química ni microbiológica del cobre, que es un metal pesado, y, por lo general, queda adherido a los coloides del suelo.

El imidacloprid y el metribuzin son sumamente solubles, tienen afinidad de unión moderada a materiales orgánicos en suelos, son elementos móviles, con una lipofilicidad muy baja, por lo que no tienen afinidad con los tejidos grasos. Presentan altas probabilidades de ser lixiviados hacia aguas subterráneas.

El pendimentalin es poco soluble, con una lipofilicidad alta. Se adsorbe fuertemente en la mayoría de los suelos, sobre todo en los que presentan altos contenidos de materia orgánica y arcilla. Por lo anterior no se lixivia en forma apreciable en casi todos los suelos y constituye un riesgo mínimo de contaminación para las aguas subterráneas.

Una pequeña parte de este plaguicida puede perderse por volatilización en suelos recientemente tratados y cuando la temperatura es alta o por fotólisis en las capas superficiales. En los sistemas terrestres es degradado por un proceso poco conocido, que parece ser más químico que biológico y que involucra reacciones de reducción del grupo nitro y/o de desalquilación. Este proceso suele ser más rápido en condiciones anaerobias que aerobias. Es estable a la hidrólisis en los sistemas acuáticos, pero desaparece rápidamente de la columna de agua por fotólisis o adsorción a la materia orgánica y sedimentos suspendidos. Se degrada rápidamente bajo condiciones anaerobias en el fondo de los cuerpos de agua (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México-INECC-, 2017).

El glifosato presenta solubilidad alta, lipofilicidad baja. Diversos estudios han demostrado que una vez aplicado, es fuertemente adsorbido por los componentes del suelo, tales como arcillas, óxidos de hierro y ácidos húmicos, lo que se condice con su Koc alto, clasificado como “no móvil” por la FAO (2000). Sufre una importante degradación, principalmente de tipo biológico, siendo su metabolito mayoritario el ácido aminometilfosfónico (AMPA). De acuerdo con estos datos, no sería previsible su presencia en altas concentraciones en las aguas subterráneas y/o superficiales. Sin embargo, diversos autores han reportado niveles de glifosato y AMPA del orden de ppb en aguas, especialmente en las superficiales (Camino y Aparicio, 2010).

Capítulo V: CONCLUSIONES

Actualmente hay una creciente preocupación por los problemas de contaminación que se generan en el periurbano productivo, que además está sujeto a dinámicas territoriales complejas, haciéndose cada vez más difícil para el pequeño productor ser competitivo. La adopción de prácticas sustentables puede contribuir al éxito del productor en el largo plazo. Esto es especialmente significativo en el productor hortícola, que pertenece al grupo más vulnerable, desde el punto de vista socioeconómico, y que cumple un rol muy importante, por su contribución con alimentos frescos y de calidad a los habitantes de la ciudad.

Se rechaza la hipótesis inicial en la cual se planteaba que los productores menos capitalizados, con organización familiar del trabajo, aplicaban estrategias sanitarias de mayor impacto ambiental, ocurriendo la situación opuesta. Los modelos socio-productivos no capitalizados, 1 y 3, resultaron de menor impacto. Estos representan un porcentaje pequeño del valor total del indicador para la zona, del 8%. Mientras que los

modelos capitalizados, que comprenden el modelo 2 y del 4 al 7 completan el 92% restante del valor total del EIQ porcentual acumulado en el Cinturón Verde de Mendoza.

Si se analiza desde el punto de vista de la superficie a partir de la cual se origina la contaminación difusa por la aplicación de agroquímicos, el impacto de los productos aplicados por los modelos capitalizados, cobra importancia por su extensión espacial, ocupando un 77% del total. Mientras que los productores con organización del trabajo familiar, si bien representan una gran cantidad de EAPs-65% del total-, espacialmente son más acotados, con una superficie total implantada considerablemente menor. Es decir, el impacto es mucho menor y la importancia social es mayor, ya que comprenden más del 50% de los productores de hortalizas.

La hipótesis en la cual los sistemas mixtos tendrían mayor impacto se acepta parcialmente, ya que ese impacto no estuvo asociado al cultivo de vid u olivo, sino mayormente a la técnica de desinfección química del suelo con metam sodio, requerida por el tomate.

El clorpirifos es el insecticida más usado, para combatir diversas plagas como los pulgones en hortalizas de hoja, la polilla del tomate, la mosca de la cebolla, el taladrillo del olivo. Su alto valor de EIQ se atribuye a su aplicación en la mayor parte de los modelos analizados y en frecuencias relativamente altas a lo largo del año. El oxicloruro de cobre, así como también el caldo bordelés, constituyen los fungicidas más usados en horticultura y en viticultura respectivamente. Sus altos valores de EIQ se atribuyen a las dosis y frecuencias de aplicación elevadas, que aumentan durante el verano. El pendimetalin resultó ser el herbicida más usado, pre-emergente, se aplica en lechuga y ajo en frecuencias altas.

Es necesario comprender mejor el impacto de los plaguicidas aplicados en horticultura, su destino y transporte a través de distintos compartimentos ambientales, para mejorar su selección y patrón de aplicación. Por esto toma relevancia este estudio preliminar de las principales estrategias fitosanitarias aplicadas en la zona, para combatir las plagas más comunes. Sin embargo es tan solo un primer paso, que contribuye a la posterior evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Es necesario continuar investigando, teniendo en cuenta que en el presente estudio, se consideraron las dosis recomendadas por el marbete del producto, según las regulaciones de SENASA, lo cual no siempre sucede, pudiendo estar subestimando el impacto.

El uso de indicadores, útil para comparar entre distintos modelos socioproductivos, podría complementarse con otros métodos para poder tomar decisiones a mayor escala. Esto incluye al monitoreo ambiental de plaguicidas, en suelos, aguas superficiales y

subterráneas, y la simulación y aplicación de modelos de transporte de contaminantes. Estos últimos se pueden usar junto con un sistema de información geográfica, para integrar la información del área de estudio, del clima, las dosis, frecuencias y datos de toxicidad de los plaguicidas, y así evaluar posibles escenarios futuros.

Con respecto a la detección y cuantificación de metabolitos de plaguicidas, es fundamental conocer qué productos se aplican más frecuentemente, sus dosis y propiedades físico-químicas. Por esto el presente trabajo puede tenerse en cuenta para tener una idea aproximada de qué podemos encontrar, y en dónde, es decir, en que compartimento ambiental, lo cual resulta de especial importancia por el alto costo de los análisis de plaguicidas en distintas matrices ambientales.

Así es más factible encontrar el insecticida clorpirifos en suelos, sobre todo aquellos suelos con mayor contenido de arcillas y materia orgánica, que logran una interacción fuerte suelo-metabolito, en este caso del TCP -tricloropiridinol-, principal producto de degradación del clorpirifos. En canales de riego hay mayores probabilidades de encontrar productos con tendencia a lixiviarse, en este caso el fungicida mancozeb, y su principal producto de degradación el ETU-etilenurea-. Mientras que en lo que se refiere a aguas subterráneas, el insecticida imidacloprid y el herbicida metribuzin, podrían estar presentes en mayor medida, junto con el mancozeb.

Por último, se destaca la importancia de contar con una receta agronómica obligatoria en la provincia, con el fin de minimizar la exposición laboral a los plaguicidas de los trabajadores agrícolas, la contaminación de los alimentos y el impacto sobre el ambiente en general.

Además es pertinente tener en cuenta, el ámbito marcado por la economía informal, cada vez más atomizado y desintegrado, en el cual se desenvuelven los horticultores del cinturón verde, y como la continuidad de su actividad está en riesgo, con importantes consecuencias para la sociedad en el mediano y largo plazo. Por lo que, la receta agronómica, no debería constituir un elemento que profundice las relaciones sociales asimétricas entre productores, sino que debería ser una herramienta accesible, que contribuya a mejorar la trazabilidad de los alimentos y reducir los riesgos asociados al uso de plaguicidas.

BIBLIOGRAFÍA

- ADDISCOTT, T.M.; WEGENET, R.J. 1985. Concepts of solute leaching in soils: a review of modelling approaches. *European Journal of Soil Science*. 36:411-424.
- APARICIO, V.; DE GERÓNIMO, E.; GUJARRO, K. H.; PÉREZ, D.; PORTOCARRERO, R.; VIDAL, C. 2015. 1º ed. Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. Balcarce, Buenos Aires. Faimallá, Tucumán. Reconquista, Santa Fe. Ediciones INTA. 13.
- ARGENBIO. 2016. 20 años de cultivos transgénicos en el mundo y en la Argentina 1996-2016. Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Argentina. Disponible en: <http://porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=43> [Fecha de consulta: 7/10/2016].
- ARREGUI, M.C.; PURICELLI, E. 2008. Mecanismos de Acción de Plaguicidas. Dow Agrosiences. 208.
- BARSKY, A. 2005. El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. 9 (194): 36.
- BARSKY, A. 2012. La complejidad territorial de la interfase urbano-rural como soporte para el desarrollo de la agricultura periurbana. En: Mitidieri, M.; Corbino, G. (Ed.). *Manual de horticultura periurbana*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Ediciones. Centro Regional Buenos Aires Norte. Argentina. 22-27.
- BEDMAR, F. 2011. Informe especial sobre plaguicidas agrícolas. Buenos Aires. Argentina. *Revista Ciencia Hoy*. 21 (122): 10-16. Disponible en: <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Usotierra/CH%20Plaguicidas%20fin.PDF>
- BECERRA V.C.; HERRERA M.E.; GONZALEZ M.F.; MENDOZA G.B. 2015. Cap. I. Vid. Lobesia botrana Den et Schiff (Polilla europea del racimo). En: *Plagas cuarentenarias de frutales de la República Argentina. Avances en los resultados*. 19-29. Coord.: Rossini, M., Agostini, J.P., Dummel, D.M. Centro Regional Patagonia Norte. INTA.
- BERMEJILLO, A.; ZULUAGA, J.; DROVANDI, A.; FILIPPINI, M.; MARTI, L.; CÓN SOLI, D.; VALDÉS, A.; MORSUCCI, A. 2008. Modificación de la calidad del agua de riego y riesgo freático en el Cinturón Verde de Mendoza. IV Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego. Hacia un manejo sustentable de los recursos naturales ante escenarios de escasez hídrica. Luján de Cuyo, Mendoza. Argentina. Disponible en: <http://www.ina.gov.ar/pdf/CRA-IVFERTI/CRA-RYD-8-Bermejillo%20.pdf>

- BUSTOS, R. M. 2014. Transformación y heterogeneización de la estructuración social agraria de Mendoza: los pequeños y medianos productores del Valle de Uco. En: Bustos, R.M. (Ed). Nacidos y criados, una especie en extinción. Identidad y disputas por el agua de riego de los pequeños productores en los oasis de Mendoza. EDIUNC. Mendoza, Argentina. 50-52.
- BURBA, J.L. 2003. Producción de ajo. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA EEA La Consulta. Mendoza, Argentina. 24-27.
- CARRIZO, A.; CARRASCO, F.; AYBAR, S.; LEIVA, S.; MATÍAS, A. 2015. Estimación del Coeficiente de Impacto ambiental en diferentes estrategias fitosanitarias en sistemas de pequeños productores de Nogal, como una herramienta hacia una transición agroecológica en Catamarca, Argentina. Congreso Latinoamericano de Agroecología. La Plata, Argentina. Disponible en: <http://memoriasocla.agro.unlp.edu.ar/pdf/A1-241.pdf>
- CAMINO, M. APARICIO, V. 2010. Aspectos ambientales del uso de glifosato. Estación Experimental Agropecuaria INTA BALCARCE. 9-17. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-aspectos_ambientales_del_uso_de_glifosato__version_pa.pdf
- CASAFE. 2015. Guía de Productos Fitosanitarios. Productos de la A-Z. Edición 2015-2017. Buenos Aires. Argentina.
- CATANIA C D.; AVAGNINA M.S.; ULIARTE E. M.; DEL MONTE R.F.; TONIETTO, J. 2012. Clima vitícola y tipicidad de los vinos en países iberoamericanos. En: Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas iberoamericanas. Tonietto J., Sotés V., Gomez-Miguel V.D. (Eds.). CYTED, Madrid, España. 49-95.
- CECCON, E. 2008. La revolución verde, tragedia en dos actos. Rev. Ciencias. México. 91 (1):21-29. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Eliane_Ceccon/publication/41037229_La_revolucion_verde_tragedia_en_dos_actos/links/0c96052016c86c1d98000000.pdf
- CONSTANTINO, A; FRANK, F.; D'ANGELCOLA, M. E. 2012. Evaluación ambiental de la horticultura periurbana. . En: Mitidieri, M.; Corbino, G. (Ed.). Manual de horticultura periurbana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Ediciones. Centro Regional Buenos Aires Norte. Argentina. 115-117.
- CUCCHI, N. J. A.; BECERRA, V.C. 2015. Manual de tratamientos fitosanitarios para cultivos de clima templado bajo riego. Sección IV: Olivo. Buenos Aires, Argentina. Ediciones INTA. 27-150. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_de_tratamientos_fitosanitarios_para_culti.pdf

- DAMALAS, C. A.; ELEFTHEROHORINOS, I. 2011. Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators. In: International Journal of Environmental Research and Public Health. Greece. 8:1402-1419. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3108117/pdf/ijerph-08-01402.pdf>
- DE GERÓNIMO E.; APARICIO V.C.; BÁRBARO S.; PORTOCARRERO R.; JAIME S.; COSTA J.L. 2014. Presence of pesticides in surface water from four sub-basins in Argentina. Chemosphere 107: 423–431. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653514001052>
- DUGGLEBY, R. G.; PANG, S. S. 2000. Acetohydroxyacid synthase. Journal of Biochemistry and Molecular Biology 33: 1–36.
- DUKE, S. O. 1996. Herbicide-Resistant Crops: Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory and Technical Aspects. CRC Press, Lewis Publ. Boca Raton, FL. 420.
- DUKE, S. O; DAYAN, F. 2011. Bioactivity of herbicides. p. 23-35. In: Moo-Young, M. (ed.). Comprehensive biotechnology. 2nd ed. Vol. IV. Elsevier Science. Amsterdam, The Netherlands. 452.
- FAO. 1990. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. Rome, Italy.
- FAO. 2000. Parámetros de los plaguicidas que influyen en los procesos que tienen lugar en el suelo. En Colección FAO: Evaluación de la contaminación del suelo. Manual de referencia. Documento de campo. Roma, Italia.
- FAO. 2004. Plan Director de la Cuenca del Río Mendoza. Gobierno de Mendoza. Departamento General de Irrigación. Disponible en: http://economia.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/44/2016/08/PENSADOPlan_directorMza_octubre06.pdf
- FERNÁNDEZ, J. 1998. Environmental and economic consequences of technology adoption: IPM in viticulture. In Agricultural Economics Journal. Washington. United States. 18 (2):145-155. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169515098800030>
- FERNÁNDEZ, J. 2012. La producción de hortalizas en Argentina. Secretaría de Comercio Interior. Corporación del Mercado Central de Buenos Aires. 4-6. Disponible en: http://www.mercadocentral.gob.ar/ziptecnicas/la_produccion_de_hortalizas_en_argentina.pdf
- FRAC. 2017. Global classification of fungicides according to site of action. Available in: <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2017-final.pdf?sfvrsn=2>

- GALMARINI, C. 2009. Programa Nacional de Hortalizas, Flores y Aromáticas. Documento de base. INTA. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp_documento_base_del_programa_nacional_hortalizas_flor.pdf
- GARCÍA ANGULO, P.; ALONSO SIMÓN, A.; ENCINA, A.; ALVAREZ, J. M.; ACEBES, J.L. 2012. Cellulose Biosynthesis Inhibitors: Comparative Effect on Bean Cell Cultures. *Int J Mol Sci.* 2012; 13(3): 3685–3702.
- GARCÍA, M. 1994. Plagas del viñedo cuyano. En: Sanidad de la vid. Plagas. Virosis. Enfermedades. Malezas. Pp 1-2. Enciclopedia Agro de Cuyo. Fascículo 8. INTA Centro Regional Cuyo.
- GRAVILESCU, M. 2005. Fate of Pesticides in the Environment and Its Bioremediation. In *Engineering in Life Science.* 5 (6): 497-526. Available in: https://www.researchgate.net/publication/229697866_Fate_of_Pesticides_in_the_Environment_and_Its_Bioremediation
- GIESY, J.P.; SOLOMON, K.R; COATS; J.R.; DIXON, K.R; GIDDINGS, J.M.; KENAGA, E.E. 1999. Chlorpyrifos: Ecological Risk Assessment in North American Aquatic Environments. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 160: 1-129.
- HRAC. 2017. Global Classification of herbicides according to site of action. Available in: http://hos.ufl.edu/sites/default/files/users/curtistr/Classification%20of%20Herbicides%20According%20to%20Site%20of%20Action_Apr%206.pdf
- INDEC 2009. Censo Nacional Agropecuario 2008. Disponible en: <http://estadistica.cba.gov.ar/Inicio/Censos/CensoNacionalAgropecuario2008/tabid/393/language/es-AR/Default.aspx>
- INECC. 2017. Sistema de Inventario Nacional de Sustancias Químicas. Plaguicidas. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/pendimetalin.pdf>
- INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL (IDR). 2015. Estimación de la Superficie cultivada con hortalizas en Mendoza. Temporada 2015-2016. Mendoza. Argentina. Disponible en: <http://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2016/04/ESTIMACI%C3%93N-DE-LA-SUPERFICIE-INVIERNO-VERANO.pdf>
- IPCC. 2014. CAMBIO CLIMÁTICO 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Parte A: Aspectos mundiales y sectoriales. Parte B: Aspectos regionales. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC.
- IDR. 2011. Estimación de la Superficie cultivada con hortalizas en Mendoza. Temporada 2011-2012. Mendoza. Argentina. Disponible en: http://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2012/04/Informe-Relevamiento-Horticola-2011-2012_FINAL1.pdf

- IRAC ARGENTINA. 2017. Grupos de acaricidas en insecticidas clasificados según el modo de acción en la plaga. Disponible en: <http://irac-argentina.org/grupos-de-insecticidas-acaricidas-basados-en-el-modo-de-accion-y-sitio-de-accion/>
- JEKEL, M.; REEMTSMA, T. 2006. Organic Pollutants in the Water Cycle in Properties, Occurrence, Analysis and Environmental Relevance of Polar Compounds. Ed. WC Society. Berlin, Germany.
- JENKINS, J.J.; THOMSON, P.A. 1999. OSU Extension Pesticide Properties Database, Oregon State KEMI (National Chemicals Inspectorate). 1992. Pesticide Data Fact Sheet. Sweden
- KATÁN, J.; DE VAY, J. E. 1991. Soil solarization: historical perspectives, principles and uses. In: Katán, J. y De Vay, J. E. Soil Solarization. CRC Press. 23-37.
- KOVACH, J.; PETZOLDT, C.; DEGNI, J. & TETTE, J. 1992. A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. In New York's Life and Sciences Bulletin. New York. 139: 1-8. Available in: <http://dSPACE.library.cornell.edu/bitstream/1813/5203/1/FLS-139.pdf>.
- KYEONG-SEOK, O.; BYUNG-MOO, L.; HA-JUNG, S.; HONG-GYU, O.; YANG-BIN, I.; KEE-SUNG, K. 2003. The Environmental Impact Quotient on Fruit and Vegetables Pesticides in Korea. In The Korean Journal of Pesticide Science. Korea. 7 (2): 123-130. Available in: http://www.koreascience.or.kr/article/ArticleFullRecord.jsp?cn=NOGHBC_2003_v7n2_123
- LEVITAN, L. 1997. An Overview of Pesticide Impact Assessment Systems based on Indexing or Ranking Pesticides by Environmental Impact. Impact. Cornell University. Ithaca, New York, USA. 14853. Available in: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.195.3449&rep=rep1&type=pdf>
- LIU, B. 2001. Hydrolysis of chlorpyrifos in natural waters of the Chesapeake Bay. Chemosphere. 44 (6): 315-323.
- MAFFEI, J.; BUENO, L. 2011. Suelos y Fertilización. Olivicultura en Mendoza. Raigambre de una actividad que se renueva. Ed. Fundación Pedro Marzano, Buenos Aires. 157-174.
- MATTHIESSEN, J. N.; SHACKLETON, M. A. 2005. Biofumigation: environmental impacts on the biological activity of diverse pure and plant-derived isothiocyanates. Pest Management Science. Wembley, Australia. 61:1043-1051.

- MENDOZA, G.; SÁNCHEZ, J.; BECERRA, V. 2014. Impacto ambiental de tres estrategias fitosanitarias para el control de *Lobesia botrana*. 37th World Congress of Vine and Wine and 12th General Assembly of the OIV. Mendoza, Argentina. Disponible en: http://oiv.edpsciences.org/articles/oiv/pdf/2014/01/oiv2014_05009.pdf
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE LA NACIÓN. 2010. La horticultura en Argentina. Informe Final. Argentina. 20-23.
- MIRANDA, O.; VALENZUELA, S.; VAN DEN BOSCH, M. E. 2006. Caracterización de los sistemas productivos agropecuarios de Mendoza y San Juan. Inédito. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-0_intro.pdf
- MORSEA, S.; BENNETT, R.; ISMAEL, Y. 2006. Environmental impact of genetically modified cotton in South Africa. In *Agriculture, Ecosystems & Environment Journal*. South Africa. 117 (4): 277-289. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880906001496>
- MITIDIERI, M.; BRAMBILLA, V.; SALIVA, V.; PIRIS, E.; PIRIS, M.; CELIÉ, R.; PEREYRA, C.; DEL PARDO, K.; CHAVES, E.; GONZÁLEZ, J. 2009. Efecto de distintas secuencias de tratamientos de biofumigación sobre parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo, el rendimiento y la salinidad de cultivos de tomate y lechuga bajo cubierta. *Buenos Aires. Horticultura Argentina* 28(67): 5-17.
- MUHAMMETOGLU, A.; USLU, B. 2007. Application of environmental impact quotient model to Kumluca region, Turkey to determine environmental impacts of pesticides. In *Water, Science and Technology Journal*. Turkey. 56 (1):139-145. Available in: <http://wst.iwaponline.com/content/56/1/139>
- MUHAMMETOGLU, A.; DURMAZ, S. USLU, B. 2010. Evaluation of the Environmental Impact of Pesticides by Application of Three Risk Indicators. In *Environmental Forensics Journal*. Turkey. 11:179-186.
- NARVÁEZ, J.F.; PALACIO, J.A.; MOLINA, F. J. 2012. Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad. Una revisión de los procesos de degradación natural. *Revista Gestión y Ambiente*. Antioquia, Colombia. 15 (3): 27-37.
- NILLESEN, E.; SCATASTA, S.; WESSELER, J. 2006. Do environmental impacts differ for Bt, Ht and conventional corn with respect to pesticide use in Europe? An empirical assessment using the Environmental Impact Quotient. *Bulletin of the meeting Ecological Impact of Genetically Modified Organisms*. The Netherlands. 29 (5): 111-120. Available in: http://www.iobc-wprs.org/pub/bulletins/iobc-wprs_bulletin_2006_29_05.pdf#page=127

- ORIOLANI E. J. A.; GATICA DE MATHEY M. 1994. Enfermedades de la vid en Mendoza y San Juan. En: Sanidad de la vid. Plagas. Virosis. Enfermedades. Malezas. Enciclopedia Agro de Cuyo. Fascículo 8. INTA Centro Regional Cuyo. 6-18.
- PESTICIDE ACTION NETWORK (PAN). 2010. Environmental effects of pesticide. An impression of recent scientific literature. Europe. Available in: <http://pan-international.org/europe/>
- PERAZZOLI, A. G. 2001. Cultivos transgénicos, evaluación de riesgos y manejo de incertidumbre. Rev. AMBIOS. Uruguay. Año 2. Números 5 y 6.
- PEREZ JONES, A.; POLGE, PARK, K. W.; N.; COLQUHOUN, J.; MALLORY-SMITH, C. A. 2007. Investigating the mechanism of glyphosate resistance in *lolium multiflorum*. *Planta* 226(2):395-404.
- PÉREZ, M.E.; RUIZ, M.D.; SCHNEIDER, M.; AUTINO, J. C; ROMANELLI, G. 2013. La química verde como fuente de nuevos compuestos para el control de plagas agrícolas. *Ciencia en desarrollo*. 4 (2): 83-91. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-74882013000200010&script=sci_arttext&tlng=es
- PINA, J. I. 2012. Clasificación Toxicológica y Etiquetado de Productos Fitosanitarios. Criterios regulatorios Locales e Internacionales. Serie de Informes Especiales ILSI Argentina. International Life Science Institute-ILSI-. 1 ed. Vol. 3. Buenos Aires. Argentina.
- PRADEL, W.; FORBES, G. A.; ORTIZ, O.; COLE, D.; WANIGARATNE, S.; MALDONADO, L. 2009. Use of the environmental impact quotient to estimate impacts of pesticide usage in three Peruvian potato production areas. Lima. Perú. Available in: <http://www.sweetpotatoknowledge.org/wp-content/uploads/2016/01/2009-Use-of-the-environmental-impact-quotient-to-estimate-impacts-of-pesticide-usage-in-three-Peruvian-potato-production-areas.pdf>
- RAMÍREZ, J.A; LACASAÑA, M. 2001. Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch. Prevención Riesgos Laborales*. Barcelona. España. 4 (2): 67-75.
- RAMÍREZ, M. R.; JACOBO, J L. 2002. Impacto ambiental del Uso de Plaguicidas en Huertos de Manzano del Noroeste de Chihuahua, México. *Rev. Mexicana de Fitopatología*. Texcoco. México. 20 (2): 168-173. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/612/61220206.pdf>
- REGAIRÁZ, M. C. 2000. Suelos de la provincia de Mendoza. Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina argentina. Extraído en Marzo de 2017. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/catalogo/cdandes/copy.htm#001>

- REGANOLD, J. P.; GLOVER J. D.; ANDREWS, P. K.; HINMAN, H. R. 2001. Sustainability of three apple production systems. In Nature Journal of Science. Washington. United States. 410: 926-930. Available in: <http://www.nature.com/nature/journal/v410/n6831/full/410926a0.html>
- RIHA, S.; LEVITAN, L.; HUTSON, J. 1998. Environmental impact assessment: The quest for a holistic picture. Proceedings of the Third National Integrated Pest Management Symposium/Workshop. Washington, D.C. USA. 23.
- ROMANELLA, C. A. 1957. Los suelos de la región del Río Mendoza. Boletín de estudios geográficos Nº 14. Vol. IV. Enero-Marzo 1957. Mendoza, Argentina. 1-55.
- SENASA. 2012. Resolución 302. Anexo I. Artículo 8. Clasificación toxicológica según riesgos y valores de DL50 aguda de productos formulados. Disponible en: www.senasa.gov.ar
- SENSEMAN, S. 2007. Herbicide Handbook, 9th Edition. Weed Science Society of America, Lawrence KS. 458.
- SICAR. 2017. Sistema de Información Catastral y Registral de la Dirección de Información. Departamento General de Irrigación. Mendoza, Argentina. Mapas dinámicos. Disponible en: http://www.irrigacion.gov.ar/mapserver/sicar_web_produccion/intro/paginas/mapas.htm#
- SPIRO, T.G., STIGLIANI, W.M. 2004. Química medioambiental. Segunda edición. Pearson Educación S.A. (editorial). Madrid, España. 619.
- STRAFILE D. R., BECERRA V. C. 2001. Sanidad del viñedo argentino. IDIA XXI. 53 - 56.
- TOMLIN, C. 2009. The Pesticide Manual. A World Compendium. British Crop Protection Council. 15th Revised Edition. 1053.
- TRENKAMP, S.; MARTIN, W.; TIETJEN, K. 2004. Specific and differential inhibition of very-long chain fatty acid elongases from Arabidopsis thaliana by different herbicides. Proc Natl Acad Sci U S A. 2004 August 10; 101(32): 11903–11908.
- VALDERRAMA, J. F.; PALACIO, J. A; MOLINA, F. J. 2012. Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad. Revista Gestión y Ambiente. Medellín, Colombia. 15: 27-37.
- VAN DEN BOSCH, M.; ALTURRIA, L.; ABRAHAM, L; HIDALGO, V.; COMELAS, E.; VIDELA, E.; FIORETTI, S. 2013. El Oasis Norte de Mendoza como proveedor de servicios ambientales. Análisis de las percepciones de la población residente. XLIV REUNIÓN ANUAL DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ECONOMÍA AGRARIA. San Juan, Argentina.

- VAN DEN BOSCH, M. E.; RUGGERI, M.A. 2014. Cinturón Verde de Mendoza. Análisis de la dinámica intercensal de las explotaciones agropecuarias. IV Congreso Regional de Economía Agraria. Buenos Aires, Argentina.
- VAN DEN BOSCH, M. E. 2016. Validación de los modelos socioproductivos del Cinturón Verde de la provincia de Mendoza. (Memoria de extensión inédita). Proyecto Regional con enfoque territorial Contribución al desarrollo sostenible del cinturón verde de Mendoza. INTA EEA Mendoza, Argentina.
- VIGLIZZO, E. F.; FRANK, F. C. 2010. Erosión del suelo y contaminación del ambiente. En: Viglizzo, E. F.; Jobbágy, E. (Ed.). Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ambiental. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 37. Disponible en: http://www.iai.int/wp-content/uploads/expansion_frontera_agropecuaria_2010.pdf
- VILLAAMIL, E. C.; BOVI MITRE, G.; NASSETTA, M. 2013. Situación actual de la contaminación por plaguicidas en Argentina. Rev. Internacional de Contaminación Ambiental. Número especial sobre plaguicidas. Buenos Aires. Argentina. 29: 25-43.
- ZACHARIA, J. T. 2011. Identity, Physical and Chemical Properties of Pesticides. Pesticides in the Modern World. Trends in Pesticides Analysis. Tanzania. Ed. Dr. Margarita Stoytcheva. 514.
- ZITA PADILLA, G. A. 2012. Resistencia de malas hierbas a herbicidas inhibidores de la enzima ACCasa. Universidad de Córdoba, España. Tesis Doctoral. 211.

ANEXO 1: CUADRO DE CAT. TOXICOLÓGICAS DE LOS IA USADOS EN EL CVM

Ingrediente Activo	Uso	CT	Formulación	Clasificación Química
<i>Aceite emulsionable</i>	Acaricida e Insecticida	IV	EC	Derivado del petróleo
<i>Cipermetrina</i>	Insecticida	II	EC	Piretroide
<i>Clorantropilprole</i>	Insecticida de contacto e ingestión	IV	SC/WG	Diamidas antranílicas
<i>Clorfenapir</i>	Acaricida e Insecticida de contacto e ingestión	II	SC	Pirazol
<i>Clorpirifos</i>	Insecticida de contacto	II	EC	Organofosforado
<i>Dimetoato</i>	Insecticida de contacto, sistémico, ingestión	II	EC	Organofosforado
<i>Fosforo de aluminio</i>	Acaricida/Insecticida/Rodenticida/Gorgojicida (Inhalación)	Ia	GE	Inorgánico
<i>Imidacloprid</i>	Insecticida de contacto y sistémico	III	WG	Neonicotinoide
<i>Lambdacialotrina</i>	Insecticida de contacto e ingestión	II	EC	Piretroide
<i>Metoxifenocida</i>	Insecticida de contacto e ingestión	IV	SC	Diacilhidrazina
<i>Novaluron</i>	Insecticida de contacto e ingestión	III/IV	EC/SC	Benzofenilurea
<i>Bromoxinil</i>	Herbicida postemergente	II	EC	Hidroxibenzonitrilo
<i>Diuron</i>	Herbicida pre emergente	III	SC	Urea
<i>Glifosato</i>	Herbicida sistémico	III	SL/SG	Fosfonometilglicina
<i>Linuron</i>	Herbicida de contacto (pre/post)	III	SC	Urea
<i>Metribuzim</i>	Herbicida (pre/post)	II	SC	Triazina
<i>Pendimentalin</i>	Herbicida pre emergente	IV	CS	Dinitroanilina
<i>Setoxidim</i>	Herbicida sistémico post	IV	EC	Dionoxima
<i>Hidrazida maleica</i>	Fitorregulador (antibrotante)	III	s/f	Diazina
<i>Metam sodio</i>	Fungicida, herbicida y nematocida	II/III	s/f	Ditiocarbamato
<i>Azoxistrobina</i>	Fungicida	III	SC	Estrobilurina
<i>Azufre micronizado</i>	Acaricida y fungicida	IV	WP	Inorgánico
<i>Caldo bordelés</i>	Fungicida	IV	SC	Inorgánico
<i>Captan</i>	Curasemillas/Fungicida suelo-foliar-postcosecha	III/IV	WP/SC	Ftalimida
<i>Clorotalonil</i>	Fungicida	III	SC	Cloronitrilo
<i>Difenoconazole</i>	Fungicida	III	SC	Triazol
<i>Kasugamicina</i>	Bactericida y Fungicida sistémico	IV	SL	Antibiótico
<i>Mancozeb</i>	Fungicida de contacto	IV	WP/SP	Ditiocarbamato
<i>Miclobutanil</i>	Fungicida de contacto y sistémico	III	WP	Triazol
<i>Oxicloruro de cobre</i>	Fungicida de contacto	III	WP/WG	Inorgánico
<i>Zineb</i>	Fungicida de contacto	IV	WP	Ditiocarbamato

ANEXO 2: TABLAS DE CÁLCULO DEL EIQ campo

Tabla 21: Cálculo del EIQ de campo correspondiente al Modelo 1

Ingrediente activo	EIQ t	% IA	Dosis	A	Superficie	EIQ c
Acelga verano						
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,48	0,80	2	0,36	3,96
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	1,00	2		7,90
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,75	2		0,52
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,75	2		3,87
<i>Zineb</i>	38,06	0,70	1,25	1		6,39
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	2,00	1		10,71
Acelga invierno						
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	0,80	1	0,36	4,28
Lechuga invierno						
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	1,20	4	1,50	107,95
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,75	2		31,09
Lechuga verano						
<i>Pendimetalin</i>	30,17	0,50	2,00	1		24,3
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,45	2		1,3
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,45	2		9,7
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	1,20	2	1,50	54,0
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,45	2		1,3
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,45	2		9,7
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,75	1		15,5
						408,62

Siendo:

EIQ t: EIQ teórico; EIQ c: EIQ campo/hectárea; %IA: Porcentaje de ingrediente activo, A: frecuencia de aplicación anual.

Tabla 22: Cálculo del EIQ de campo correspondiente al Modelo 2

Ingrediente activo	EIQ t	% IA	Dosis	A	Superficie	EIQ c
Tomate perita						
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,48	0,45	1		1,57
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,45	1		1,54
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,75	4		20,88
<i>Kasugamicina</i> ¹⁵	45,00	0,02	0,75	1		0,18
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,60	2		4,10
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,60	4		1,18
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,60	4		8,73
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	0,80	2		8,92
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	1,00	1		0,24
<i>Metribuzim</i>	28,37	0,48	0,70	1	1,07	2,58
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,75	2		5,13
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,75	4		1,48
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,75	4		10,91
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	1,00	2		11,15
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	1,25	1		0,30
<i>Metribuzim</i>	28,37	0,48	0,70	1		2,58
<i>Azoxistrobina</i>	26,90	0,20	0,65	2		1,89
<i>Difenoconazole</i>	41,50	0,13	0,65	2		1,83
<i>Metoxifenocide</i>	32,10	0,24	0,30	2		1,25
<i>Clorfenapir</i>	46,10	0,24	0,30	2		1,80

¹⁵ El EIQ teórico de la kasugamicina no se encuentra tabulado, por lo que se considera igual al de la estreptomycin, ambos antibióticos. La kasugamicina es un hexopiranosil mientras que la estreptomycin es un glucopiranosil. Son moléculas semejantes y tienen propiedades toxicológicas similares (Tomlin, 2009).

Acelga verano						
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,48	0,80	2		4,44
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	1,00	2		8,86
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,75	2		0,59
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,75	2	0,85	4,33
<i>Zineb</i>	38,06	0,70	1,25	1		7,17
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	2,00	1		12,00
Acelga invierno						
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	0,80	1	0,85	4,80
Lechuga invierno						
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	1,20	4		68,80
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,75	2	2,03	19,81
Lechuga verano						
<i>Pendimentalin</i>	30,17	0,50	2,00	1		15,5
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,45	2		0,8
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,45	2		6,2
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	1,20	2	2,03	34,4
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,45	2		0,8
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,45	2		6,2
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,75	1		9,9
						366,85

Tabla 23: Cálculo del EIQ de campo correspondiente al Modelo 3

Ingrediente activo	EIQ t	% IA	Dosis	A	Superficie	EIQ c
Ajo						
<i>Pendimentalin</i>	30,17	0,33	4,00	1		39,82
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	0,80	1		16,46
<i>Bromoxinil</i>	17,00	0,35	1,50	1	4,37	8,93
<i>Setoxidim</i>	20,90	0,18	1,50	1		5,77
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	1,20	1		24,69
Tomate perita						
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,48	0,48	1		0,43
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,45	2		0,79
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,08	4		0,54

<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	0,75	1		0,05
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,60	2		1,06
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,60	4		0,31
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,60	4		2,26
<i>Clorotalonil</i>	37,40	0,72	2,50	2		9,42
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	1,00	1		0,06
<i>Metribuzin</i>	28,37	0,48	0,70	1		0,67
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,75	2	0,33	1,32
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,75	4		0,38
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,75	4		2,82
<i>Clorotalonil</i>	37,4	0,72	2,50	2		9,42
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	1,25	1		0,08
<i>Metribuzin</i>	28,37	0,48	0,70	1		0,67
<i>Azoxistrobina</i>	26,90	0,20	0,21	2		0,16
<i>Difenoconazole</i>	41,50	0,13	0,21	2		15,25
<i>Metoxifenocida</i>	32,10	0,24	0,30	2		0,32
<i>Clorfenapir</i>	46,10	0,24	0,30	2		0,46
						142,51

Tabla 24: Cálculo del EIQ de campo correspondiente al Modelo 4

Ingrediente activo	EIQ t	% IA	Dosis	A	Superficie	EIQ c
Ajo						
<i>Pendimetalin</i>	30,12	0,50	3,00	1		25,88
<i>Linuron</i>	19,30	0,50	1,50	1		8,28
<i>Lambdacialotrina</i>	44,20	0,05	0,34	2	7,00	0,86
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	1,20	2		28,24
<i>Bromoxinil</i>	17,00	0,35	1,50	1		5,10
<i>Hidrazida maleica</i>	26,00	0,18	10,00	1		26,76
Cebolla valencianita						
<i>Diuron</i>	26,50	0,80	2,00	1		7,31
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,25	0,32	1	2,11	0,37
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	1,50	3		21,63

Zapallo						
<i>Glifosato</i>	15,30	0,48	4,00	1		7,53
<i>Clomazone</i>	19,63	0,36	1,60	1		2,89
<i>Miclobutanil</i>	24,00	0,40	0,25	1		0,61
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,12	1	3,13	0,79
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,21	2		2,76
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,21	1		1,38
						140,40

Tabla 25: Cálculo del EIQ de campo correspondiente al Modelo 5

Ingrediente activo	EIQ t	% IA	Dosis	A	Superficie	EIQ c
Ajo						
<i>Pendimentalin</i>	30,17	0,50	3,00	1		15,84
<i>Linuron</i>	19,30	0,50	1,50	1		5,07
<i>Lambdacialotrina</i>	44,20	0,05	0,34	2	7,00	0,53
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	0,80	2		11,52
<i>Bromoxinil</i>	17,00	0,35	1,00	1		2,08
<i>Hidrazida maleica</i>	26,00	0,18	10,00	1		16,38
Zapallo						
<i>Glifosato</i>	15,33	0,48	4	1		19,13
<i>Clomazone</i>	19,63	0,36	1,60	1		7,35
<i>Miclobutanil</i>	24,00	0,25	0,25	1	13,00	0,98
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,12	1		2,00
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,21	2		7,02
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,21	1		3,51
						91,40

Tabla 26: Cálculo del EIQ de campo correspondiente al Modelo 6

Ingrediente activo	EIQ t	% IA	Dosis	A	Superficie	EIQ c
Ajo						
<i>Pendimentalin</i>	30,17	0,50	3,00	1	16,00	18,10
<i>Linuron</i>	19,30	0,50	1,50	1		5,79
<i>Lambdacialotrina</i>	44,20	0,05	0,34	1		0,30
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	1,20	1		9,88
<i>Bromoxinil</i>	17,00	0,35	1,00	1		2,38
<i>Lambdacialotrina</i>	44,20	0,05	0,51	1		0,45
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	1,00	1		8,23
<i>Hidrazida maleica</i>	26,00	0,18	4,00	1		7,49
Tomate						
<i>Metam sodio</i>	26,60	0,42	500,00	1	9,00	1256,85
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,25	0,32	1		0,48
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,45	2		2,55
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,70	0,08	4		1,73
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	0,75	1		0,30
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,60	2		3,41
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,60	4		0,98
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,60	4		7,25
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	0,80	2		7,41
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	1,00	1		0,41
<i>Metribuzin</i>	28,37	0,48	0,70	1		2,14
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,75	2		4,26
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,75	4		1,23
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,75	4		9,06
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	1,00	2		9,26
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	1,25	1		0,51
<i>Metribuzim</i>	28,37	0,48	0,70	1		2,14
<i>Azoxistrobina</i>	26,90	0,20	3,25	1		3,93
<i>Difenoconazole</i>	41,50	0,13	3,25	1		3,79
<i>Metoxifenocide</i>	32,10	0,24	0,25	1		0,43

<i>Clorfenapir</i>	46,10	0,24	0,25	1		0,62
Vid						
<i>Caldo bordelés</i>	67,70	0,98	8,00	3		597,11
<i>Azufre micronizado</i>	32,70	0,80	1,60	1		15,70
<i>Clorantraniliprole</i>	18,30	0,19	0,10	1		0,13
<i>Metoxifenocide</i>	32,10	0,24	0,15	1	15,00	0,43
<i>Metoxifenocide</i>	32,10	0,24	0,24	1		0,69
<i>Glifosato</i>	15,33	0,79	2,50	2		22,71
<i>Novaluron</i>	14,30	0,10	1,00	2		1,07
						2009,23

Tabla 27: Cálculo del EIQ de campo correspondiente al Modelo 7

Ingrediente activo	EIQ t	% IA	Dosis	A	Superficie	EIQ c
Olivos						
<i>Glifosato</i>	15,30	0,48	4	2		35,25
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,03	2	1		0,81
<i>Aceite emulsionable</i>	30,09	0,90	30	1	3,00	487,46
<i>Oxicloruro de cobre</i>	33,20	0,84	6	1		100,40
<i>Dimetoato</i>	33,50	0,50	3	1		30,15
Acelga invierno						
<i>Oxicloruro de Cu</i>	33,20	0,84	1,6	1	2,00	17,85
Tomate						
<i>Metam sodio</i>	26,60	0,42	500,00	1		2234,40
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,25	0,32	1		0,86
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,45	4		9,08
<i>Imidacloprid</i>	36,71	0,20	0,08	4	2,00	0,88
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	0,75	4		1,08
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,60	4		12,11
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,60	4		1,74

<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,60	4	12,89
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	0,80	4	26,34
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	1,00	4	1,44
<i>Metribuzin</i>	28,37	0,48	0,70	1	3,81
<i>Captan</i>	15,77	0,80	0,75	4	15,14
<i>Cipermetrina</i>	36,35	0,05	0,75	4	2,18
<i>Clorpirifos</i>	26,85	0,50	0,75	4	16,11
<i>Mancozeb</i>	25,72	0,80	1,00	4	32,92
<i>Kasugamicina</i>	45,00	0,02	1,25	4	1,80
<i>Metribuzim</i>	28,37	0,80	0,70	1	6,35
<i>Azoxistrobina</i>	26,90	0,20	3,25	1	6,99
<i>Difenoconazole</i>	41,50	0,13	3,25	1	6,74
<i>Metoxifenocide</i>	32,10	0,24	0,25	1	0,77
<i>Clorfenapir</i>	46,10	0,24	0,25	1	1,11
					3066,67

ANEXO 3: PRODUCTORES E ING. AGRONOMOS PARTICIPANTES DEL TALLER

Ingenieros agrónomos:

Ing. Agr. Mabel Pereyra, Ing. Agr. María Eugenia Van den Bosch, Ing. Agr. Daniela Mathey (INTA), Ing. Agr. Graciela Mendoza, Cristina Flores (pasante INTA), Ing. Agr. Germán Aguado (AER Maipú)

Productores:

Roberto Saravia (Productor hortícola, acopiador), Armando Vallejos (Productor hortícola, acopiador), Lorena Buonasorte (AER Maipú), Laura Lund (AER Maipú), Lidia Seña (Productora, Asociación San Cayetano), Flavio Alvaro (Productor Carpás), Antonio Cari (Productor Intiwawa), Juan Antonio Flores (Promotor Asesor CR), Paula Moreno (Municipalidad de Maipú), Gustavo Posebón (Productor), Alejandro Posebón (Productor), Rodolfo Rodríguez (Productor), Ramón Héctor Vidal (Productor), Simone Miracla (Promotor Asesor), Natacha Pizzolon (CDVLuján Maipú), Rodolfo Celayes (AER Maipú), Juan Caballero (Productor), Gustavo Gualda (Productor Cooperativa Pucaf), Guilbert Flores (Productor), Leandro Rojo (Promotor Asesor CR), Emilia Cirico (Promotora Asesora CR), Hugo Albrieu (DGI, Cuarta Zona), Enrique Gómez (AER Lavalle), Ramiro Martínez (Productor, Asociación Colectividad Boliviana), Ana Paula Malatini (estudiante), Pablo Farnes (estudiante), Laura Zapico (SENASA), Ramón Campos (Agente de Proyecto), Samira Céspedes (Agente de Proyecto), Juan Carlos Guzmán (Productor, AproCuyo), Francisco Ramos (Floricultor, MaipuFlor), Cecilia Salvatierra (Cooperativa Cinturón Verde), Walter Cortez (Productor Grupo Malvina), Francisco de la Rosa (Asesor Técnico), Leiton Cimar (Productor), Francisco Chapana (Productor, Grupo Carpas), Osvaldo Cariño (Productor), Bernardo Giraud Billoud (Productor), Oscar Puebla (Productor).

Ingenieros agrónomos extensionistas consultados:

- Ing. Agr. Pablo F. Caligiore Gei (Patología Vegetal, INTA LA CONSULTA) – Volúmenes de pulverización en ajo y cebolla-
- Ing. Agr. Violeta Becerra (Laboratorio de Plaguicidas INTA EEA MENDOZA)- Productos usados para control de *Lobesia botrana* en vid-
- Ing. Agr. Carla Baglio (INTA EEA MENDOZA)-Consulta aplicaciones de insecticidas y fungicidas en Lechuga-
- Ing. Agr. Enrique Gómez-(INTA EEA MENDOZA)-Productos usados como herbicidas en zapallo-