



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MEDIOAMBIENTE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DEL RIESGO AMBIENTAL EN LA APICULTURA DE LA  
LOCALIDAD DE “LA MORA”, SECTOR AGRÍCOLA DE CABILDO  
(REGIÓN DE VALPARAÍSO), DEBIDO A LA APLICACIÓN DE  
AGROQUÍMICOS EN CULTIVOS DE PALTOS Y CÍTRICOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**MARÍA FERNANDA ROJAS RODRÍGUEZ**

**PROFESOR GUÍA: Dr. HUGO DÍAZ MURILLO**

**VALPARAÍSO, CHILE**

**2020**

## **AGRADECIMIENTOS**

Antes que todo, a mis padres María Elena y Fernando, que desde pequeña me inculcaron la importancia de estudiar y surgir en la vida, ser una mejor persona y priorizar las cosas verdaderamente importantes, a ellos les debo todo lo que soy y lo que seré. Espero ser cada día mejor por ellos.

A ti Nico, por estar conmigo durante todo este trayecto y me apoyaste en los momentos de mayor inseguridad y estrés y fuiste un pilar fundamental para poder continuar, espero seguir transitando mi camino junto a ti. A mis amigos, a todos... aquellos que no veo hace tiempo pero que al vernos pareciera que los años no han pasado, que de vez en cuando me enviaron mensajes con su apoyo, ellos también fueron muy importantes para mí.

A mi profesor guía, por apoyarme en este proceso, por ser comprensivo y por motivarme a continuar con este trabajo, algo que necesité mucho en cierto momento. Te hace comprender que para ser un buen profesor, primero hay que ser buena persona... como él lo es. Y a Melissa Pizarro, perteneciente a APIVALPO por colaborar en la ejecución de este trabajo.

Y si estás leyendo este trabajo por el motivo que sea, que sepas que se realizó con el propósito de dar a conocer una situación un poco escondida bajo las consecuencias de la sequía en la provincia de Petorca y los extensos monocultivos, e ilustrar cómo las abejas y los polinizadores son vitales para el equilibrio de todo el ecosistema, ese lugar que todos habitamos y debemos proteger.

Porque no es sequía, es saqueo.

## RESUMEN

La comuna de Cabildo se caracteriza por sus extensas áreas de monocultivos de paltos y cítricos que exigen la aplicación intensiva de agroquímicos que suponen un alto riesgo para las abejas melíferas debido a su elevada toxicidad, afectando los servicios de polinización, productos apícolas y por ende, a los apicultores de la zona. Se analizaron siete escenarios de riesgo ambiental para los tres ingredientes activos utilizados en la zona de estudio en la localidad de La Mora: Clorpirifós, Abamectina y Uniconazole; si bien todos los escenarios se catalogaron como “Riesgo Ambiental Elevado”, su diferenciación se basó en el valor del ICA (Índice de Consecuencias Ambientales), donde la aplicación terrestre de abamectina en cultivos de paltos registró la mayor puntuación en base a parámetros como su peligrosidad, la cantidad de sustancia aplicada y la población afectada, en este caso, las abejas melíferas, teniendo en cuenta que en el año 2017 se registró en la misma localidad un caso de mortandad de colmenas producto de la aplicación de este ingrediente activo altamente tóxico para ellas.

En este trabajo se destaca la importancia de ajustarse a la tendencia mundial de restringir y/o prohibir este tipo de insecticidas y la posibilidad de crear una ley que proteja la polinización como un servicio ecosistémico primordial. Así como también poder incluir el análisis del riesgo ambiental como un instrumento para la planeación e implementación de medidas de protección ambiental en zonas de agricultura intensiva.

**Palabras claves:** abejas melíferas, agricultura, agroquímicos, apicultura, cultivos, cítricos, paltos, polinización, riesgo ambiental.

## **ABSTRACT**

The town of Cabildo is characterized by its extensive areas of monoculture of avocados and citrus fruits that require the intensive application of agrochemicals that pose a high risk to honey bees due to their high toxicity, affecting pollination services, bee products and therefore, beekeepers in the area. Seven environmental risk scenarios were analyzed for the three active ingredients used in the study area in the locality of La Mora: Chlorpyrifos, Abamectin and Uniconazole; while all scenarios were classified as “High Environmental Risk”, its differentiation was based on the value of the ICA (Environmental Consequences Index), where the terrestrial application of abamectin in avocado crops recorded the highest score based on parameters such as its danger, the amount of substance applied and the affected population, in this case, honey bees, considering that in 2017, a case of beehives mortality as a resulting from the application of this highly toxic active ingredient was recorded in the same locality.

This work highlights the importance of adjusting to the global tendency of restrict and/or prohibit this type of insecticides and the possibility of creating a law that protects pollination as a primary ecosystem service. It should also be possible to include environmental risk analysis as a tool for the planning and implementation of environmental protection measures in areas of intensive agriculture

**Keywords:** honey bees, agriculture, agrochemicals, beekeeping, crops, citrus, avocado, pollination, environmental risk.

## **SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

**CAS:** *Chemical Abstracts Service*

**CE<sub>50</sub>:** Concentración Efectiva 50% o media.

**CL<sub>50</sub>:** Concentración Letal 50% o media.

**DGA:** Dirección General de Aguas

**DL<sub>50</sub>:** Dosis Letal 50%

**EPA:** *Environmental Protection Agency* (en español: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos)

**FAO:** *Food and Agriculture Organization* (en español: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)

**FIA:** Fundación de Innovación Agraria

**FRADA:** Formulario de Registro de Apicultores y Declaración de Apiarios

**I.A:** Ingrediente Activo

**IAP:** Intoxicaciones Agudas por Plaguicidas

**ICA:** Índice de Consecuencias Ambientales

**LMR:** Límite Máximo de Residuos

**MINAGRI:** Ministerio de Agricultura

**MINSAL:** Ministerio de Salud

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**PAN:** *Pesticide Action Network* (en español: Red de Acción en Plaguicidas)

**PLADECO:** Plan de Desarrollo Comunal

**PRIV-SPC:** Plan Regulador Intercomunal de Valparaíso, Satélite Petorca-Cabildo.

**RAP-AL:** Red de Acción de Plaguicidas y sus Alternativas en América Latina.

**RCE:** Reglamento de Clasificación de Especies

**SAG:** Servicio Agrícola y Ganadero

**SEA:** Servicio de Evaluación Ambiental

**SEIA:** Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

**UICN:** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

**USD:** *United State Dollars* (en español: dólar estadounidense)

## **UNIDADES**

**[atm]:** atmósfera

**[°C]:** grado Celsius

**[cc]:** centímetro cúbico

**[g]:** gramo

**[ha]:** hectárea

**[hL]:** hectolitro

**[kg]:** kilogramo

**[L]:** litro

**[L<sub>agua</sub>]:** litros de agua

**[log]:** logaritmo en base 10

**[m<sup>3</sup>]:** metro cúbico

**[ml]:** mililitro

**[mg]:** milígramo

**[mol]:** mol

[Tm]: tonelada métrica

[Ton]: tonelada

[s]: segundo

[µg]: microgramo

## GLOSARIO

**Abiótico:** aquello que no es biótico, es decir, que no forma parte o no es producto de los seres vivos, refiriéndose a factores inertes en el medio, como el climático, geológico o geográfico.

**Agroecosistema:** también llamado “ecosistema agrícola”, se caracteriza por ser un ecosistema alterado por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos para el desarrollo de una explotación agropecuaria.

**Agropecuario:** parte del sector primario compuesto por el sector agrícola (la agricultura) y el sector ganadero o pecuario (la ganadería).

**Bioindicador:** organismo vivo que se utiliza para determinar y evaluar el índice de contaminación de un lugar, como la atmósfera o el agua.

**Biótico:** se relaciona con el concepto de “biota”, que hace referencia al conjunto de flora y fauna.

**Brotos de IAP:** cuando existen dos o más casos de intoxicación en la que se comprueba un origen común, un mismo agente causal, la ocurrencia en el mismo periodo de tiempo y la vinculación al mismo lugar o exposición.

**Concentración efectiva 50%:** es la concentración de una sustancia en el medio que se espera que produzca un determinado efecto en el 50% de los organismos de experimentación.

**Concentración letal 50%:** es la concentración de una sustancia de la que se espera que produzca la muerte durante la exposición o en un plazo definido de ésta, del 50% de los animales expuestos.

**Dosis letal 50%:** corresponde a la dosis de una sustancia que resulta mortal para la mitad de un conjunto de animales de prueba y es usado como indicador de la toxicidad aguda.

**Especie estenoica:** aquellas que son exigentes respecto a los valores alcanzados por un determinado factor, es decir, sus límites de tolerancia son estrechos.

**Estación Médica Rural (EMR):** centros para la atención de salud ambulatoria básica, cuyo espacio físico es cedido por la comunidad. No poseen un auxiliar permanente, sino que un equipo de salud rural acude en rondas periódicas.

**Fitosanitario:** De la prevención y curación de las enfermedades de las plantas o relacionado con ello.

**FOB:** es un *incoterm*, una cláusula de comercio internacional que se utiliza para operaciones de compraventa donde el transporte de mercancía se realiza por barco marítimo o fluvial.

**Fruticultura:** es la ciencia que estudia el cultivo de especies leñosas y semileñosas productoras de frutas.

**Monocultivo:** sistema de producción agrícola que consiste en dedicar toda la tierra disponible al cultivo de una sola especie vegetal.

**Número CAS:** corresponde a una división de la Sociedad Americana de Química, y se ocupa de designar número de registro a cada compuesto químico que aparece publicado en la literatura científica.

**Pecoreo:** conducta de las abejas obreras de *Apis mellifera* que recolectan polen y néctar de la flora apícola de un determinado lugar geográfico.

**Toxicidad aguda:** se refiere a los efectos adversos que se manifiestan tras la administración por vía oral o cutánea de una sola dosis de una sustancia, de dosis múltiples a lo largo de 24 horas o como consecuencia de la exposición por inhalación durante 4 horas.

**Toxicidad crónica:** propiedad de una sustancia de causar daño a largo plazo y que pueden resultar de una exposición simple severa o repetidas exposiciones a lo largo de un periodo

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO</b> .....	3
2.1 LA APICULTURA EN CHILE .....	3
2.1.1 LAS ABEJAS MELÍFERAS ( <i>Apis mellifera</i> ).....	7
2.1.2 LOS SERVICIOS DE POLINIZACIÓN .....	10
2.2 LOS AGROQUÍMICOS .....	15
2.2.1 CLASIFICACIONES EXISTENTES .....	16
2.2.2 EL MARCO LEGAL EN CHILE .....	21
2.3 EL RIESGO AMBIENTAL DE LOS AGROQUÍMICOS.....	26
2.3.1 LAS VÍAS DE EXPOSICIÓN HACIA EL AMBIENTE Y LOS POLINIZADORES .....	28
2.3.2 DISTRIBUCIÓN ECONÓMICA DE LOS AGROQUÍMICOS EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO .....	32
2.4 LA SITUACIÓN AMBIENTAL EN LA COMUNA DE CABILDO .....	33
<b>CAPÍTULO 3: LA PROBLEMÁTICA</b> .....	37
<b>CAPÍTULO 4: LOS OBJETIVOS</b> .....	38
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	38
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	38
<b>CAPÍTULO 5: LA METODOLOGÍA</b> .....	39
5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y LOS AGROQUÍMICOS UTILIZADOS.....	40
5.2 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONSECUENCIAS AMBIENTALES .....	42
5.2.1 FACTOR 1: “LA FUENTE DE PELIGRO” .....	42
5.2.2 FACTOR 2: “LOS RECEPTORES” .....	45

5.3 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONSECUENCIAS AMBIENTALES .....	48
5.4 ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA .....	50
5.5 DETERMINACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL .....	50
<b>CAPÍTULO 6: RESULTADOS</b> .....	<b>52</b>
6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	52
6.2 LOS AGROQUÍMICOS UTILIZADOS .....	53
6.3 FACTOR 1: LA FUENTE DE PELIGRO.....	57
6.3.1. LA PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA.....	57
6.3.2 LA CANTIDAD DE DICHA SUSTANCIA.....	61
6.4 FACTOR 2: LOS RECEPTORES.....	63
6.4.1 VALORACIÓN DEL ÁREA AFECTADA.....	63
6.4.2 LA VULNERABILIDAD ECOLÓGICA .....	65
6.4.3 LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA.....	66
6.5 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL ESCENARIO .....	72
6.6 TOLERABILIDAD DEL RIESGO AMBIENTAL .....	74
6.6.1 RESULTADOS SEGÚN ESCENARIO .....	74
6.6.2 GRÁFICA DE TOLERABILIDAD DEL RIESGO AMBIENTAL .....	75
<b>CAPÍTULO 7: DISCUSIÓN</b> .....	<b>77</b>
7.1 SOBRE LA METODOLOGÍA .....	77
7.2 SOBRE LOS INGREDIENTES ACTIVOS .....	80
7.3 SOBRE EL RIESGO AMBIENTAL .....	87
7.4 SOBRE OTROS RIESGOS AMBIENTALES.....	90
7.5 SOBRE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN.....	95
<b>CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES</b> .....	<b>101</b>
<b>CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>103</b>

<b>CAPÍTULO 10: ANEXOS.....</b>	<b>114</b>
---------------------------------	------------

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1.</b> Número de colmenas y apicultores según región .....	<b>4</b>
<b>FIGURA 2.</b> Distribución de la cadena apícola nacional .....	<b>6</b>
<b>FIGURA 3.</b> Castas de las abejas melíferas.....	<b>8</b>
<b>FIGURA 4.</b> Estructura morfológica de la abeja melífera obrera.....	<b>10</b>
<b>FIGURA 5.</b> Proceso de polinización y fecundación .....	<b>11</b>
<b>FIGURA 6.</b> Funcionamiento de la polinización como un proceso cíclico.....	<b>12</b>
<b>FIGURA 7.</b> Frecuencia de los plaguicidas analizados.....	<b>14</b>
<b>FIGURA 8.</b> Clasificación de los agroquímicos .....	<b>16</b>
<b>FIGURA 9.</b> Acciones del SAG en materia de plaguicidas de uso agrícola .....	<b>22</b>
<b>FIGURA 10.</b> Distribución de un plaguicida en los sistemas bióticos y abióticos.....	<b>27</b>
<b>FIGURA 11.</b> Esquema del comportamiento ambiental del plaguicida.....	<b>29</b>
<b>FIGURA 12.</b> Rutas de exposición del plaguicida hacia el polinizador.....	<b>30</b>
<b>FIGURA 13.</b> Efectos inmediatos y crónicos en las abejas.....	<b>31</b>
<b>FIGURA 14.</b> Plano de la comuna de Cabildo y sus localidades .....	<b>33</b>
<b>FIGURA 15.</b> Localidad de La Mora, comuna de Cabildo .....	<b>40</b>
<b>FIGURA 16.</b> Interfaz del programa EPI Suite (EPA).....	<b>44</b>
<b>FIGURA 17.</b> Determinación de la tolerabilidad del riesgo ambiental.....	<b>51</b>
<b>FIGURA 18.</b> Zona de estudio: cultivos de paltos, cítricos y colmenas .....	<b>52</b>
<b>FIGURA 19.</b> Estero Los Ángeles en el sector de la Mora .....	<b>64</b>
<b>FIGURA 20.</b> Categoría de conservación del Guayacán.....	<b>66</b>
<b>FIGURA 21.</b> Gráfica de la Tolerabilidad del Riesgo Ambiental .....	<b>76</b>
<b>FIGURA 22.</b> Los 10 países exportadores con productos con más residuos de clorpirifós en España .....	<b>82</b>
<b>FIGURA 23.</b> Rendimiento de la biodiversidad sobre la agricultura intensiva.....	<b>99</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Variaciones en las exportaciones de miel chilena, periodo 2017-2018.....	5
<b>TABLA 2.</b> Características de la miel según el Reglamento Sanitario de los Alimentos .....	5
<b>TABLA 3.</b> Clasificación taxonómica de la abeja melífera.....	7
<b>TABLA 4.</b> Clasificación toxicológica según la OMS .....	18
<b>TABLA 5.</b> Clasificación por grupo químico .....	19
<b>TABLA 6.</b> Variación entre 2016 - 2019 de los plaguicidas autorizados por el SAG .....	23
<b>TABLA 7.</b> Plaguicidas vendidos en la región de Valparaíso, año 2012 .....	32
<b>TABLA 8.</b> Plaguicidas altamente peligrosos utilizados en monocultivos de palta .....	35
<b>TABLA 9.</b> Factores del ICA.....	42
<b>TABLA 10.</b> Indicadores para el sub-factor “Vulnerabilidad” .....	46
<b>TABLA 11.</b> Resumen de los factores y cálculos del ICA .....	49
<b>TABLA 12.</b> Antecedentes de los objetos de riesgo.....	54
<b>TABLA 13.</b> Peligrosidad de la sustancia: clorpirifós.....	58
<b>TABLA 14.</b> Peligrosidad de la sustancia: Abamectina B <sub>1a</sub> .....	59
<b>TABLA 15.</b> Peligrosidad de la sustancia: Uniconazole .....	60
<b>TABLA 16.</b> Antecedentes de la cantidad aplicada y su puntuación .....	62
<b>TABLA 17.</b> Puntuación “otras actividades económicas” .....	67
<b>TABLA 18.</b> Puntuación “recursos naturales e infraestructuras” .....	68
<b>TABLA 19.</b> Puntuación “población sensible” .....	69
<b>TABLA 20.</b> Parámetro “Población humana afectada” .....	70
<b>TABLA 21.</b> Clasificación y puntuación de la toxicidad en abejas según la EPA .....	70
<b>TABLA 22.</b> Puntuaciones para la población afectada de abejas melíferas .....	71
<b>TABLA 23.</b> Casos graves de IAP entre 2008 – 2018, según su clasificación toxicológica.....	73
<b>TABLA 24.</b> Resumen final de las puntuaciones: Clorpirifós .....	74
<b>TABLA 25.</b> Resumen final de las puntuaciones: Abamectina .....	74
<b>TABLA 26.</b> Resumen final de las puntuaciones: Uniconazole .....	75

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

La apicultura es la actividad dedicada a la crianza de abejas con el objetivo de obtener y/o consumir los productos que ellas elaboran, entre estos se encuentran el polen, el propóleo, la jalea real y el más destacable, la miel. A nivel nacional se ha transformado en un rubro de importancia económica, actualmente se han declarado 779 mil colmenas en 8.851 apiarios distintos, donde sus productos tienen como principales destinos de exportaciones a países como Alemania, Austria y Francia (Montenegro, 2016; Barrera, 2018).

Dentro del rubro apícola también existe la “zoopolinización”, un servicio que el apicultor entrega al sector hortofrutícola, donde las colmenas son alquiladas con el propósito de suplementar la demanda de fauna polinizadora en un cultivo, siendo la especie *Apis mellifera* el polinizador más eficiente, con mayor población y con mejores posibilidades de ser manejado por el hombre (Fraunhofer Chile, 2014; FIA, 2016; FAO, 2017)

Sin embargo, durante las prácticas agrícolas en estos cultivos se aplican grandes cantidades de agroquímicos que pueden acarrear daños agudos y crónicos tanto a las personas como a otras especies que comparten el sitio de fumigación; aproximadamente el 47% de la sustancia aplicada se deposita en el suelo, en aguas colindantes o en la atmósfera, dependiendo de diversas variables climáticas como la lluvia, dirección e intensidad del viento y otros factores como la formulación del químico y la técnica de aplicación utilizada (Quezada, 2011; Gúzman-Plazola *et al.*, 2016; Lizama, 2018; Martín-Culma & Arenas-Suárez, 2018)

En Chile, el Decreto N°158 del año 2015 reglamenta las condiciones de seguridad para la aplicación terrestre de plaguicidas agrícolas, mientras que el Decreto N°5 del año 2010 reglamenta las aplicaciones aéreas de plaguicidas. En ambos decretos se especifican las medidas de seguridad que debe implementar el agricultor ante una futura aplicación de agroquímicos en el sector del cultivo, entre esas se encuentra el previo aviso para los apicultores y vecinos, el cumplimiento de la etiqueta y considerar las condiciones meteorológicas desfavorables. Entre los años 2016 y 2019, aumentó en 127 la cantidad de plaguicidas autorizados, siendo los más vendidos en la Región de Valparaíso los del tipo Insecticida y Fungicidas (SAG, 2012; Aburto & Rengifo, 2016; SAG, 2019)

Uno de los principales peligros a los que se exponen los polinizadores es la utilización de plaguicidas de amplio espectro que terminan afectando a organismos no blanco, como las abejas melíferas, una situación que finalmente repercute en la producción de alimentos y en los productos apícolas (Balsebre, 2018; Botías & Sánchez-Bayo, 2018; Martín-Culma & Arenas-Suárez, 2018). Las rutas de exposición son variadas y además se complementan con otros factores asociados que afectan la tasa de mortalidad de esta especie, como los agentes biológicos y enfermedades, el estrés nutricional por la presencia de monocultivos y la presencia de mala meteorología (Estay, 2014; Balsebre, 2018).

Particularmente se ha puesto en jaque el uso de agroquímicos con una alta toxicidad, afectando a las abejas melíferas que, al ser un bioindicador ambiental, poseen una alta sensibilidad a los cambios en el medio y son capaces de señalar deterioro químico de dos formas: con una alta tasa de mortalidad en la población y mediante la presencia de residuos contaminantes en su cuerpo y en los productos que provienen de la colmena (Silva *et al.*, 2006; Balsebre, 2018; Botías & Sánchez -Bayo, 2018).

Esta situación de riesgo derivada de la actividad agrícola ha generado que los apicultores de diversas regiones alcen su voz, señalando el uso de agroquímicos como el principal culpable de la muerte de las abejas, que son su principal fuente de trabajo; argumentan que la regulación es inadecuada y que el aviso previo que señalan los decretos N°158 y N°5 son insuficientes para protegerlas (Heusser, 2017). Si bien diversos estudios utilizan la dosis letal 50% con el propósito de estudiar los efectos agudos, por lo general, la situación se trata de una exposición crónicas a dosis subletales y que se da en la época de floración, donde se realiza la mayor aplicación de agroquímicos que, si se encuentra autorizado por el Servicio Agrícola y Ganadero, la pérdida económica recae exclusivamente en el apicultor afectado (Balsebre, 2018; Retamal & Salinas, 2018).

Este tipo de situación se da en la comuna de Cabildo, ubicada en la provincia de Petorca, donde abundan los sectores agrícolas con presencia de monocultivos, como lo son el palto y los cítricos y donde la sequía provocada por la falta de precipitaciones y la usurpación del recurso hídrico ha provocado una crisis medioambiental que también ha afectado a los apicultores y a las abejas melíferas.

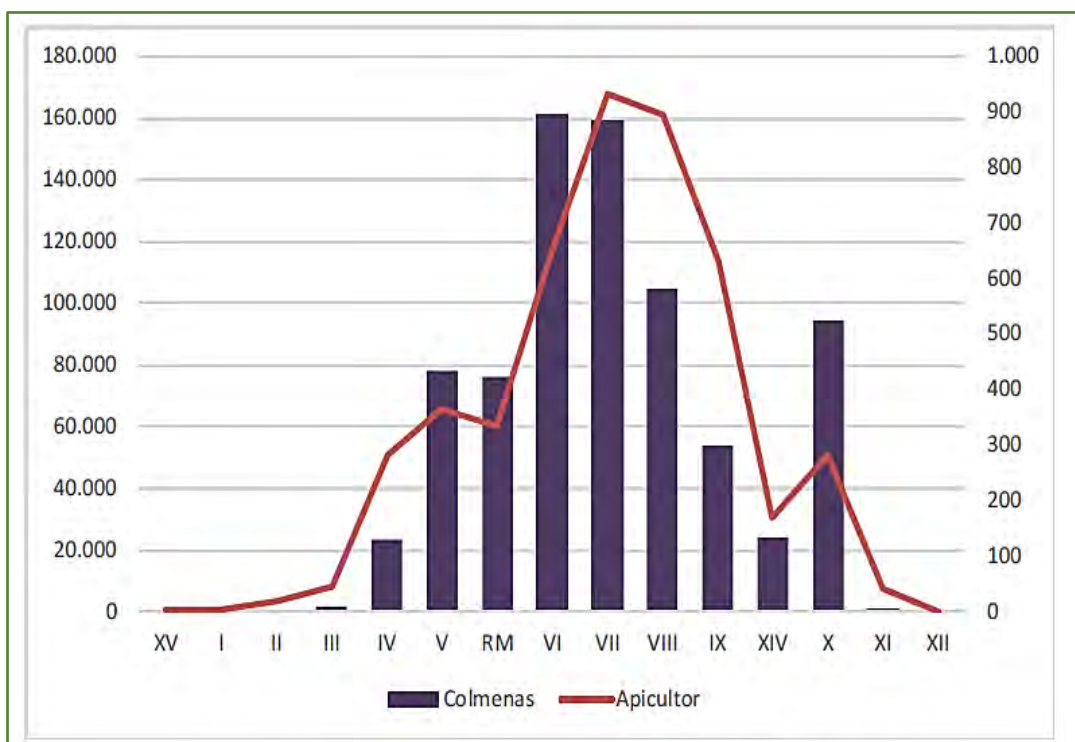
## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 LA APICULTURA EN CHILE**

La apicultura es la actividad dedicada a la crianza de abejas con el objetivo de obtener y consumir los productos que son capaces de recolectar y elaborar, como el polen, el propóleo, la jalea real y el producto principal, la miel. Por lo que la actividad apícola chilena, a pesar de ser un mercado relativamente pequeño, se ha desarrollado en un constante crecimiento y con una interesante expansión de sus exportaciones a países cuyo consumo per cápita de miel es mayor al de Chile, como Alemania y países de Asia que poseen un consumo de 400 [g] anuales, ubicándose en el lugar N°21 del ranking internacional de exportadores (FIA, 2016; Montenegro, 2016; Balsebre, 2018).

En Chile, las principales estadísticas apícolas provienen del Formulario de Registro de Apicultores y Declaración de Apiarios (FRADA), perteneciente al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG); actualmente es obligatorio inscribirse (desde la Resolución Exenta N°8.196 del año 2015), siendo un requisito para postular y recibir instrumentos de fomento estatal y con el fin de enriquecer el sistema de registro actual (Montenegro, 2016; Barrera, 2018).

Según cifras del FRADA, hasta la fecha se han declarado 779 mil colmenas, agrupadas en 8.851 apiarios, la mayor concentración se ubica en las regiones de O'Higgins, del Maule y del Bío-Bío (ver Figura 1). Mientras que los apicultores registrados fueron un total de 4.567, entre ellos: 1.333 mujeres, 3.133 hombres y 191 personas jurídicas (Montenegro, 2016; Barrera, 2018)



**FIGURA 1. Número de colmenas y apicultores según región**

La barra azul del gráfico ilustra en que regiones se ubica la mayor concentración de colmenas, mientras que la línea roja muestra la dispersión de la cantidad de apicultores en el país, concentrándose la mayor parte en la Región del Maule.

*Fuente: Barrera, 2018.*

Respecto a las exportaciones de miel chilena, entre los años 2015 y 2017, totalizaron unas 5.212 toneladas, mostrando un aumento del 12% en su valor, pero disminuyendo el volumen exportado. Esta situación muestra lo complejo que es el mercado de exportación de la miel chilena y que se explica por la importancia de verificar la miel, tanto en calidad como en origen por parte de los demandantes. Siendo Alemania y Francia los principales países de destino durante los primeros meses del año 2018, produciéndose un alza en monto y volumen de la exportación de miel, mientras que Austria quedó como el segundo país de destino de exportaciones, esto se puede visualizar en la Tabla 1, que corresponde a un extracto del listado de países con mayor participación en el mercado (Barrera, 2018).

**TABLA 1. Variaciones en las exportaciones de miel chilena, periodo 2017-2018**

Se muestran los tres principales destinos de exportación de la miel chilena, encontrándose en primer lugar Alemania con una gran parte de la participación (67,5%), seguido de Austria que subió al segundo lugar el año 2018 y Francia. También revela la variación positiva que se produjo en volumen como en valor durante el año 2018.

PAÍS	Volumen [Ton]			Valor (Miles USD FOB)			Participación % (2017)
	Enero – mayo			Enero – mayo			
	2017	2018	Var. % 18/17	2017	2018	Var. % 18/17	
<b>Alemania</b>	2.402	2.633	9,6	7.315	9.179	25,5	67,5
<b>Austria</b>	273	500	83,2	767	1.636	113,2	12
<b>Francia</b>	387	353	- 8,8	1.220	1.350	10,7	9,9

*Fuente: Barrera, 2018*

La miel producida en el país debe cumplir con una resolución sanitaria certificada por el Ministerio de Salud (MINSAL) para ser apta para el consumo; según el artículo 393 del párrafo III del actual “Reglamento Sanitario de los Alimentos” se define miel como “*el producto natural elaborado por la abeja *Apis mellifera* con el néctar de las flores y exudados de plantas aromáticas*”. En la Tabla 2 se muestran las características con las que debe cumplir la miel que aparecen en el artículo antes mencionado (Montenegro, 2016).

**TABLA 2. Características de la miel según el Reglamento Sanitario de los Alimentos**

La tabla muestra las características exigidas para la miel, como en formato, contenido, acidez, azúcares, peso y presencia de otras materias, como polen y cera.

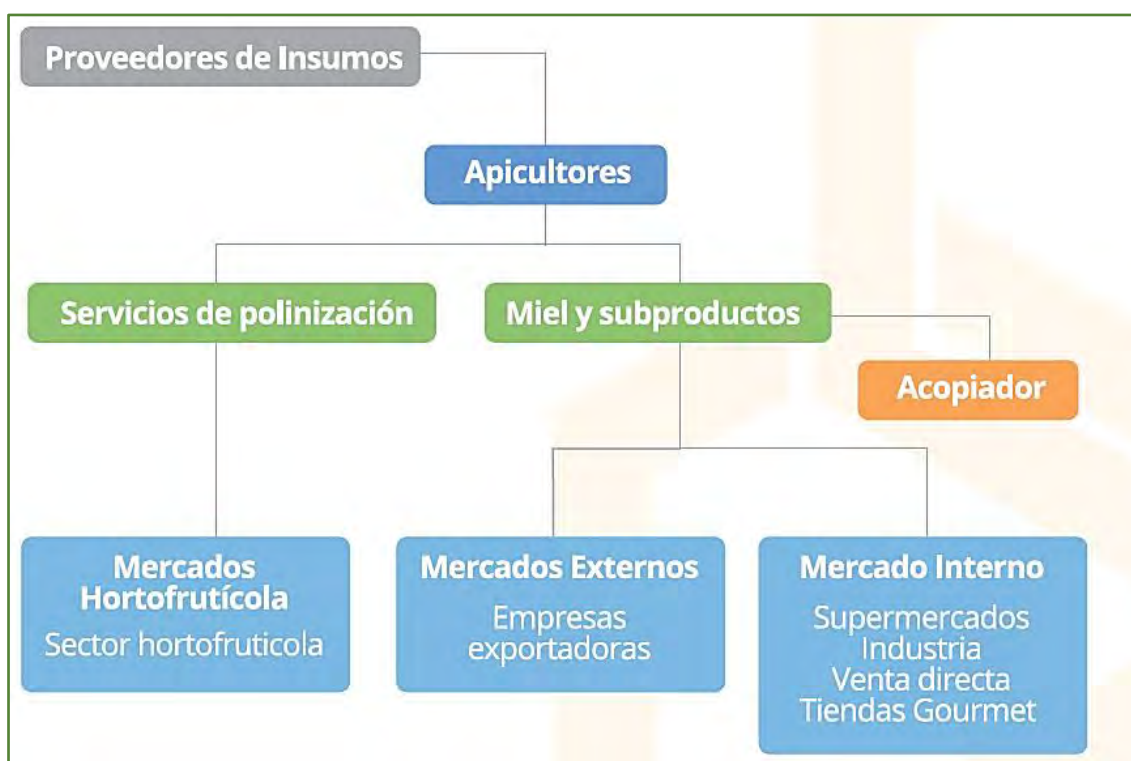
PRODUCTO	MIEL
<b>Formato</b>	Líquida o cristalizada
<b>Contenido de agua</b>	Máximo 18%
<b>Sacarosa</b>	Máximo 5%
<b>Dextrina</b>	Máximo 8%
<b>Cenizas</b>	Máximo 0,8%
<b>Hidroximetil furfural<sup>1</sup></b>	Máximo 40 mg/kg
<b>Ácido fórmico (acidez)</b>	Máximo 0,2%
<b>Azúcares invertidos</b>	Mínimo 70%
<b>Actividad diastásica<sup>2</sup> (escala de Goethe)</b>	8
<b>Peso específico a 20°C</b>	1.400 – 1.600
<b>Polen, cera u otras materias insolubles en agua</b>	Proporción menor al 1%

*Fuente: Montenegro, 2018*

<sup>1</sup> HMF: corresponde al producto obtenido de la deshidratación de los monosacáridos presentes en la miel y sirve como indicador de la longevidad de la miel

<sup>2</sup> Tiempo de reacción en la cual una masa definida de miel degrada una cantidad dada de almidón hasta un punto final preestablecido.

La apicultura nacional se organiza sobre la base de cinco grandes funciones: la provisión de insumos y materiales, producción de miel y otros productos derivados de la colmena, así como también el acopio de estos productos, la agregación de valor y la posterior comercialización, lo que se puede visualizarse en el diagrama de la Figura 2.



**FIGURA 2. Distribución de la cadena apícola nacional**

El diagrama muestra cómo funciona la cadena apícola, iniciando con aquellos que proveen insumos, los apicultores que trabajan tanto en servicios de polinización como en la producción de miel y subproductos. La parte inferior muestra los mercados existentes, como el hortofrutícola en el caso de la polinización y los mercados externos e internos de la miel y los subproductos

*Fuente: Agencia de Innovación Agraria, 2016*

Esta cadena posee agentes dedicados a la comercialización de productos y servicios apícola con escaso nivel de especialización, por ende, es frecuente que un mismo actor realice la misma función. Las características de cada actor son las siguientes:

- a) **Proveedores de insumos:** aquéllos que entregan el material biológico, la maquinaria y los materiales que son necesarios para la producción
- b) **Apicultores:** encargados de la producción primaria de miel, así como de los productos de la colmena y de la prestación de servicios de polinización. Poseen múltiples funciones, desde intermediarios, exportadores, comercializadores, proveedores y polinizadores; en general no hay un área de especialización
- c) **Acopiador:** realizan la intermediación de la miel, a menudo cuentan con infraestructura de acopio para una comercialización mayorista.
- d) **Comprador de los servicios de polinización:** agentes que arriendan colmenas de los apicultores con el objetivo de polinizar el sector hortofrutícola.
- e) **Comprador para el mercado externo:** constituyen el principal poder de compra en mercados externos; estas empresas exportadoras compran, homogenizan, envasan, almacenan y venden la miel y otros productos de la colmena tanto para el mercado nacional como internacional.
- f) **Comprador para el mercado interno:** son el poder de compra en Chile y hacen llegar el producto al consumidor final; se pueden clasificar en supermercados, industria alimenticia, farmacéuticas, cosméticas, tiendas gourmet y por venta directa.

### 2.1.1 LAS ABEJAS MELÍFERAS (*Apis mellifera*)

También conocida como abeja europea o abeja doméstica, es la especie con mayor distribución en el mundo; es originaria de Europa, África y parte de Asia y fue introducida en América y Oceanía. Desde que fue clasificada por Linneo en el año 1758, se han descrito más de 30 variedades de subespecies. La Tabla 3 muestra la clasificación taxonómica de esta especie.

**TABLA 3. Clasificación taxonómica de la abeja melífera**

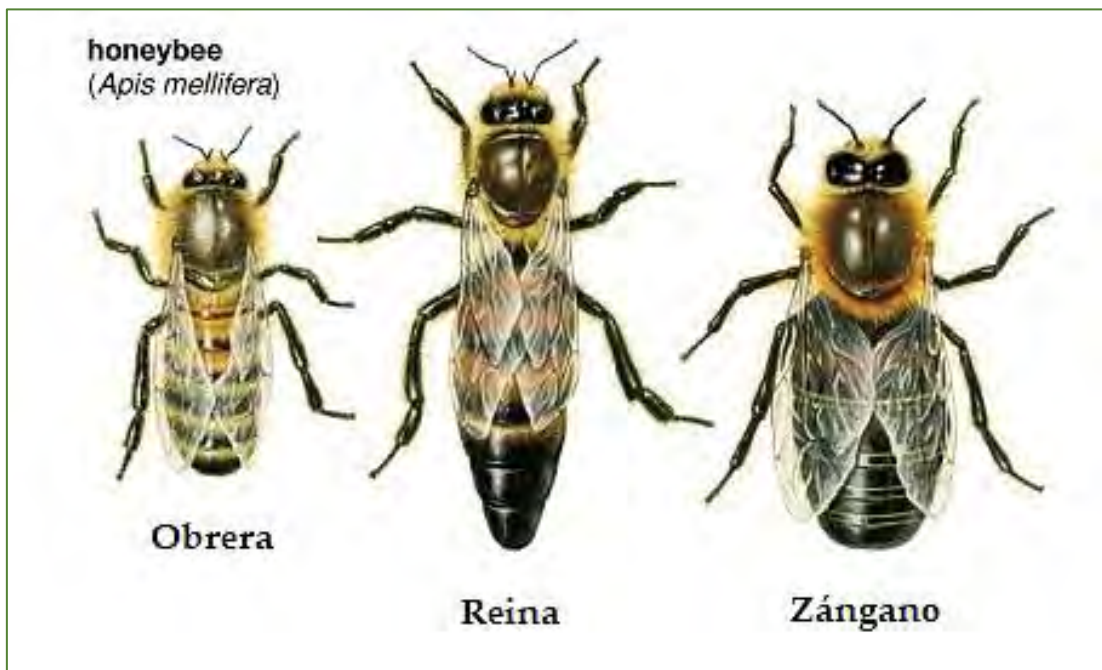
La tabla muestra la clasificación taxonómica que realizó el científico naturalista y zoólogo sueco Carl Nilsson Linnaeus (Carlos Linneo en español) el año 1758.

TAXONOMÍA DE LA ABEJA MELÍFERA	
<b>REINO</b>	Animalia
<b>FILO</b>	Arthropoda

<b>CLASE</b>	Insecta
<b>ORDEN</b>	Hymenoptera
<b>SUB-ORDEN</b>	Apocrita
<b>SUPERFAMILIA</b>	Apoidea
<b>FAMILIA</b>	Apidae
<b>SUBFAMILIA</b>	Apinae
<b>TRIBU</b>	Apini
<b>GÉNERO</b>	<i>Apis</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>Apis mellifera</i> . Linnaeus, 1758

*Fuente: Romero, 2012*

En términos generales, estas abejas son insectos eusociales, es decir, que poseen la organización social de más alto nivel que se da dentro del reino animal, constituyendo sociedades bien organizadas y donde cada individuo tiene una labor por cumplir. La especiación de cada casta comienza desde el momento de la reproducción, diferenciándose en 3 categorías: la reina, los zánganos y las abejas obreras; y que son visibles en la Figura 3.



**FIGURA 3.** Castas de las abejas melíferas.

La figura muestra las evidentes diferencias morfológicas de cada casta que constituye la colmena, donde existe una única reina, unos 400 zánganos y entre 60.000 a 80.000 abejas obreras.

*Fuente: Jalea Real, 2014*

Cada casta cumple una función específica dentro de la sociedad de la colmena.

#### ➤ **LA REINA**

Es la única hembra fértil de cada colmena, es la madre de todas las otras abejas y la responsable del equilibrio poblacional de la colonia mediante el uso de sus feromonas. Su ciclo biológico es de 16 días, aproximadamente a los nueve días de nacida pelea a muerte con otras reinas vírgenes y la sobreviviente realiza “vuelos nupciales” para buscar zánganos en un área de 10 km de radio (Acodihue, 2014; Zarco, 2014). En este vuelo se aparea con seis a nueve zánganos, llenando su espermateca y así fecundar huevos toda su vida; luego del apareamiento los zánganos mueren y ella regresa al panal con el objetivo de poner entre 2 mil a 3 mil huevos diarios y se alimentada por las abejas nodrizas (Acodihue, 2014; Montenegro, 2016).

#### ➤ **LOS ZÁNGANOS**

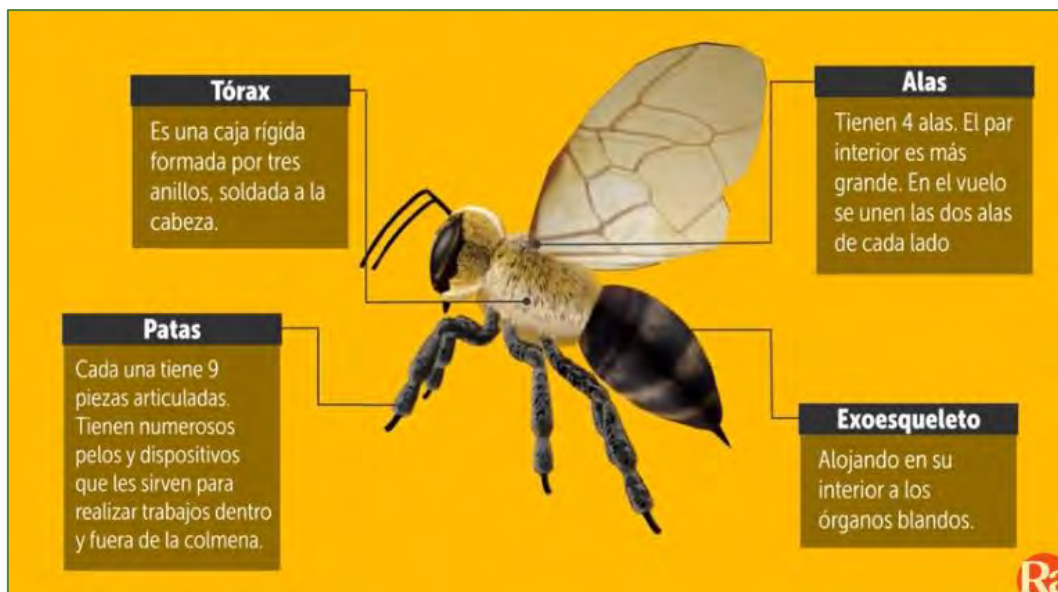
Su ciclo biológico consta de 24 días y su única función es fecundar a la reina durante el vuelo nupcial, ya que no poseen órganos adaptados para el trabajo. Aquellos que no mueren durante la cópula, mueren al ser expulsados de la colmena por las otras abejas, ya que la población no desperdicia recursos en mantenerlos; aquellos zánganos que se resisten a la expulsión son aniquilados por las abejas guardianas (Acodihue, 2014; Montenegro, 2016).

#### ➤ **LAS OBRERAS**

Son las abejas responsables de ejecutar los trabajos internos y externos de la colmena, realizándolos instintivamente según su edad. Poseen órganos reproductores atrofiados, por ende, son infértiles, pero su estructura física está diseñada para la búsqueda de alimento, como su aparato bucal y su aguijón (Montenegro, 2016). Durante las dos a tres primeras semanas de adultez se convierten en “nodrizas”, realizan las actividades hogareñas, elaboran el alimento y las celdas, asean y atienden a los huevos, las larvas y a la reina (Zarco, 2014). Luego pasan a la subcasta de las “recolectores o pecoreadoras”, donde son capaces de realizar trabajos afuera del panal, como recolectar néctar, agua, polen y resinas para fabricar propóleo y otras materias. A una fracción de estas abejas se les denomina “exploradoras” y se dedican exclusivamente a buscar nuevas fuentes de alimento y entregar aquella información a las abejas pecoreadoras

mediante una danza en relación a la posición del sol (Zarco, 2014; Montenegro, 2016, Red Agrícola, 2018).

La estructura morfológica de las abejas obreras se puede visualizar en la Figura 4, que se divide en tres partes principales: cabeza, tórax y abdomen; cada una diseñada para las labores de la colmena.



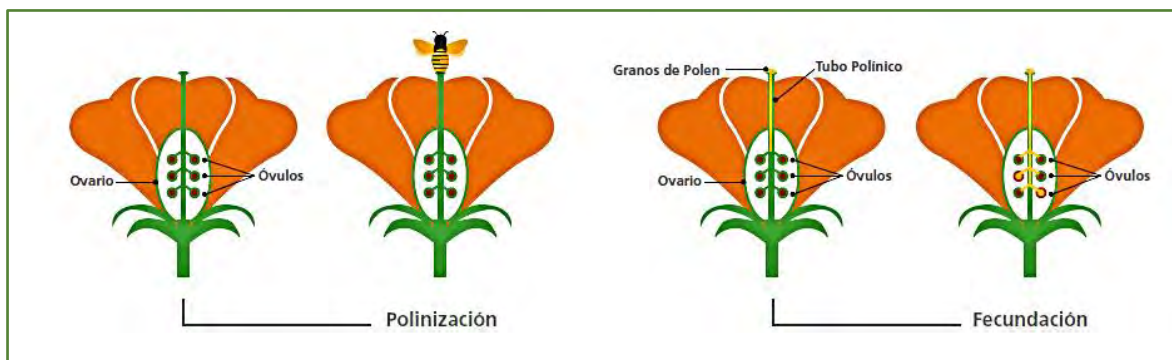
**FIGURA 4. Estructura morfológica de la abeja melífera obrera.**

La estructura morfológica de una abeja obrera está especialmente diseñada para realizar labores tanto dentro como afuera de la colmena, diferenciándose visiblemente de la casta de las abejas reina y los zánganos.

*Fuente: Red Agrícola, 2018*

### 2.1.2 LOS SERVICIOS DE POLINIZACIÓN

La polinización es un proceso que consiste en la transferencia de polen, que corresponde a la célula masculina, desde los estambres de una flor hasta el estigma, la parte femenina de la flor (véase Figura 5); esto hace posible la fecundación y, por lo tanto, la producción de mejores frutas y semillas en términos de calidad y en cantidad, además de ser esencial en la diversidad genética.



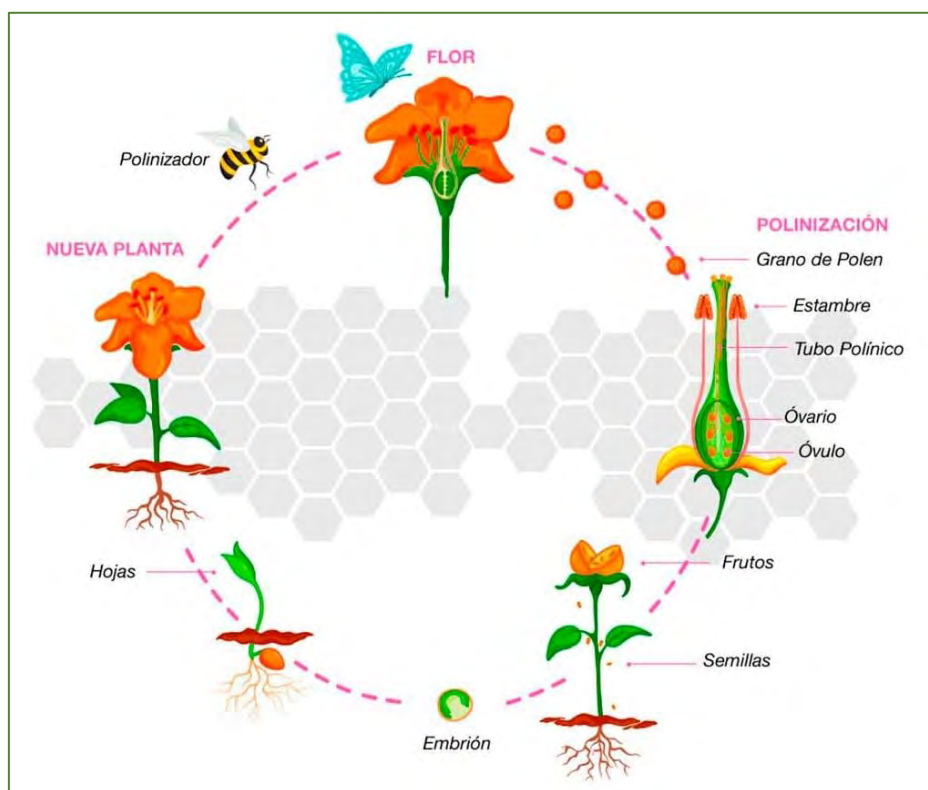
**FIGURA 5. Proceso de polinización y fecundación**

La polinización es realizada en gran parte por los vectores bióticos, es decir, los polinizadores como las abejas melíferas son las que van de flor en flor polinizando cultivos y aportando a la producción agrícola mediante el aumento de la calidad de los frutos, convirtiéndose en una práctica beneficiosa ambos rubros.

*Fuente: Fraunhofer Chile, 2014*

Este proceso puede ocurrir mediante vectores bióticos y abióticos, sin embargo, la mayor parte depende de los animales, principalmente insectos polinizadores perteneciente al grupo de los Himenópteros, considerados los más eficaces y con adaptaciones especiales: como las abejas solitarias, los abejorros y las abejas melíferas, que poseen un alto valor económico y ecológico en los agroecosistemas (Simó, 2020; FAO, 2014; García *et al.*, 2016). Particularmente, las abejas melíferas son capaces de alcanzar una velocidad máxima de 30 [km/h], polinizando en promedio unas 1.000 flores al día (unas 100 por vuelo de forrajeo); este beneficio mutuo entre polinizador-planta favorece la fecundación y fructificación, contribuyendo directamente en la conservación de especies amenazadas (tanto animales como vegetales) y a la diversidad biológica, garantizando la renovación y mantenimiento de la cubierta vegetal y por ende, el riesgo de erosión (Simó, 2002, Red Agrícola, 2018).

Este proceso cíclico y continuo es capaz de mantener la biodiversidad de un ecosistema, como se ilustra en la Figura 6 a continuación.



**FIGURA 6. Funcionamiento de la polinización como un proceso cíclico**

El funcionamiento cíclico del proceso de polinización, en este caso, a través de vectores bióticos posee beneficios como la reproducción de una gran cantidad de plantas con flores y garantiza la biodiversidad, por ende, también un hábitat adecuado para otras especies.

*Fuente: Syngenta, 2010.*

Si bien es un proceso con un alto beneficio ecológico, también es capaz de fortalecer el sistema de producción agrícola, aumentando el rendimiento de los cultivos, mediante los servicios de polinización o también llamada “zoopolinización”, una herramienta de manejo donde las abejas melíferas, abejorros y otras especies son compradas y/o alquiladas por agricultores para suplementar la falta de fauna polinizadora en el lugar. Para lograr esto, los fruticultores, los productores de semillas y los agricultores de hortalizas utilizan principalmente a la *Apis mellifera* y a los abejorros (*Bombus terrestris*). Hay que destacar el rubro de la fruticultura, donde en promedio el 3,9% de los costos por hectárea son asociados a servicios de polinización y del cual depende, en parte, el rendimiento y calidad de la fruta y/o semilla de la especie vegetal. Por su parte, la *Apis mellifera* es considerada el polinizador más eficiente, posee una gran población y las mejores posibilidades de ser manejado por el hombre (Estay, 2012; FAO, 2017; García *et al.*, 2016; Fraunhofer Chile, 2014).

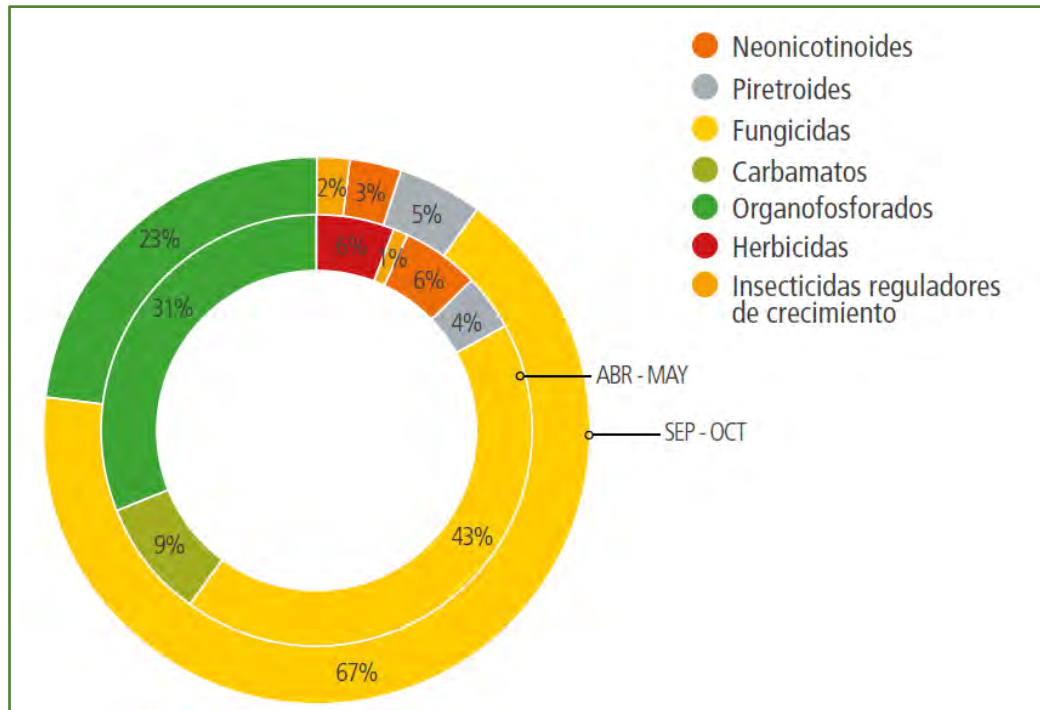
La eficiencia de la zoopolinización por parte de las abejas melíferas está directamente relacionada con la fortaleza de la colmena, es decir, el número de individuos que posee, entre más alta sea la población de estos insectos, habrá una mayor proporción de abejas pecoreadoras, aumentando las posibilidades de que ocurra de polinización. Estas colmenas provienen en un 35% de apicultores de mayor tamaño, mientras que el 77% de los apicultores utiliza estas mismas colmenas para posteriormente producir la miel que comercializan. Actualmente se ha transformado en una herramienta clave en diferentes cultivos como, por ejemplo: paltas, almendras, arándanos, kiwi, entre otros. Su impacto afecta positivamente la biodiversidad y su disminución podría interrumpir las interacciones de mutualismo existentes, su importancia radica principalmente en su morfología y su comportamiento, siendo capaz de aumentar el tamaño, la uniformidad, la cantidad y la calidad (como textura y sabor) de los frutos; también aumenta la vida útil de los frutos, incrementa la capacidad germinativa de las semillas, ayuda a la cuaja de los frutos y reduce la caída de éstos durante su crecimiento (Klein *et al.*, 2007; Fraunhofer Chile, 2014; Montenegro, 2016; FAO, 2017; Balsebre, 2018).

El año 2014, Fraunhofer Chile Research realizó un proyecto en 14 huertos de la Región Metropolitana con el objetivo de identificar los principales factores asociados a la eficiencia polinizadora de las colmenas de *A. mellifera* y así transferir mejores prácticas y tecnologías al sector apícola. Así fue como en sus observaciones de campo registraron las siguientes condiciones en el manejo de colmenas y del huerto que impactarían sobre la eficiencia de la polinización, algunos de éstos son:

- Aplicación de fungicidas, herbicidas e insecticidas dentro y fuera de la temporada de floración y cuando las abejas se encuentran forrajeando.
- Ausencia de fuentes de agua no contaminadas para satisfacer las necesidades de las abejas.
- Productos químicos para el control de *Varroa* (ácaro ectoparásito de abejas melíferas) aplicados de forma artesanal y que permanecen por un tiempo indefinido en la colmena, lo que provoca el surgimiento de ácaros resistentes, muerte de abejas adultas y crías, reduce la fortaleza y contamina los productos de la colmena.

- Insuficiencias en la alimentación de las abejas destinadas para la polinización, lo que impacta sobre la abeja reina y el crecimiento de la población.

Parte de los resultados del proyecto consistió en un análisis de multiresiduos de plaguicidas sobre 118 muestras de pan de abeja para explorar la presencia y concentración de productos químicos usados en el manejo de plagas y enfermedades tanto en el huerto como en la colmena. La Figura 7 muestra la frecuencia en la presencia de plaguicidas en las muestras analizadas.



**FIGURA 7. Frecuencia de los plaguicidas analizados**

La figura muestra dos períodos de análisis: abril-mayo y septiembre-octubre. En ambos períodos, el agroquímico con mayor frecuencia fueron los fungicidas (43 y 67% respectivamente), seguido por productos organofosforados. Otros residuos encontrados fueron herbicidas, piretroides, neonicotinoides, carbamatos e insecticidas reguladores de crecimiento.

*Fuente: Fraunhofer Chile, 2014.*

La presencia de productos organofosforados se debe al uso generalizado de éstos para el tratamiento contra *Varroa*, pese a no estar registrado en el SAG para este propósito. Respecto a los fungicidas, el Tebuconazole (marca comercial del fungicida), fue aquel que presentó mayor concentración en colmenas que polinizaron huertos. Sin embargo, el análisis reveló que los ingredientes activos detectados no excedieron los valores de dosis letal 50% (DL<sub>50</sub>).

## 2.2 LOS AGROQUÍMICOS

Desde el inicio de la agricultura, el hombre ha tenido la necesidad de combatir las plagas que afectaban sus cultivos, en ese entonces se utilizaban sólo productos naturales; no fue hasta el inicio de la Revolución Industrial a finales del siglo XVIII que, debido al acelerado crecimiento urbano, se produjo una mayor dependencia de las zonas rurales para la obtención de alimento, requiriendo mayor producción y almacenamiento de éstos. Como consecuencia, hubo un incremento en la producción de sustancias químicas para el sostenimiento de la agricultura y que poseían una toxicidad inespecífica, pero de bajo costo. A mediados del siglo XIX se descubrieron plaguicidas naturales como azufre, cobre, arsénico, piretrinas y el fósforo; pero años más tarde, a mitad del siglo XX se descubrieron las propiedades insecticidas del dicloro-difenil-tricloroetano, conocido como DDT y que fue ampliamente utilizado durante la Segunda Guerra Mundial. A partir de entonces, se sintetizaron otros potentes plaguicidas como los organoclorados (con átomos de carbono, cloro, hidrógeno y en ocasiones oxígeno, y que son muy estables en el ambiente) y los organofosforados derivados del ácido fosfórico, que son más tóxicos y menos estables en comparación con el anterior, con el objetivo de controlar plagas y enfermedades que perjudican a los cultivos y por ende la productividad y rentabilidad de la actividad agrícola (Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014; Rojas-Fernández *et al.*, 2019).

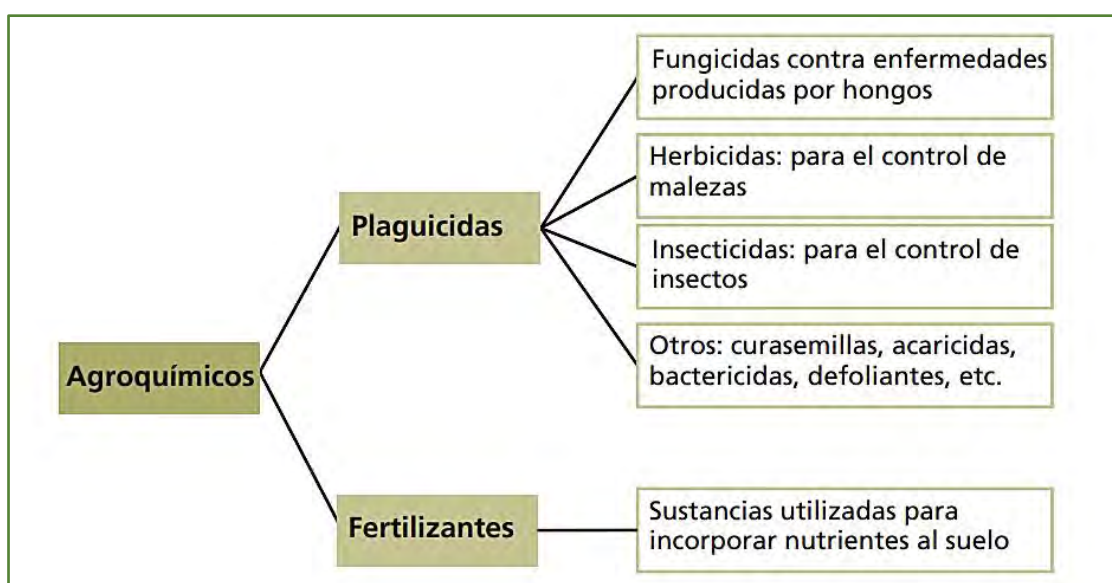
Actualmente existe una amplia variedad de químicos sintetizados con este propósito y son altamente utilizados en la agricultura; sin embargo, a pesar de su visible contribución a la actividad, muchas veces no se pone la debida atención en el daño que pueden provocar, amenazando la salud de agricultores, trabajadores, habitantes cercanos a la zona de producción y los consumidores de los productos finales, además de causar daños irreversibles al medioambiente (Montico & Di Leo, 2015; Pacheco & Barbona, 2017; Rojas-Fernández *et al.*, 2019).

El término “agroquímico” hace referencia a sustancias o mezcla de sustancias destinadas a controlar o evitar la acción de plagas agrícolas, regular el crecimiento de las plantas, defoliar y desecar o proteger del deterioro el producto o subproducto cosechado (Pacheco & Barbona, 2015). Aunque cabe destacar que el término “plaguicida” también se utiliza ampliamente para referirse al mismo concepto; en un caso nacional, esto se puede apreciar en el artículo 2 del

Decreto 158 del año 2015 del Ministerio de Salud que “aprueba el reglamento sobre condiciones para la seguridad sanitaria de las personas en la aplicación terrestre de plaguicidas agrícolas”.

### 2.2.1 CLASIFICACIONES EXISTENTES

Como se definió anteriormente, el término “agroquímico” no sólo recae en aquellas sustancias capaces de controlar o eliminar una plaga, sino que también en sustancias capaces de ayudar a la planta en su crecimiento y producción de frutos y/u otros. La Figura 8 muestra la clasificación de los agroquímicos según la función que realizan como plaguicidas o fertilizantes.



**FIGURA 8. Clasificación de los agroquímicos**

En términos generales, los agroquímicos se dividen en dos clases: los plaguicidas capaces de controlar plagas y enfermedades, como fungicidas, herbicidas, insecticidas, entre otros. Por otro lado, los fertilizantes son químicos capaces de incorporar nutrientes al suelo y aportar al crecimiento de la planta

*Fuente: Pachecho & Barbona, 2015*

Si bien la Figura 8 muestra una clasificación simple de estos agroquímicos, se detallan a continuación de forma breve cada clasificación de estas sustancias:

- **HERBICIDAS:** elimina las plantas nocivas y se diferencian en función de su persistencia, grado de afectación de la planta o momento de empleo.

- **FUNGICIDAS:** utilizados para terminar con hongos y mohos perjudiciales en plantas y animales.
- **INSECTICIDAS:** acaban con insectos que pueden llegar a ser perjudiciales; se les llama ovicidas si actúan sobre los huevos, larvicidas si eliminan la larva o adulticidas, si eliminan insectos adultos.
- **ACARICIDAS:** funcionan de forma similar al insecticida, pero con el objetivo de repeler ácaros.
- **NEMATICIDAS:** capaz de matar a nemátodos parásitos de las plantas y los gusanos del suelo.
- **RODENTICIDAS:** elimina los roedores, como ratas capaces de perjudicar cultivos y transmitir enfermedades perjudiciales a los humanos.
- **FERTILIZANTES:** se trata de químicos que son saludables para las plantas, capaces de incrementar la calidad de las raíces y facilitar que el crecimiento y desarrollo sea más rápido y de mayor calidad.
- **FITORREGULADORES:** consiste en un producto encargado de regular el crecimiento de las plantas a través de hormonas vegetales denominadas “fitohormonas” y su función es estimular o detener el desarrollo de las raíces y las partes aéreas de la planta.

Los agroquímicos nombrados poseen distintas características que los distinguen, una de esas es la toxicidad, es decir, su capacidad de producir alteraciones a la salud y se clasifican según sus efectos agudos, indicando su toxicidad aguda mediante los valores de Dosis Letal 50 (DL<sub>50</sub>) o Concentración Letal 50 (CL<sub>50</sub>), un concepto que se traduce en la cantidad de sustancia capaz de provocar la muerte del 50% de un grupo de animales de prueba (ratas o ratones), expresándose en unidades de mg de sustancia tóxica por kg de peso del animal (mg/kg); cabe mencionar que este indicador no proporciona información sobre los efectos crónicos ni la citotoxicidad del compuesto (Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014; Lizama, 2018; Pacheco & Barbona, 2015).

A partir de esto, la Tabla 4 muestra la clasificación que realizó la Organización Mundial de la Salud (OMS) según los criterios toxicológicos de la formulación y no sólo el principio activo del agroquímico a partir del valor de su dosis letal 50% en ratas.

**TABLA 4. Clasificación toxicológica según la OMS**

La tabla muestra la clasificación toxicológica de la OMS utilizando los colores rojo, amarillo, azul y verde para ilustrar el grado de toxicidad, además de los valores de DL<sub>50</sub> tanto para vías de exposición oral como cutánea y estado físico del químico, ya sea sólido o líquido.

Clasificación y colores según OMS	DL <sub>50</sub> aguda (ratas) [mg/kg] de plaguicida formulado			
	Vía oral		Vía cutánea	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Ia - Sumamente Peligroso	5 ó menos	20 ó menos	10 ó menos	40 ó menos
Ib - Muy peligroso	Más de 5 hasta 50	Más de 20 hasta 200	Más de 10 hasta 100	Más de 40 hasta 400
II - Moderadamente Peligroso	Más de 50 hasta 500	Más de 200 hasta 2000	Más de 100 hasta 1000	Más de 400 hasta 4000
III - Poco peligroso	Más de 500 hasta 2000	Más de 2000 hasta 3000	Más de 1000	Más de 4000
IV - Normalmente no Peligroso	Más de 2000	Más de 3000		

*Fuente: Resolución Exenta N°2196/2000, SAG*

Otra característica que poseen los agroquímicos es su “persistencia”, una característica que mide la estabilidad química que posee una sustancia en el medioambiente biótico y abiótico, la cual se puede clasificar como: poco estable o poco persistentes, medianamente estables o persistentes y muy estables o persistentes, donde la vida media de estos últimos va desde varios meses a 20 años o incluso indefinidamente en el caso de productos hechos a partir de mercurio, plomo y arsénico (Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014; Pacheco & Barbona, 2015).

Otra clasificación importante de nombrar es el grupo químico al que pertenecen; ya que constantemente se incorporan nuevos agroquímicos al mercado, la realización de una clasificación completa es compleja; sin embargo, la Tabla 5 muestra los grupos químicos más conocidos para insecticidas, herbicidas y fungicidas.

**TABLA 5. Clasificación por grupo químico**

La tabla 5 muestra tres tipos de agroquímicos (insecticidas, fungicidas y herbicidas) y sus grupos químicos más conocidos, además de ejemplos de cada grupo.

AGROQUÍMICO	GRUPO QUÍMICO	EJEMPLOS
INSECTICIDAS	Clorados	DDT, Clordano, Lindano, Heptacloro, Metoxicloro.
	Organofosforados	Acefato, clorpirifós, metil demetón, diazinon, dimetoato.
	Piretroides	Ciflutrina, deltametrina, cipermetrina
	Nitroguanidinas	Acetamiprid, Imidacloprid
FUNGICIDAS	Triazoles	Tebuconazole, epoxiconazole, ciproconazole
	Derivados del benceno	Clorotalonil
HERBICIDAS	Sulfitos	Glifosato
	Triazinas	Prometrina
	Diazinas	Bentazón

*Fuente: Cid, 2014*

Otra clasificación es el rango de acción o selectividad fisiológica, es decir, el rango de actividad tóxica de un compuesto que puede ser reducido (específico o monotóxico), mediano (oligotóxicos) o amplio (politóxicos); sin embargo, en la práctica no existen agroquímicos monotóxicos, es decir, que afecten a una determinada especie de plaga sin afectar al resto de especies del agroecosistema (Pacheco & Barbona, 2015).

Por otra parte, la selectividad por el modo de acción en la planta se divide en tres tipos (Cid, 2014, Pacheco & Barbona, 2015):

- **SISTÉMICOS:** el químico es absorbido normalmente por la hoja, aunque en algunos casos, también puede ser absorbido por las raíces y traslocado a la planta a través de los vasos conductores, manteniendo una concentración letal por al menos siete días (ejemplos: neonicotinoides, carbamatos)
- **TRANSLAMINARES O DE PENETRACIÓN:** son aplicados sobre la superficie de la hoja y actúan en el lado opuesto de esta (ejemplo: fosforados, abamectinas).
- **DE CONTACTO:** el producto es efectivo contra la plaga cuando entra en contacto directo con ella, implicando un esfuerzo extra en la calidad de la aplicación (ejemplo: pirroles).

Respecto a la composición de los plaguicidas, en cada producto comercial hay sólo una sustancia que contiene el efecto pesticida y se denomina principio o ingrediente activo (PA/IA); también existen productos comerciales que incluyen más de un ingrediente activo con el fin de combinar sus efectos, aunque raramente hay más de tres ingredientes activos en un mismo producto comercial (Cid, 2014).

Los plaguicidas por su naturaleza se dividen en químicos y biológicos; de los primeros existen alrededor de 1.000 IA con los que se producen unas 30 mil formulaciones, mientras que de los segundos existen 195 IA y se fabrican hasta 780 productos diferentes; esto ocurre porque la cantidad de IA requerido por unidad de superficie es tan baja que no es posible aplicarla de forma pura para lograr una distribución aceptablemente correcta, por ende, necesita diluirse con otros ingredientes inertes que no poseen acción biocida *per se* y que constituyen una gran proporción del producto, aunque algunas veces ocurre que sus efectos nocivos superan los del ingrediente activo. A esta combinación de productos se les denomina “composición”, mientras que la comercialización de la misma sustancia activa bajo diferentes formatos es lo que se conoce como “formulaciones” (Cid, 2014; Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014).

Otros conceptos destacables respecto a la aplicación de productos fitosanitarios son el “tiempo de carencia” y el “período de reingreso”. El primero hace referencia a la cantidad de días que deben transcurrir entre la última aplicación del producto fitosanitario y la cosecha, y en el caso de aplicaciones post cosecha, se refiere al intervalo entre la última aplicación y el consumo del producto vegetal; esto se debe a la presencia de residuos en los cultivos, cuyo tiempo de degradación o descomposición natural varía según el tipo de compuesto químico y las condiciones ambientales. El concepto de período de reingreso hace referencia a la cantidad de días que deben transcurrir entre la última aplicación y el momento en que se puede reingresar al cultivo con el fin de evitar el contacto y posteriores daños a la salud, aplicable tanto para personas como para animales (Cid, 2014; Pacheco & Barbona, 2015).

Para que la cantidad de residuos de plaguicida o un contaminante no exceda un máximo permitido, la ley establece un Límite Máximo de Residuos (LMR), es decir, una cantidad que no puede ser sobrepasada para que el producto final pueda ser comercializado, se expresa en unidades de mg de residuo sobre kg de producto y se determina a través de dos vías: la

toxicológica y la agronómica; una vez establecido el máximo nivel toxicológico a través de experimentación y expresándolo como “ingestión diaria admisible” (dosis diaria que ingerida durante todo el periodo vital no parece provocar riesgos apreciables para la salud del consumidor), se tiene en cuenta los residuos que realmente quedan en el momento de la recolección cuando se utiliza una buena práctica agrícola. Esto se realiza mediante ensayos de campo y como consecuencia, se obtiene un residuo real en cosecha, que debe ser inferior al nivel toxicológico permisible y que se considera para establecer el LMR de un producto (Cid, 2014; Pacheco & Barbona, 2015).

En el Anexo A, se encuentra una lista entregada por la red global PAN Internacional (“*Pesticides Action Network*”) con indicadores para identificar cuando un plaguicida es altamente peligroso.

### **2.2.2 EL MARCO LEGAL EN CHILE**

En Chile, el organismo estatal a cargo de los agroquímicos (como plaguicidas y fertilizantes) es el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), cuya finalidad principal es apoyar el desarrollo de la agricultura, los bosques y la ganadería a través de la protección y mejoramiento de la salud de los animales y vegetales. En materia de plaguicidas de uso agrícola, la Figura 9 ilustra las acciones que ejecuta el Servicio Agrícola y Ganadero.



**FIGURA 9. Acciones del SAG en materia de plaguicidas de uso agrícola**

El Servicio Agrícola y Ganadero se encarga de la fiscalización del uso de plaguicidas, de su evaluación y autorización respetando convenios internacionales, realizando capacitaciones para su correcto uso y ejecutando su programa de monitoreo de residuos.

*Fuente: Aburto & Rengifo, 2016*

El SAG trabaja a nivel nacional con el objetivo de establecer directrices para controlar y fiscalizar plaguicidas y fertilizantes agrícolas, evaluarlos para su autorización y además diseñar y ejecutar el Programa de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas en Vegetales, cuyo propósito es determinar el cumplimiento de los LMR en relación con lo que establece la regulación nacional y el referente internacional *Codex Alimentarius*, al cual Chile está adherido.

La página web oficial del Servicio Agrícola y Ganadero posee información actualizada respecto a los plaguicidas que actualmente se encuentra autorizado su uso en el país. Datos de Aburto & Rengifo, 2016 muestran que para ese año existían alrededor de 1.190 plaguicidas autorizados; sin embargo, la última actualización hasta la fecha correspondiente al mes de septiembre del año 2019 muestra un total de 1.317 plaguicidas autorizados (Aburto & Rengifo, 2016). La Tabla 6 muestra cómo ha variado la cantidad de plaguicidas autorizados entre el 2016 y el 2019, según su número de serie.

**TABLA 6. Variación entre 2016 - 2019 de los plaguicidas autorizados por el SAG**

La tabla ilustra la variación entre los años 2016 y 2019 tanto en el total de plaguicidas autorizados como según su serie, dividiéndolos en 4: insecticidas, fungicidas, herbicidas y misceláneos; este último incluye fitoreguladores y feromonas.

N° DE SERIE	APTITUD	CANTIDAD AÑO 2016	CANTIDAD AÑO 2019
<b>1000</b>	Insecticidas	307	324
<b>2000</b>	Fungicidas	485	554
<b>3000</b>	Herbicidas	272	308
<b>4000</b>	Misceláneos	126	131
<b>TOTAL</b>	-	<b>1.190</b>	<b>1.317</b>

Fuente: SAG, 2019; Aburto & Rengifo, 2016

La lista de los plaguicidas de uso agrícola prohibidos (actualizados hasta el 2017) corresponden a 28 ingredientes activos (SAG, 2017). Mientras que sólo un ingrediente activo, el Paraquat, se encuentra con uso restringido, especificándose que sólo podrá aplicarse de forma terrestre y siempre que los aplicadores estén provistos con el equipo completo de protección personal que indica la etiqueta (SAG, 2014). Así, el SAG fiscaliza el buen uso y manejo de los plaguicidas, según lo que se establece en la etiqueta, como:

- **Aspectos de la bodega:** acceso restringido, insumos y productos almacenados, etc.
- **Aspectos de la aplicación:** equipo de protección personal, cultivo, dosis, periodo de reingreso y de carencia, entre otros.
- **Aspectos de post-aplicación:** triple lavado, inutilización de envases.

➤ **NORMATIVAS ASOCIADAS**

La Ley Orgánica del SAG, N°18.755 y sus modificaciones establece las facultades que se le atribuyen en materia de plaguicidas de uso agrícola, donde se encuentra el “*aplicar y fiscalizar el cumplimiento de las normas legales y reglamentarias sobre producción y comercio de semillas, plaguicidas, fertilizantes, alimentos para animales, alcoholes etílicos, bebidas alcohólicas y vinagres, ...*” (Aburto & Rengifo, 2016).

La Resolución N°2.195 del año 2000 establece los requisitos que deben cumplir las etiquetas de los envases de los plaguicidas de uso agrícola; mientras que la Resolución N°2.196 del mismo año establece la clasificación toxicológica de los plaguicidas de uso agrícola (SAG, 2000).

Por su parte, el Ministerio de Salud (MINSAL) el año 2015 aprobó el Decreto N°158, que *“Aprueba el reglamento sobre condiciones para la seguridad sanitaria de las personas en la aplicación terrestre de plaguicidas agrícolas”*; que entre otras cosas establece:

- Lo expresado en la etiqueta de los plaguicidas de aplicación terrestre debe ser leído y cumplido a cabalidad por los responsables (Artículo 3°)
- La aplicación deberá considerar velocidad del viento y condiciones meteorológicas desfavorables, para minimizar el riesgo de deriva hacia áreas sensibles (Artículo 10°)
- Se deberá mantener una franja de seguridad de, al menos, 50 metros medidos desde el borde del área de aplicación (Artículo 11°)
- En áreas sensibles, el responsable de los cultivos deberá informar a la población del lugar y predios vecinos mediante volantes informativos u otro medio y deberá ser distribuido con 24 horas de anticipación (Artículo 12°).

El Decreto N°158 trata sólo de aplicaciones terrestres de plaguicidas agrícolas, ya que para el caso de aplicaciones aéreas existe el Decreto N°5 del Ministerio de Salud junto a la Subsecretaría de Salud Pública, del año 2010, donde se establece que:

- Sólo podrán usarse plaguicidas que estén autorizados por el SAG para este tipo de aplicación (Artículo 10°)
- Se prohíbe la aplicación cuando la velocidad del viento supera los 15 km/hora (Artículo 12°).
- La empresa deberá informar mediante volantes informativos cuando existan agrupaciones humanas, colmenares o concentración de animales o aves en un radio de 200 m desde el borde externo de la franja de seguridad (Artículo 13°).

El año 2014, la Resolución Exenta N°1.557 del MINAGRI-SAG que establece *“exigencias para la autorización de plaguicidas”* y deroga la resolución del año 1999, establece estudiar los efectos ecotoxicológicos del plaguicida para conocer los efectos sobre organismos distintos al

objetivo, especificando estudios de toxicidad aguda oral y de contacto para abejas, además de ensayos sobre la alimentación de colonias para el caso de reguladores de crecimiento de insectos. También exige evaluar la toxicidad en abejas, utilizando directrices de la EPA para conocer los efectos sobre el ambiente (Resolución Exenta N°1.557, 2014).

A continuación, se nombran las siguientes legislaciones que pertenecen y regulan distintas facetas del rubro apícola:

- Decreto con Fuerza de Ley N°15 del año 1968, establece las normas sobre actividades apícolas
- Decreto Supremo N°54 del año 2013, crea la Comisión Nacional de Apicultura.
- Decreto Supremo N°977 del año 1996, Reglamento Sanitario de Alimentos
- Decreto N°239 del año 2002, aprueba Reglamento del Sistema Nacional de Control de Cosméticos
- Resolución Exenta N°8.196 del año 2015, Obligación de Registro para apicultores y sus apiarios.

## 2.3 EL RIESGO AMBIENTAL DE LOS AGROQUÍMICOS

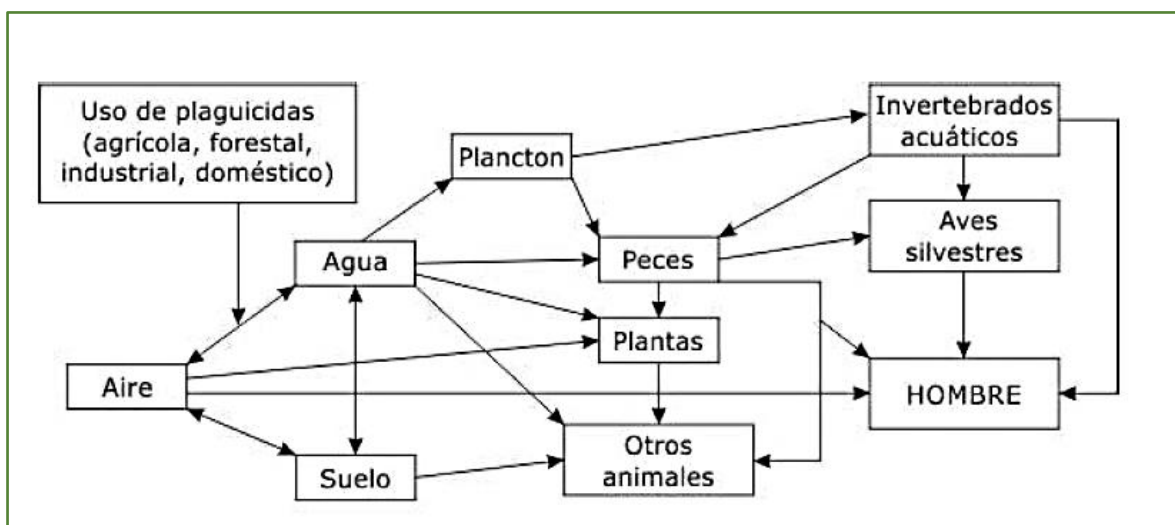
Se define “riesgo ambiental” como la probabilidad de ocurrencia de un peligro, el cual afecta directa o indirectamente al ambiente y a su biodiversidad, en un lugar y tiempo determinado, ya sea de origen natural o antropogénico (Montalvo & Luque, 2010).

Los agroquímicos son utilizados ampliamente en diversos tipos de cultivos, Chile posee unos 35,5 millones de hectáreas que están bajo uso agrícola, pecuario y forestal; sin embargo, el deterioro de estos recursos naturales por la contaminación del ambiente, suelos y aguas superficiales y subterráneas causado por plaguicidas y fertilizantes químicos conlleva graves consecuencias para las comunidades rurales, agricultores orgánicos y agroecológicos, apicultores y la población en general, como resultado de la intensa modernización de la agricultura chilena (Rozas, 2019).

El riesgo ambiental que conlleva el uso de plaguicidas incluye dos variables: la toxicidad y la exposición; esto provoca que los casos de intoxicación por plaguicidas asciendan a más de tres millones al año y hasta 220.000 muertes a nivel mundial (Esquivel-Valenzuela *et al.*, 2019; Maeso & Núñez, 2015).

Esta contaminación está dada, entre otras razones, por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, residuos dispuestos en el suelo y derrames accidentales; los restos de plaguicidas se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas bióticos (animales y plantas) y abióticos (suelo, aire y agua), amenazando su estabilidad; especialmente, la aplicación de aquellos de amplio espectro que terminan induciendo resistencia en los organismos blancos y efectos adversos en los organismos no blanco, como los insectos polinizadores, entre ellos, la abeja melífera, afectando así la producción apícola (Botías & Sánchez-Bayo, 2018; Balsebre, 2018; Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014; Martín-Culma & Arenas-Suárez, 2018)

La Figura 10 ilustra cómo se distribuyen los residuos del plaguicida en los sistemas bióticos y abióticos, siendo una importante vía de exposición humana ya que estas partículas pueden ser inhaladas y adherirse fácilmente a la piel, mucosas y los alimentos (Rojas-Fernández *et al.*, 2019).



**FIGURA 10. Distribución de un plaguicida en los sistemas bióticos y abióticos**

El esquema muestra las distintas rutas que toman los residuos posteriores a la aplicación de un plaguicida, comenzando por los sistemas abióticos (suelo, aire y agua) y cómo estos sistemas ya contaminados son capaces de afectar a los elementos del sistema biótico: animales y plantas que posteriormente convergen en la afectación de la salud humana.

*Fuente: Del Puerto Rodríguez et al., 2014*

Sin embargo, hay diversos factores que definen la ruta de exposición, como sus propiedades físicas y químicas (como formulación, toxicidad, persistencia, volatilidad, solubilidad en agua y adsorción al suelo), el clima, condiciones geomorfológicas de los suelos y las condiciones hidrogeológicas y meteorológicas de la zona. Algunas características pueden aumentar la probabilidad de contaminar el medio como, por ejemplo: una alta lipofilidad, una alta bioacumulación, larga vida media y/o alta capacidad de lixiviación. Incluso la exposición podría ser una amenaza mayor en el caso de compuestos que muestran interacciones e incluso sinergia, pudiendo multiplicar sus efectos dañinos (Arregui *et al.*, 2009; Balsebre, 2018; Botías & Sánchez-Bayo, 2019; Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014).

Estos diversos factores han repercutido en que otros países restrinjan el uso de los agroquímicos; el año 2013 entró en vigencia el Reglamento N°485 de la Unión Europea y que prohíbe el uso y venta de semillas tratadas con productos fitosanitarios que contengan los neonicotinoides imidacloprid, clotianidina y tiametoxam, ya que la autoridad identificó que había un riesgo agudo elevado para las abejas, llegando a la conclusión que este riesgo sólo puede descartarse imponiendo más restricciones (Eurolex, 2013; González, 2018b). Por otro lado, la EPA publicó una política para mitigar el riesgo agudo de los plaguicidas hacia a las

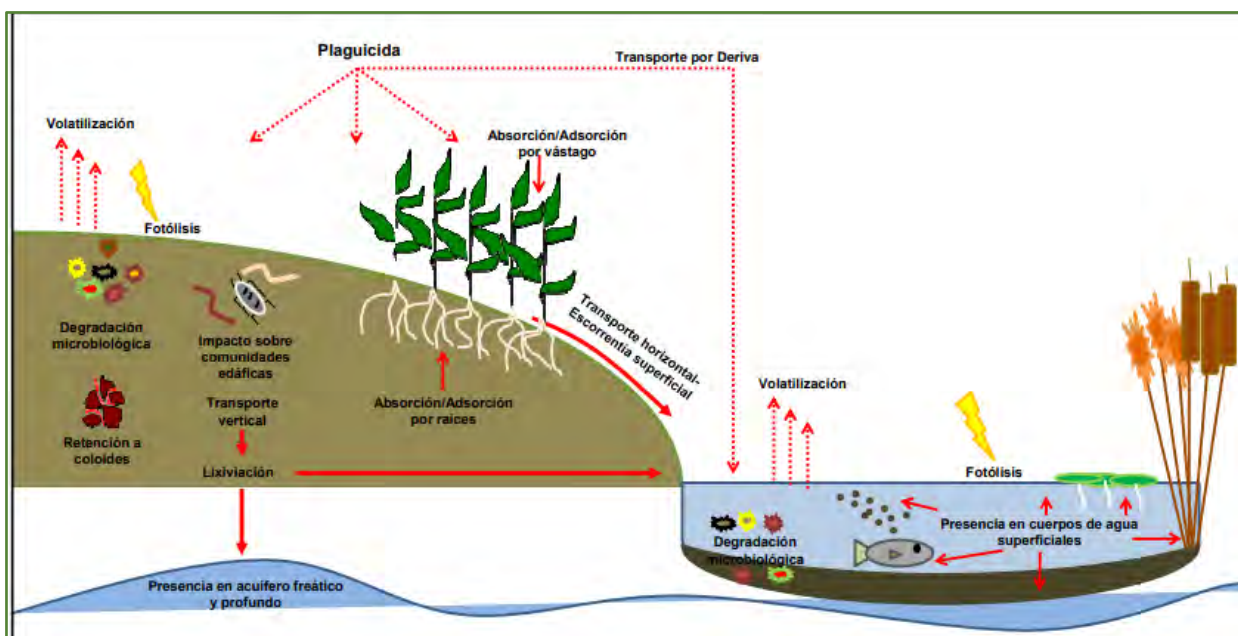
abejas con el propósito de protegerlas durante los servicios de polinización, mientras que Canadá, mediante la autoridad federal de control de pesticidas “*Health Canada*”, ha mejorado sus prácticas agrícolas para proteger a los polinizadores y los métodos para evaluar los riesgos, para así entender mejor los potenciales efectos y que estos puedan ser mitigados (Health Canada, 2013; González, 2018b).

### **2.3.1 LAS VÍAS DE EXPOSICIÓN HACIA EL AMBIENTE Y LOS POLINIZADORES**

Al aplicar un agroquímico, aproximadamente un 99,7% del ingrediente activo termina en diferentes partes del ambiente y sólo un 0,3% actúa realmente en el cultivo, otros aseguran que, de lo aplicado apenas llega un 0,1% a la plaga, mientras el resto termina contaminando el suelo, el agua y la biota (Balsebre, 2018; Torres & Capote, 2004).

Respecto a los sistemas abióticos, la contaminación del aire ocurre principalmente en aplicaciones aéreas, la gran extensión que abarcan y el pequeño tamaño de sus partículas contribuyen al efecto de arrastre hacia las zonas vecinas, donde también incide la volatilidad del químico. La contaminación del suelo se debe a tratamientos específicos, excedentes de una aplicación y/o partículas en las plantas que son arrastradas por la lluvia; aunque la mayoría sufre de degradación microbiana, influye mucho el tipo de suelo, ya que aquellos arcillosos y orgánicos retienen más residuos.

La incorporación del plaguicida al agua ocurre por distintos mecanismos, algunos son: aplicación directa, infiltración hacia aguas superficiales y subterráneas, por aplicación aérea, por descarga de aguas residuales desde productoras de plaguicidas y por descargas del lavado de equipos utilizados en la mezcla y la aplicación (Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014). La Figura 11 ilustra cómo se reparte el plaguicida una vez que ingresa al suelo.



**FIGURA 11. Esquema del comportamiento ambiental del plaguicida**

El plaguicida se divide en fase sólida (retenido en la materia orgánica o inorgánica y migra hacia el agua o el aire por erosión), líquida (puede ser transformado química, física o microbiológicamente por otros compuestos o puede ser transportado hacia aguas subterráneas) y gaseosa (cuando se volatiliza desde el suelo o desde el agua que se encuentra en el suelo).

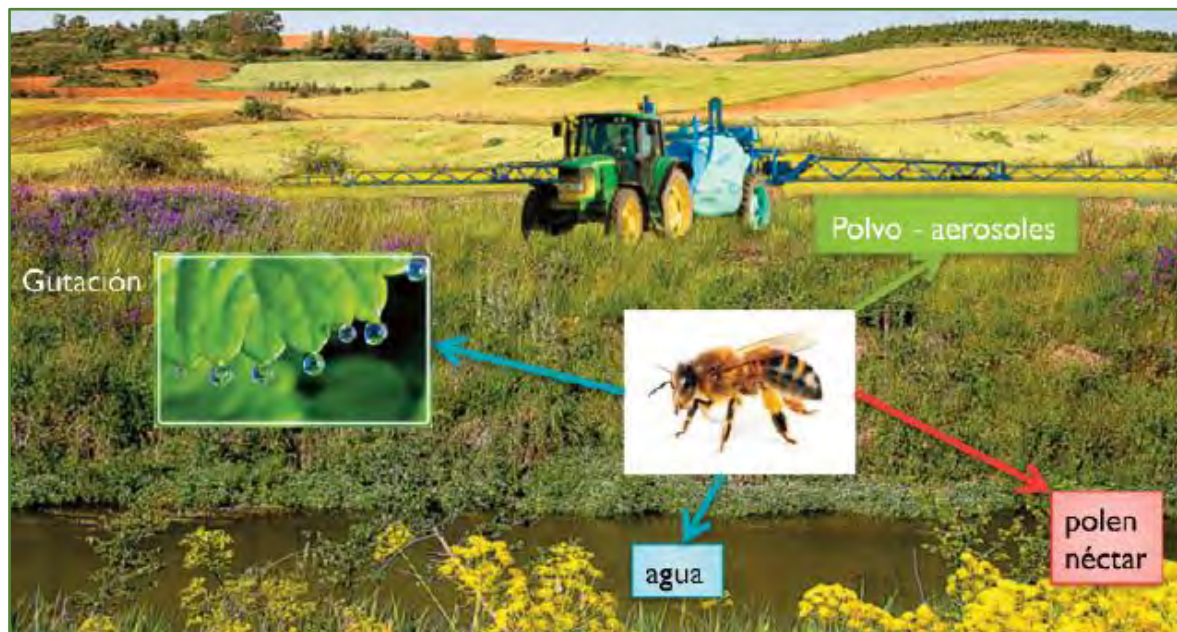
*Fuente: Aparicio et al., 2015.*

Los residuos de estos agroquímicos no sólo afectan los sistemas abióticos, sino que también influyen en la flora y la fauna que rodea y habita los cultivos; si bien actúan sobre la plaga, también afectan a los organismos “no blanco” o “no diana” y que proporcionan servicios ecosistémicos valiosos como la predación y la polinización; si bien las investigaciones se han centrado en las abejas domésticas y unos pocos en abejas silvestres, es muy probable que otros insectos que forrajean en los agroecosistemas (como los sírfidos, avispa, escarabajos y hormigas) se vean afectados por la utilización de agroquímicos. La abeja *Apis mellifera* es el único insecto polinizador utilizado en los procedimientos de evaluación de riesgo ambiental, previo a la autorización del producto fitosanitario (Botías & Sánchez-Bayo, 2018).

Según Botías & Sánchez-Bayo, 2018, existen tres rutas en que los polinizadores se ven expuestos a los plaguicidas (véase Figura 12), éstas son:

- Por contacto directo con aerosoles y partículas suspendidas en el aire o en la superficie de plantas tratadas,

- Por la ingestión del polen, néctar y agua contaminada con estos compuestos,
- Por inhalación de plaguicidas volátiles, siendo una forma de exposición menor.



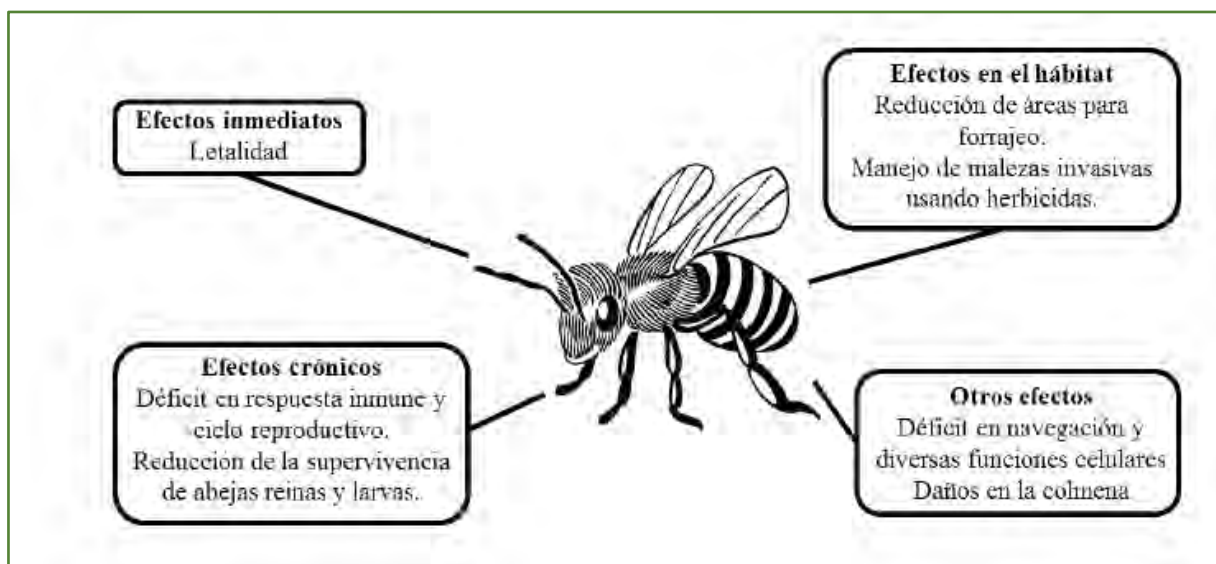
**FIGURA 12. Rutas de exposición del plaguicida hacia el polinizador**

La ilustración muestra cuáles son las principales vías de exposición a plaguicidas que afectan a los polinizadores durante su búsqueda de alimento: por contacto con los aerosoles, por gutación en las plantas e ingestión del polen y néctar, además de la contaminación del agua.

*Fuente: Botías & Sánchez-Bayo, 2018*

Según *Estay, 2014* existen diversas causas que explicarían la mortandad de abejas que ocurre actualmente, entre las que se encuentran: los años meteorológicamente malos con el consiguiente estrés nutricional de la colmena, las enfermedades, prácticas de manejo inadecuadas y la acción de plaguicidas neurotóxicos. Se hace hincapié en esta última causa, que comprende plaguicidas del tipo neonicotinoides y algunos fungicidas que poseen efectos subletales sobre las abejas. Al ser un insecto social, la contaminación puede influir directa o indirectamente a la colmena, provocando mayor susceptibilidad a plagas y patógenos, además de alteraciones en su fisiología y comportamiento (*Estay, 2014; Muñoz, 2017*). En una primera instancia se ven afectadas las abejas pecoreadoras, si el grado de toxicidad es muy alto pueden incluso morir en el campo o en la misma colmena, provocando que las abejas más jóvenes salgan antes de lo normal, alterando el funcionamiento de la colonia (*Balsebre, 2018*).

Las abejas melíferas son buenos bioindicadores, son altamente sensibles a los cambios ambientales y son capaces de realizar vuelos son distancias que van entre los 1,5 a 6 [km] de distancia, pudiendo señalar el deterioro químicos por dos formas: alta tasa de mortalidad en la población o mediante los residuos o trazas presentes en su cuerpo y productos de la colmena (Silva *et al.*, 2006; Balsebre, 2018, Botías & Sánchez-Bayo, 2018). La Figura 13 muestra los distintos efectos que se producen en la población de abejas producto de los agroquímicos



**FIGURA 13. Efectos inmediatos y crónicos en las abejas.**

Existen distintos tipos de efectos, aquellos más inmediatos producen la muerte instantánea de las abejas, expresada mediante una alta tasa de mortalidad en las abejas obreras, mientras que aquellos efectos crónicos producto de dosis que son subletales provocan deficiencias a nivel fisiológico. Efectos sobre el comportamiento provocan que el área donde las abejas obreras realizan el pecoreo se reduzca, afectando así la polinización y la biodiversidad del sector.

*Fuente: Martín-Culma & Arena-Suárez, 2018*

Esto ha provocado que países como Canadá, Estados Unidos y en la Unión Europea hayan limitado el uso de este tipo de agroquímicos, o directamente lo han prohibido por verse implicados en casos de muerte masiva de abejas (Williams *et al.*, 2016, Tsvetkov *et al.*, 2017; Balsebre, 2018).

A nivel nacional, actualmente se trabaja en un proyecto de ley apícola que busca regular y proteger a este rubro, además de intentar reconocer la importancia de los polinizadores no sólo desde un punto de vista productivo, sino que también desde su importancia para la conservación

de la biodiversidad (González, 2018b; Manzur, 2017). Sin embargo, representantes del sector apícola lo consideran insuficiente en este último punto, y si bien se indica el estricto cumplimiento de la etiqueta y dar el previo aviso a los apicultores, alegan que esto no se cumple a cabalidad y para el apicultor es complicado probar que fue afectado por la aplicación de plaguicidas (Manzur, 2017).

### 2.3.2 DISTRIBUCIÓN ECONÓMICA DE LOS AGROQUÍMICOS EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO

Desde la página oficial del Servicio Agrícola y Ganadero es posible descargar documentos de distinta índole; el informe de “Declaración de ventas de plaguicidas de uso agrícola” tiene su última actualización en el año 2012, donde se resume esta información según región (SAG, 2012).

La Tabla 7 muestra los plaguicidas vendidos en la región de Valparaíso según serie en el año 2012, expresando la cantidad en unidades de [kg/L].

**TABLA 7. Plaguicidas vendidos en la región de Valparaíso, año 2012**

Respecto a las mayores ventas de plaguicidas, el grupo es liderado por los Fungicidas con un 39% (serie 2000), seguido por la serie 1000, correspondiente a los Insecticidas con un 28% de las ventas.

Nº DE SERIE	APTITUD	TOTAL [kg/L]	PORCENTAJE (%)
1000	Insecticidas	763.854,67	28
2000	Fungicidas	1.068.786,87	39
3000	Herbicidas	553.667,38	20
4000	Misceláneos	343.528,20	13
<b>TOTAL</b>	-	2.729.837,12	100

*Fuente: SAG, 2012.*

Respecto a los ingredientes activos más vendidos, de la serie 1000 se pueden nombrar el aceite parafínico, clorpirifós, metamidofos y abamectina. De la serie 2000, los más vendidos son el azufre, el ácido L-ascórbico, derivados del cobre y el tebuconazole; de la serie 3000 se pueden nombrar cuatro mezclas que contienen glifosato, dicloruro de paraquat y simazina y de la serie 4000, que corresponde a los misceláneos, los más vendidos son el ácido giberélico y la cianamida hidrogenada (SAG, 2012).

## 2.4 LA SITUACIÓN AMBIENTAL EN LA COMUNA DE CABILDO

La comuna de Cabildo, ubicada al nororiente de la región de Valparaíso, en conjunto con las comunas de La Ligua, Zapallar, Papudo y Petorca, conforman la provincia de Petorca, la más grande la quinta región (véase Figura 14). Su red hidrográfica cuenta con dos esteros principales: Alicahue y Los Ángeles (ambos escurren superficialmente sólo en la parte alta de la cuenca) y se unen y tributan al río Ligua, estos cursos de agua son principalmente del tipo pluvial, ya que al situarse en la Cordillera de la Costa, la nieve no abastece suficientemente a la cuenca. Al estar alejada de la costa, posee un clima templado semiárido con temperatura moderada (20°C en primavera-verano y 6°C en otoño-invierno); además tiene microclimas y aptitudes de suelo que permiten la producción frutícola, siendo una de sus actividades económicas principales la agricultura con cultivos de paltos y limones; seguido por la ganadería de caprinos y ovinos, explotaciones de minas y manufactureras metálicas y no-metálicas (Pladeco Cabildo, 2015).

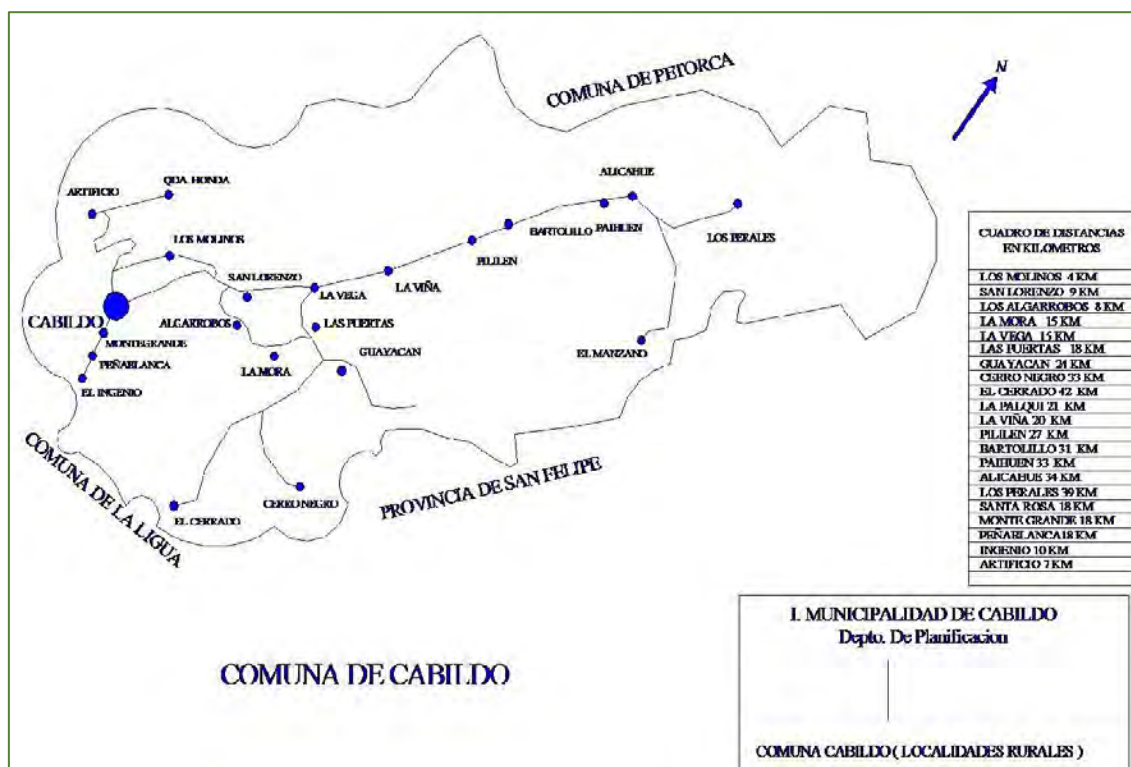


FIGURA 14. Plano de la comuna de Cabildo y sus localidades

La figura muestra las 21 localidades que se ubican en la comuna, que se dividen en 6 unidades territoriales: Alicahue, La Vega, Los Molinos, Peñablanca, Estación Los Ángeles y Artificio.

*Fuente: Municipalidad de Cabildo*

La principal problemática ambiental que aqueja desde hace décadas a toda la provincia de Petorca es la persistente sequía (que se visibiliza en la escasez de precipitaciones, el aumento de temperaturas y de la evapotranspiración) que además ha perjudicado la actividad agrícola de la zona, principalmente a los pequeños y medianos agricultores. Es una situación que se ha agudizado por el sobre otorgamiento de aguas subterráneas (bajo el sistema de derechos privados comercializables instaurado en la dictadura) y la usurpación de los mismos agricultores, afectando la capacidad de riego y el acceso para el consumo humano. Esta problemática se ve más agravada por el tipo de cultivo que se trabaja en la zona: los monocultivos extensivos; que incrementan el riesgo de colapso de los ecosistemas (Bolados, 2018; Pladeco Cabildo, 2015; Rozas, 2019).

El ejemplo más actual de esta situación son los monocultivos de palto, que en su totalidad representan el 9,7% de la superficie frutal del país y que nacen a partir de los cambios económicos en la década de los 80's que promovieron la expansión de tierras para productos orientados a mercados internacionales, provocando la adquisición de terrenos no aptos para cultivos, obligando la incorporación de tecnología extractiva de aguas a través de pozos, instalación de bombas y de riego tecnificado (Bolados, 2018; Rozas, 2019). En la comuna de Cabildo, los principales cultivos representan el 28,6% de la provincia, donde los cultivos frutales corresponden a 5.104,4 [ha] (80,57%), destacando los paltos con 4.044,1 [ha], los limoneros con 337,2 [ha], los naranjos con 218,7 [ha] y almendros con 161,9 [ha] (Pladeco Cabildo, 2015).

Según Rozas, 2019 en su *“Informe sobre la situación de los plaguicidas altamente peligrosos en Chile”* de la Red de Acción en Plaguicidas (RAP-Chile), los monocultivos extensivos de paltas utilizan una gran variedad de estos plaguicidas que son altamente peligrosos para la salud, las abejas, los insectos benéficos y para el medioambiente. La Tabla 8 muestra los plaguicidas comúnmente utilizados en estos cultivos y su peligro asociado.

**TABLA 8. Plaguicidas altamente peligrosos utilizados en monocultivos de palta**

La tabla muestra algunos plaguicidas que son utilizados comúnmente en este tipo de monocultivo y el peligro que se le asocia por sus efectos a la salud y al medioambiente

<b>PLAGUICIDA</b>	<b>PELIGRO ASOCIADO</b>
<b>Carbarilo</b>	Probable carcinógeno y disruptor endocrino
<b>Paraquat</b>	Prohibido en la Unión Europea
<b>Trifluralina</b>	Posible perturbador endocrino y bioacumulable
<b>Diuron</b>	Probable carcinógeno
<b>Abamectina</b>	Toxicidad aguda y tóxico para las abejas
<b>Dimetoato</b>	Muy tóxico para las abejas
<b>Tiametoxam</b>	Muy tóxico para las abejas y otros polinizadores
<b>Imidacloprid</b>	Muy tóxico para las abejas
<b>Clorpirifós</b>	Muy tóxico para las abejas, neurotóxico y con características de contaminante orgánico persistente
<b>Metomil</b>	Alta toxicidad agua y tóxico para las abejas
<b>Acetamiprid</b>	Nocivo, tóxico para las abejas

*Fuente: Rozas, 2019.*

La insostenibilidad social y ambiental de estos monocultivos se basa en múltiples razones, como las intoxicaciones agudas y crónicas de los habitantes locales y trabajadores agrícolas, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, sobreexplotación de acuíferos, deforestación del bosque nativo, desaparición de fauna nativa y la muerte de abejas y polinizadores; esto último conlleva un impacto sustancial a los apicultores de la zona; sólo en el mes de agosto del año 2017, en Cabildo y Petorca se reportaron unas 300 colmenas afectadas, casos similares se reportaron en comunas de la región del Maule, O'Higgins, Metropolitana y Bío-bío; además no se han detenido las denuncias por la mortandad de abejas acusando la aplicación de plaguicidas organofosforados como el Clorpirifós (Lorsban) o neonicotinoides como el Tiametoxam (Actara), utilizados en plena época de floración. Sin embargo, si el plaguicida se encuentra registrado y autorizado por el SAG, la pérdida es exclusiva para el apicultor (Retamal & Salinas, 2018; Rozas, 2019).

Este tipo de situaciones apunta directamente a la legislación actual, ya que se exige que al momento de aplicar un pesticida se dé aviso a las personas y trabajadores a 200 metros a la redonda para que tomen medidas precautorias (Decreto N°5, 2010), lo que se considera

insuficiente por parte de los apicultores, ya que existen casos de muerte de abejas que se encontraban a más distancia de la estipulada, ya que las abejas recorren unos 5 kilómetros diarios. Si bien se presentó un proyecto de la Ley Apícola, también se le consideró insuficiente en proteger a la apicultura (El Mostrador, 2017). Cabe señalar que desde el informe de “*Plan de Desarrollo Comunal de Cabildo 2014 – 2020*”, realizado en mayo del año 2015, en su perfil de “*Problemáticas comunales*”, la comunidad local identificó las principales problemáticas relacionadas con el medioambiente, donde se destaca la sensación de contaminación del aire y del agua y la escasez hídrica que afecta la capacidad de riego y de consumo humano.

### **CAPÍTULO 3: LA PROBLEMÁTICA**

Países de Europa y Estados Unidos ya han prohibido una amplia variedad de plaguicidas a causa de esta problemática mundial. Actualmente, en nuestro país se carece de información del riesgo ambiental que genera la aplicación de agroquímicos para la apicultura de la región y para sus abejas, que son su fuente de trabajo y una especie de alto valor ecológico.

En estos últimos años, la zona agrícola de la comuna de Cabildo se ve constantemente expuesta a la aplicación de agroquímicos altamente peligrosos durante sus faenas, que muchas veces se realizan de forma intensiva e inadecuada. Estudios en la región de Valparaíso y O'Higgins han detectado la presencia de residuos de plaguicidas en muestras de abejas y en la miel, lo que, sumado a los alegatos de los apicultores de diversas regiones en relación con la muerte de sus abejas y daño a sus colmenas, acusa una escasa regulación al respecto, además de pérdidas económicas generadas por la aplicación de agroquímicos en cultivos cercanos.

Esta información podría conllevar el desarrollo de futuros estudios, programas, planes y políticas nacionales que colaboren y guíen para un adecuado manejo ambiental y, por ende, una reducción del riesgo ambiental asociado a este rubro.

## **CAPÍTULO 4: LOS OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Analizar el riesgo ambiental que se genera para la apicultura por la aplicación de agroquímicos en el sector agrícola de la localidad de La Mora, Cabildo, en la Región de Valparaíso.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar el área de estudio en conjunto con los agroquímicos utilizados
- Calcular el Índice de Consecuencias Ambientales y la Probabilidad de Ocurrencia
- Determinar el Riesgo Ambiental para el área estudiada.

## CAPÍTULO 5: LA METODOLOGÍA

La metodología utilizada con el propósito que analizar el riesgo ambiental en el sector agrícola de Cabildo se basará en la metodología publicada por la empresa MAPFRE Seguridad el año 2007 y desarrollada por la Dra. Juana María Delgado Saborit, Doctora en Ingeniería Química de la *Division of Environmental Health and Risk Management* de la Universidad de Birmingham en Reino Unido. En su publicación llamada “La Medida del Riesgo Ambiental” pretende evaluar cómo afectan las actividades de una empresa al entorno natural, expresando la medida del riesgo de forma matemática como el producto entre las consecuencias ambientales y la ocurrencia de un escenario accidental, mediante la siguiente ecuación 1:

ECUACIÓN 1. Estimación del riesgo ambiental

$$\text{RIESGO AMBIENTAL} = \text{CONSECUENCIAS AMBIENTALES} \times \text{PROBABILIDAD DE OCURRENCIA}$$

La metodología desarrollada se basó en la identificación de los agroquímicos utilizados en el sector y los peligros de cada uno de ellos, además de realizar el análisis de las consecuencias ambientales y de las probabilidades de ocurrencia de éstas.

A continuación, se detalla cómo se trabajó la metodología, las variables que se consideraron y los programas informáticos que se utilizaron.

## 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y LOS AGROQUÍMICOS UTILIZADOS

La comuna de Cabildo está localizada en la provincia de Petorca a 178 msnm, en el curso medio y superior de la cuenca del río La Ligua. Posee una superficie de 1.455,4 [km<sup>2</sup>] y una población total de 19.388 habitantes según el Censo del año 2017. Mientras que la localidad rural de La Mora se ubica al suroriente de la comuna de Cabildo, aproximadamente a unos 15 [km] desde el centro y donde viven alrededor de 300 personas. Se puede visualizar en la Figura 15 una vista satelital obtenida desde Google Earth Pro, está aledaña a las localidades de La Vega y Las Puertas, y pertenece a la unidad territorial de Estero Los Ángeles.



**FIGURA 15. Localidad de La Mora, comuna de Cabildo**

La figura muestra una vista general de la localidad de estudio, donde se encuentran los cultivos de paltos, cítricos y apiarios que prestan servicios de polinización en el sector del Fundo “El Guindo”, que se encuentra a unos 3 [km] de las viviendas.

*Fuente: Google Earth Pro.*

Con el fin de identificar cuáles fueron los agroquímicos utilizados en el sector, además de conocer otros antecedentes importantes para el análisis general, se realizó una visita al sector de

Cabildo y se contactó con apicultores que trabajan en los cultivos y con agentes del SAG, para obtener antecedentes como:

- a) Tipo de cultivo más cercanos
- b) Superficie total del cultivo
- c) Nombre de los agroquímicos utilizados (por nombre comercial o ingrediente activo)
- d) Tipo de aplicación que se realiza (terrestre, aérea, otro)
- e) Objetivo de la aplicación (plaga, fertilización, regulación)
- f) Frecuencia con la que se realiza la aplicación
- g) Cantidad aplicada por área

A partir de los antecedentes obtenidos, se indagaron las respectivas etiquetas de cada producto y hojas de seguridad, con el propósito de obtener más información.

## 5.2 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONSECUENCIAS AMBIENTALES

Para conocer las consecuencias ambientales de los agroquímicos, se utilizó el Índice de Consecuencias Ambientales (ICA). La tabla 9 muestra los factores y sub-factores que influyeron en este índice.

**TABLA 9. Factores del ICA**

El ICA se divide en dos factores principales: la fuente de peligro, que se deriva de la peligrosidad de la sustancia y la cantidad utilizada; y los receptores, donde influye el área afectada y la vulnerabilidad del entorno.

FACTORES	SUB-FACTOR 1	SUB-FACTOR 2
LA FUENTE DE PELIGRO	Peligrosidad de la sustancia	Cantidad de dicha(s) sustancia(s)
LOS RECEPTORES	Área afectada por el potencial accidente	Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico

*Fuente: Delgado, 2007.*

### 5.2.1 FACTOR 1: “LA FUENTE DE PELIGRO”

#### A) SUB-FACTOR 1: LA PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA

La caracterización de este sub-factor, se estimó a través de las distintas características de la sustancia elegida mediante la siguiente expresión:

**ECUACIÓN 2.** Peligrosidad de la sustancia.

$$\text{PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA} = \text{TOXICIDAD} + \text{VOLATILIDAD} + \text{BIOCONCENTRACIÓN} + \text{ADSORCIÓN} + \text{BIODEGRADACIÓN} + \text{SINERGIA.}$$

Los parámetros nombrados considerarán:

- **TOXICIDAD:** se valoró en función de sus valores toxicológicos CL<sub>50</sub>, CE<sub>50</sub> o DL<sub>50</sub> más bajos disponibles para peces, *Daphnia magna* o algas; en el caso de no disponer de estos datos, se aplicó la valoración mediante el pictograma de la sustancia.
- **VOLATILIDAD:** se valoró en función del valor de la constante de Henry, que cuantifica la tendencia de un compuesto a existir en forma de moléculas de vapor y se calcula a partir del “log H”, donde H es la constante de Henry en unidades de [atm

m<sup>3</sup>/mol]. Este valor se obtuvo desde el programa informático EPI Suite de la EPA llamado “HENRYWIN”.

- En el caso de los valores obtenidos de la constante de Henry que escaparon de los rangos normales, se contrastaron con los obtenidos bajo bibliografías anexas, posibilitando su uso con el objetivo de obtener una puntuación más confiable.
- **BIOCONCENTRACIÓN:** se valoró mediante el valor de “Log BCF” que entrega el programa informático EPI Suite de la EPA llamado “BCFBAF”.
- **ADSORCIÓN:** se valoró mediante el coeficiente de reparto octanol/agua, mediante el “Log Kow” que entrega el programa informático EPI Suite de la EPA, llamado “KOWWIN”
- **BIODEGRADACIÓN:** Se valoró mediante el valor de “BD”, entregado por el programa informático EPI Suite de la EPA, llamado “BIOWIN”
- **SINERGIA:** se valoró mediante tres escenarios aplicables, 1) implicación de una única sustancia, 2) implicación de más de una sustancia, generando una mezcla que, a priori, no presenta efectos sinérgicos y 3) implicación de más de una sustancia, dando lugar a una mezcla que, a priori, presenta efectos sinérgicos.

La Figura 16 muestra la interfaz del programa informático EPI Suite (EPI: “*Estimation Programs Interface*”), y corresponde a un conjunto de programas de estimación de propiedades físicas y químicas, toxicidad acuática y destino ambiental de sustancias, desarrollado por la EPA y *Syracuse Research Cop* (SRC). Es de descarga gratuita y se ha convertido en uno de los programas más utilizados, ya que sólo se necesita el nombre químico y número CAS para obtener los datos respecto a sus propiedades físicas y químicas.

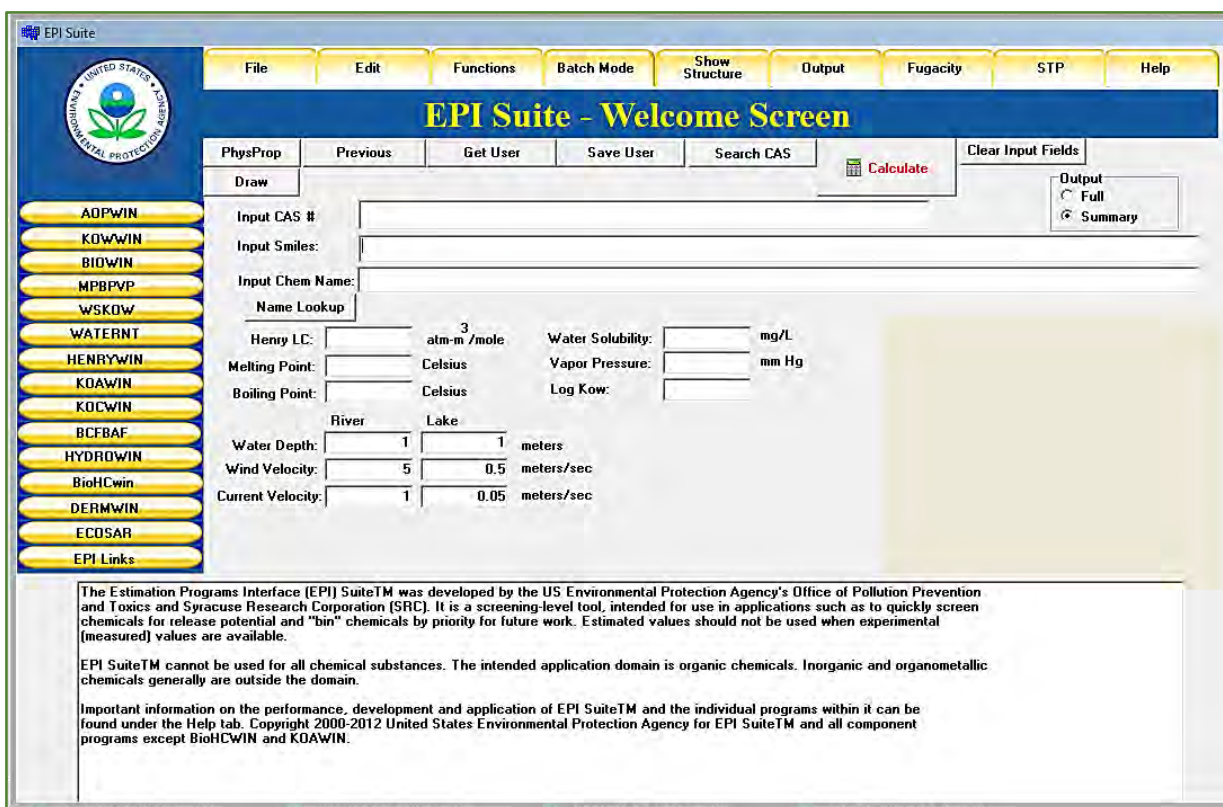


FIGURA 16. Interfaz del programa EPI Suite (EPA)

La interfaz del programa EPI Suite muestra los espacios para ingresar los datos requeridos, como el número CAS, con el propósito de obtener los datos esperados de los modelos nombrados al costado izquierdo.

*Fuente: EPI Suite*

Los datos obtenidos desde el software EPI Suite fueron contrastados con lo obtenido en la bibliografía correspondiente, como hojas de seguridad de cada sustancia y bases de datos en línea que aportan este tipo de información, como es el caso de *TOXNET Database*, un recurso de la *U.S National Library of Medicine*, cuyo propósito es entregar datos sobre toxicología, productos químicos peligrosos, salud ambiental y emisiones tóxicas. Así, en el caso de los parámetros cuyos valores escaparon de los valores de referencia, se utilizaron datos anexos con el fin de obtener la información más confiable posible.

Al obtener el puntaje final, se realiza una estandarización de la puntuación con un factor de [1.2], quedando un valor final en el rango [1,7 – 20]. El resumen de las puntuaciones de cada parámetro para el cálculo del sub-factor “Peligrosidad de la sustancia” se encuentran en el Anexo B.

## **B) SUB-FACTOR 2: LA CANTIDAD DE SUSTANCIA IMPLICADA**

Para el cálculo de este sub-factor, se elaboraron escenarios de análisis que comprenden los agroquímicos analizados y ambos tipos de aplicación: terrestre y aérea. Se obtuvo el valor de la cantidad de sustancia en cada escenario a partir de los siguientes antecedentes:

- Dosis indicada en la etiqueta según el cultivo
- Volumen de “mojamiento” por hectárea, indicado en la etiqueta
- Densidad del agroquímico (su ingrediente activo)
- Superficie total del cultivo
- Conversión de unidades

Para esto se adaptó la metodología y se realizó una equivalencia entre la unidad de Tm (tonelada métrica) y kg (kilógramo), este cambio de unidad sólo se realizó con una reducción del orden de magnitud de  $10^{-3}$ , con el objetivo de obtener puntuaciones más confiables y acorde a la metodología original. En el Anexo C se puede visualizar la tabla de puntuaciones de la metodología, los cambios de unidades y otros datos utilizados.

### **5.2.2 FACTOR 2: “LOS RECEPTORES”**

#### **A) SUB-FACTOR 1: EL ÁREA AFECTADA**

El área afectada por el accidente es uno de los criterios más estrechamente relacionados con el tipo de receptor afectado. La metodología realizada por MAPFRE propone una serie de criterios relacionados con el tipo de área afectada y su extensión, las cuales son:

- Medio terrestre y acuíferos: entre  $< 1$  [ha] a  $\geq 10$  [ha]
- Corrientes superficiales: entre  $< 1$  [km] a  $\geq 10$  [km]
- Medio acuático: entre  $< 1$  [ha] a  $\geq 2$  [ha]

Esto se puede visualizar más en detalle en el Anexo D, donde la puntuación es asignada según la extensión y tipo de área afectada.

## B) SUB-FACTOR 2: LA VULNERABILIDAD DEL ENTORNO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

A partir de la determinación del área afectada se puntuará este sub-factor con parámetros que corresponden a la vulnerabilidad ecológica y socioeconómica indicados en la Tabla 10.

**TABLA 10. Indicadores para el sub-factor “Vulnerabilidad”**

El sub-factor 2 del factor “los receptores”, se divide en dos tipos de vulnerabilidades: la ecológica, que comprende el entorno afectado y las especies con alguna categoría de protección; y la socioeconómica, que comprende otras actividades económicas, recursos naturales y la posible población afectada y sensible.

<b>VULNERABILIDAD DEL ENTORNO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO</b>	Vulnerabilidad Ecológica	Tipo de entorno afectado
		Categoría de protección de especies
	Vulnerabilidad Socioeconómica	Impacto de las actividades económicas
		Recursos naturales e infraestructuras
		Población afectada y sensible

Fuente: Delgado, 2007

### ➤ Vulnerabilidad ecológica

1. El tipo de uso de suelo del sector y la posible existencia de figuras de protección de espacios naturales en el área, por ejemplo, la existencia de reservas o parques naturales determina una puntuación mayor que sitios sin algún tipo de protección.

2. El estado de conservación de las especies, en este caso, la puntuación está determinada según el nivel de protección más alto encontrado para la flora nativa del sector. Se realizó mediante búsqueda bibliográfica y considerando las categorías de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y el RCE (Reglamento de Clasificación de Especies).

Las puntuaciones para los parámetros correspondientes a “Vulnerabilidad Ecológica” se encuentran en detalle en el Anexo E.

### ➤ Vulnerabilidad Socioeconómica

1. La presencia de otras actividades económicas en el sector que podrían verse afectadas por un escenario de riesgo ambiental, esto considera la presencia de actividades

agrícolas y ganaderas, como también otros comercios ligados a la industria y se realiza mediante la puntuación aditiva, es decir que su presencia adiciona más puntuación

2. La presencia de recursos naturales y otras infraestructuras que podrían verse afectadas ante un escenario de riesgo ambiental, como por ejemplo, sistemas de suministro de aguas o recogida de residuos, también se valora mediante puntuación aditiva.
3. Población sensible, es este caso, se valora la existencia de centros médicos o colegios que podrían verse afectados y al igual que los anteriores, se valora mediante puntuación aditiva.
4. Población afectada, en este caso la metodología original se encuentra enfocada en su impacto a la población humana, por lo que se adaptó para obtener un enfoque hacia las abejas melíferas mediante la toxicidad de los agroquímicos analizados (esto será explicado en la sección de “Resultados”).

En el Anexo F se visualizan las puntuaciones relacionadas con los parámetros de “Vulnerabilidad socioeconómica”

### 5.3 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONSECUENCIAS AMBIENTALES

Para determinar el valor final del Índice de Consecuencias Ambientales, se ejecutaron cuatro pasos importantes, detallados a continuación:

- **Primero**, se determinó la puntuación correspondiente a cada parámetro indicado en la metodología de *Delgado (2007)*.
- **Segundo**, se realizó la estandarización del sub-factor “Peligrosidad de la sustancia” mediante un factor de 1,2 (es decir que la puntuación final se divide por el factor indicado), para obtener una puntuación estandarizada.
- **Tercero**, para las puntuaciones de cada sub-factor se realizó una normalización, así ambos factores “La Fuente de Peligro” y “Los Receptores” poseen el mismo peso específico de un 50%.
- **Cuarto**, se obtiene la puntuación final del Índice de Consecuencias Ambientales entre un rango de [1,7 – 20].

La Tabla 11 muestra un resumen de este cálculo, ilustrando el rango de puntuaciones correspondiente a cada parámetro, el factor de estandarización y los factores de normalización para cada sub-factor según la metodología de *Delgado (2007)*.

**TABLA 11. Resumen de los factores y cálculos del ICA**

La tabla muestra los diversos parámetros que comprenden ambos factores que componen el Índice de Consecuencias Ambientales, los rangos de puntuaciones, el factor de estandarización para el sub-factor “Peligrosidad de la sustancia” y los factores de normalización, además del intervalo para la puntuación final del ICA.

FACTOR	SUB-FACTOR	PARÁMETROS	PUNTUACIÓN	S	PRE-NORMALIZADO	N	PUNTUACIÓN	FINAL
LA FUENTE DE PELIGRO	Peligrosidad de la sustancia	Toxicidad	1 - 10	1,2	1,7 – 20	3	0,6 - 6,7	2 – 20
		Volatilidad	1 - 5					
Bioconcentración		0 - 2						
Adsorción		0 - 2						
Biodegradación		0 - 2						
Sinergia		0 - 3						
Cantidad de la sustancia	Cantidad	-	-	1 – 10	4	0,3 - 2,5		
LOS RECEPTORES	Área afectada	Área	-	-	1 – 10	3	0,3 - 3,3	
	Vulnerabilidad ecológica y socioeconómica	Tipo entorno	1 - 10	-	3 – 30	4	0,8 - 7,5	
		Categoría especies	1 - 5					
		Impacto actividades	0 - 4					
		RN e infraestructuras	0 - 3					
		Población afectada	1 - 4					
Población sensible	0 - 4							

*Fuente: Delgado, 2007*

#### **5.4 ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA**

Ya conocido el valor del Índice de Consecuencias Ambientales (ICA), es necesario conocer la Probabilidad de Ocurrencia de un escenario con riesgo ambiental. Esto se puede realizar de dos formas: a través de datos cuantitativos, en este caso MAPFRE apela a un análisis realizado por la empresa encargada; o también se puede realizar de forma histórica, aunque sea menos exacto, utilizando los criterios de la norma UNE 150008 EX de “Análisis de evaluación de riesgo medioambiental”.

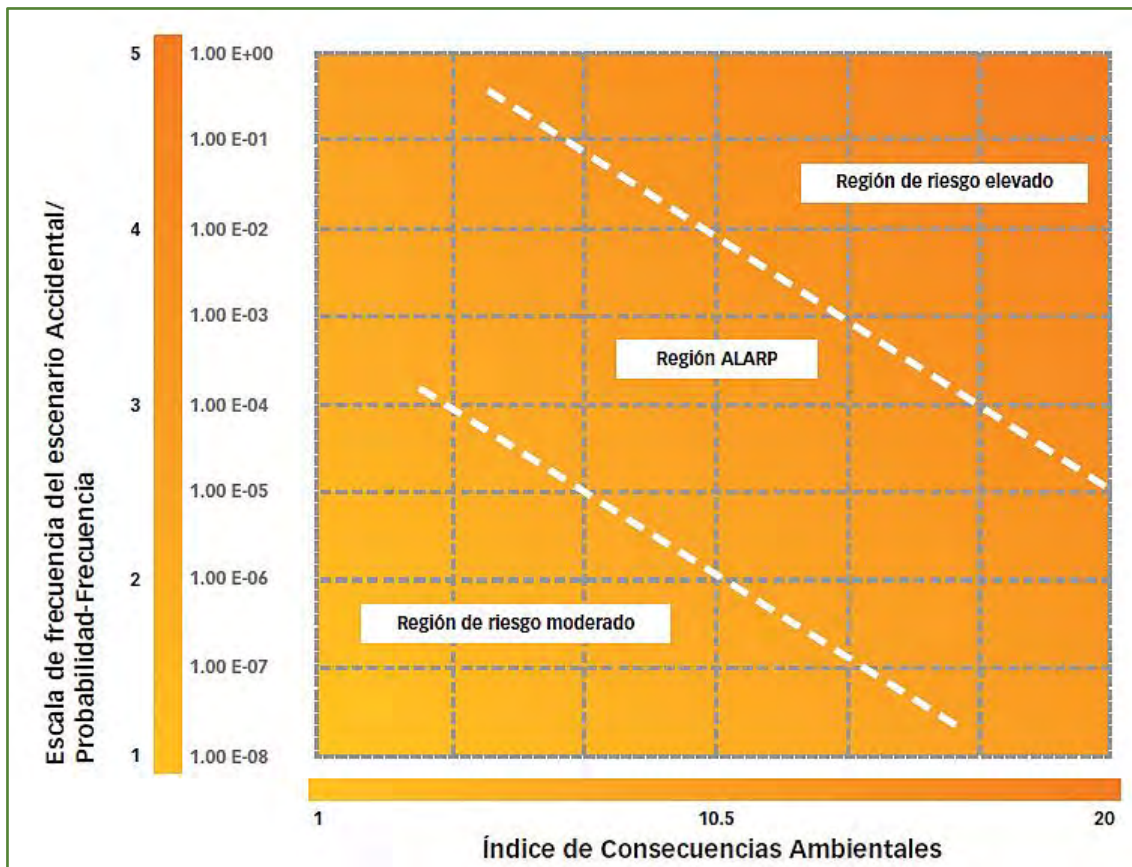
En este caso, se revisó antecedentes obtenidos respecto a la frecuencia del uso de los agroquímicos, casos de intoxicaciones agudas a nivel nacional en la población humana según datos del MINSAL entre los años 2008 y 2018, casos sobre mortandad de abejas melíferas y otros datos que influyen en un mayor riesgo ambiental para las abejas melíferas y por ende, para el rubro de la apicultura.

Esto se convalidó con los distintos escenarios entregados por la metodología para el caso de análisis histórico y cuyas puntuaciones se encuentran más en detalle en el Anexo G.

#### **5.5 DETERMINACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL**

Como se describió antes, el riesgo ambiental se determina mediante dos factores: las consecuencias ambientales (determinado por la peligrosidad y cantidad de sustancia, como las características de la zona y la población) y la probabilidad de ocurrencia de un escenario.

Con los datos obtenidos para cada factor, se determinó el Riesgo Ambiental de cada escenario previsto en función del agroquímico analizado, utilizando la gráfica ilustrada en la Figura 17 como expresión de la Ecuación 1, que evalúa la “Tolerabilidad del riesgo ambiental” a través de tres distintas áreas o regiones de riesgo, situando el valor del ICA en el eje X y su correspondiente Probabilidad de Ocurrencia en el eje Y.



**FIGURA 17. Determinación de la tolerabilidad del riesgo ambiental**

La gráfica ilustra los valores de ejes en la gráfica de tolerabilidad del riesgo ambiental en función de los dos factores que lo componen y cómo éstos determinan la región de riesgo ambiental estimada.

*Fuente: Delgado, 2017*

Las tres regiones o niveles de riesgo ambiental son:

- **Región de riesgo moderado:** es un nivel de riesgo insignificante y es probable que se incurra en excesivos costos si se toman algunas medidas para intentar lograr una reducción
- **Región ALARP** (“*As low as reasonably practicable*” o “Tan bajo como sea factible”): consiste en un nivel de riesgo que, pese a ser tolerable, debería ser reducido hasta el nivel más bajo que sea factible, sin incurrir en costos desproporcionados. El riesgo se vuelve tolerable cuando mayores reducciones son impracticables o sólo se alcanzan mediante un costo excesivo o demasiado esfuerzo y tiempo.
- **Región de riesgo elevado:** el riesgo en esta área amerita la implantación de medidas de reducción del riesgo, independientemente del costo asociado.

## CAPÍTULO 6: RESULTADOS

### 6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La localidad de La Mora se emplaza muy cercana a una porción del Estero Los Ángeles (llamado también Estero Cajón de Los Ángeles), que nace en la Cordillera de los Andes, confluye con el río Alicahue y desemboca en el Río La Ligua; principalmente el uso de su recurso hídrico es del tipo extractivo para actividades de riego y minería, principalmente desde la Minera Cerro Negro que posee derechos de agua correspondiente a 69 [L/s] (DGA, 2004). Sin embargo, actualmente el estero se encuentra con un mínimo o nada de caudal.

La Figura 18 muestra la vista entregada por el programa *Google Earth Pro*, donde se ilustran los sectores que corresponden a los cultivos de palto y de cítricos en la localidad de La Mora, comuna de Cabildo; además de la ubicación de las colmenas de la especie *Apis mellifera* con el propósito de entregar servicios de polinización a esos cultivos.



**FIGURA 18. Zona de estudio: cultivos de paltos, cítricos y colmenas**

La figura muestra dos polígonos que determinan la superficie del cultivo de palto (verde) y el de cítricos (amarillo), además del punto de ubicación de las colmenas de abejas melíferas y su distancia en línea recta hasta el límite del cultivo de palto, que corresponde a unos 300 m.

*Fuente: elaboración propia.*

El fundo “El Guindo” al que pertenecen ambos cultivos se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas:

- LATITUD: 32°28'46.47"S
- LONGITUD: 70°59'29.82"O

Mientras que las colmenas que componen los apiarios y que entregan los servicios de polinización a los cultivos de palto y cítricos se instalan (de forma aproximada), en el sitio con las siguientes coordenadas geográficas:

- LATITUD: 32°29'16.39"S
- LONGITUD: 71° 0'25.69"O

La superficie correspondiente al cultivo de paltos es de 53,5 [ha], con un perímetro de 3,36 [km]; mientras que el cultivo de cítricos posee una superficie de 22,4 [ha] y un perímetro de 2,57 [km]. Desde el inicio del cultivo de cítricos hasta el límite donde termina el cultivo de paltos existe una distancia en línea recta de 1,67 km, con una inclinación promedio del 4%.

## **6.2 LOS AGROQUÍMICOS UTILIZADOS**

En este caso de las sustancias que representan un riesgo ambiental en la zona corresponden a los distintos agroquímicos utilizados en los cultivos de palto y cítricos. La Tabla 12 muestra un resumen de los antecedentes recopilados desde las etiquetas del agroquímico, sus hojas de seguridad y el listado de plaguicidas autorizados obtenido desde la página oficial del SAG.

**TABLA 12. Antecedentes de los objetos de riesgo**

La tabla muestra un resumen de los agroquímicos elegidos (los objetos de riesgo) y algunas de sus características más importantes obtenidas desde sus hojas de seguridad y el listado de agroquímicos autorizados del SAG.

<b>DATOS DE LOS AGROQUÍMICOS (OBJETOS DE RIESGO).</b>			
<b>Nombre comercial</b>	LORSBAN 4E	VERTIMEC 018 EC	SUNNY 5 SC
<b>Aptitud</b>	Insecticida	Insecticida - acaricida	Fitorregulador del crecimiento
<b>N° de serie</b>	1000	1000	4000
<b>Ingrediente activo</b>	Clorpirifós	Abamectina B <sub>1a</sub> Abamectina B <sub>1b</sub>	Uniconazole
<b>Grupo químico</b>	Organofosforados	Avermectinas	Triazoles
<b>Composición</b>	48% p/v 480 [g/L]	1,8% p/p 18 [g/L]	5% p/v 50 [g/L]
<b>Tipo de formulación</b>	Concentrado emulsionable	Concentrado emulsionable	Suspensión Concentrada
<b>Titular de la autorización</b>	DOW AgroSciences Chile S. A	Syngenta S. A	Sumitomo Chemical Chile S. A
<b>Cultivo de uso</b>	Palto - Cítricos	Palto - Cítricos	Palto
<b>Objetivos</b>	Lepidópteros, Chanchito blanco, gusanos.	Arañitas e insectos	Mejorar tamaño y cuaja del fruto
<b>Modo de acción</b>	Contacto, ingestión e inhalación	Contacto e ingestión	Sistémico
<b>Categoría toxicológica</b>	Clase II (Amarillo)	Clase II (Amarillo)	Clase III (Azul)
<b>Periodo de reingreso</b>	24 horas después de la aplicación para personas y animales al área.	12 horas desde la aplicación. No corresponde al reingreso de animales	4 horas después de la aplicación
<b>N° CAS del I. A</b>	2921-88-2	B <sub>1a</sub> 65195-55-3 B <sub>1b</sub> 65195-56-4	83657-17-4

*Fuente: elaboración propia*

A continuación, se especifican otros datos respecto a la ecotoxicidad y dosis utilizadas de cada agroquímico nombrado:

#### **LORSBAN 4 E: CLORPIRIFÓS**

Es un insecticida organofosforado de amplio espectro indicado para suelo y follaje, logrando matar insectos por contacto, ingestión e inhalación. Es un producto inflamable, pero no es corrosivo ni explosivo.

- **DOSIS:** para aplicaciones terrestres en cultivos de paltos corresponde entre 100 – 120 [ml/hL] (Máximo una aplicación post cosecha y usando un mojamiento de 1000 a 2000 [L<sub>agua</sub>/ha]).  
Para cultivos de cítricos se indica de 100 – 120 [ml/hL], entre una a tres aplicaciones por temporada según la biología del insecto, con un mojamiento de 1000 a 5000 [L<sub>agua</sub> /ha].
- **ECOTOXICIDAD:** Tóxico para aves (DL<sub>50</sub> oral aguda en codorniz = 170 [mg/kg]) y muy tóxico para peces (CL<sub>50</sub> pez cebra = 2,96 [mg/L]).
- **ABEJAS:** Alta toxicidad en abejas (DL<sub>50</sub> por contacto = **0,31 [µg/abeja]**). La etiqueta indica no aplicar sobre flores abiertas en las horas de vuelo de las abejas, además recomienda aplicar temprano en la mañana o en el atardecer y cerrar las colmenas durante la aplicación hasta que el follaje y las flores estén totalmente secos. También notificar a los apicultores en un radio de 3 [km] de la zona tratada con al menos 72 horas de anticipación.

#### **VERTIMEC 018 EC: ABAMECTINA**

Corresponde a un acaricida-insecticida de origen natural con actividad translaminar, producido por el microorganismo del suelo *Streptomyces avermitilis*, una bacteria que produce la Abamectina, una mezcla de Abamectina B<sub>1a</sub> y B<sub>1b</sub> y cuyas propiedades toxicológicas son parecidas, siendo capaz de inhibir los neurotransmisores y causar parálisis.

- **DOSIS:** en cultivos de palto, para la plaga de araña roja se indica una dosis de 75 – 100 [cc/100 L<sub>agua</sub>] con un mínimo de 3 [L/ha]. Para la plaga de trips del palto se indica una dosis de 75 [cc/100 L<sub>agua</sub>] con un mínimo de 2,25 [L/ha]. Según el monitoreo de plaga, se aplica tempranamente y se repite antes de la cosecha si es necesario, con un volumen máximo de 3500 [L<sub>agua</sub>/ha]. Para las aplicaciones aéreas, se utiliza la dosis por hectárea con un volumen mínimo de 60 [L<sub>agua</sub>/ha].

En los cultivos de cítricos se indica para la plaga de la arañita roja de los cítricos una dosis de 75 - 100 [cc/100 L<sub>agua</sub>], con un mínimo de 3 [L/ha], utilizando un volumen máximo de 4000 [L<sub>agua</sub>/ha]. Para la plaga del Ácaro de la yema, se indica una dosis de 75 [cc/100 L<sub>agua</sub>] con un mínimo de 2,25 [L/ha] y un volumen máximo de 4000 [L<sub>agua</sub>/ha]

- **ECOTOXICIDAD:** la etiqueta indica que es tóxico para abejas y aves expuestas a aspersión directa (por contacto). Muy tóxico para peces con una CL<sub>50</sub> trucha arco iris = 0,13 [mg/L] a 96 horas, y también para otros organismos acuáticos, con una CE<sub>50</sub> *Daphnia magna* = 0,029 [mg/L] a 48 horas y una CE<sub>50</sub> alga verde = > 82 [mg/L] a 96 horas.
- **ABEJAS:** Se recomienda no aplicar cuando las abejas se encuentren en actividad en el área a tratar o cuando los cultivos y/o malezas estén en floración. Si bien la etiqueta y hoja de seguridad no indican valores de dosis o concentración letal para abejas, existen datos de CL<sub>50</sub> de contacto = **0,002 [µg/abeja]** tras 24 horas y una DL<sub>50</sub> oral = **0,009 [µg/abeja]**, siendo una sustancia altamente tóxica para esta especie (Exttoxnet, 1994).

#### **SUNNY 5 SC: UNICONAZOLE**

Consiste en un fitorregulador del crecimiento y se usa con el fin de disminuir el crecimiento vegetativo y mejorar la calidad del fruto, además de incrementar el rendimiento al aumentar la cuaja de los frutos del palto.

- **DOSIS:** la dosis se divide según temporada y el objetivo por el cual se realiza la aplicación. En otoño se aplica con el propósito de reducir el crecimiento vegetativo y aumentar la producción de flores en la próxima primavera, para esto se indica una dosis de 0,5 – 1 [L/100 L<sub>agua</sub>] para aplicaciones terrestres, utilizando entre 500 a 800 [L<sub>agua</sub>/ha]; y una dosis de 2 – 3 [L/ha], utilizando entre 20 – 60 [L<sub>agua</sub>/ha] para las aplicaciones aéreas. Se aplica cuando los brotes tienen entre 10 a 15 cm, con un máximo de dos aplicaciones por temporada.

En la temporada de primavera se realiza la aplicación con el objetivo de mejorar el tamaño de la fruta y mejorar la cuaja, las dosis son igual a las de aplicación terrestre y aérea en época de otoño; pero se aplica en etapa de floración y sin fruta presente, con un máximo de una aplicación por temporada.

- **ECOTOXICIDAD:** Se indica como tóxico en peces y fauna marina (una  $DL_{50}$  trucha arco iris = 14,8 [mg/L] a las 96 horas y  $CE_{50}$  *Daphnia magna* = > 10 [mg/L] a las 24 y 48 horas). No es tóxico en aves, indicando una  $DL_{50}$  codorniz = 1.461 [mg/kg].
- **ABEJAS:** Es ligeramente tóxico, con una  $DL_{50}$  contacto = > **20 [μg/abeja]**. No se indican resguardos al momento de la aplicación.

## 6.3 FACTOR 1: LA FUENTE DE PELIGRO

### 6.3.1. LA PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA

Para cada objeto de riesgo en la zona, se determinaron los parámetros que definen su peligrosidad según la metodología, para así otorgar un puntaje final.

#### AGROQUÍMICO 1: LORSBAN 4E

Ingrediente activo: Clorpirifós (N° CAS: 2921-88-2)

- **Toxicidad:** a través de datos obtenidos desde la hoja de seguridad, según sus valores ecotoxicológicos, el valor de la  $CL_{50}$  en peces (pez cebra) en 96 horas tiene un valor de 2,96 [mg/L], lo que aporta una puntuación igual a 8.
- **Volatilidad:** a través del software EPI Suite, ingresando como dato de entrada el N° CAS, se obtuvo un valor de constante de Henry de  $H = 2,52 \times 10^{-6}$  [atm m<sup>3</sup>/mol], el valor de su logaritmo es  $\log H = -5,60$ ; por ende, entrega una puntuación de 5. Cabe decir que desde *TOXNET Database* se entrega un valor de  $H = 2,93 \times 10^{-6}$  [atm m<sup>3</sup>/mol].
- **Bioconcentración:** el software EPI Suite entrega un valor de  $\log BCF = 2,94$ ; por ende, entrega una puntuación de 2.
- **Adsorción:** el software EPI Suite entrega un valor de  $\log K_{ow} = 5,11$ ; por ende, aporta una puntuación de 2.
- **Biodegradación:** el software EPI Suite entrega un valor aproximado que corresponde a  $BD = 3,29$  [días/semanas], lo que corresponde a una puntuación de 1.
- **Sinergia:** al ser una sustancia pura, corresponde una puntuación igual a 0.

El resumen de las puntuaciones de cada parámetro y la puntuación final para el sub-factor “la peligrosidad de la sustancia” del agroquímico LORSBAN 4E se ilustra en la Tabla 13.

**TABLA 13. Peligrosidad de la sustancia: clorpirifós**

PARÁMETROS DE LA PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA	PUNTUACIÓN
Toxicidad	8
Volatilidad	5
Bioconcentración	2
Adsorción	2
Biodegradación	1
Sinergia	0
<b>PUNTAJE FINAL</b>	<b>18</b>
<b>PUNTAJE ESTANDARIZADO</b>	<b>15</b>

*Fuente: elaboración propia*

## AGROQUÍMICO 2: VERTIMEC 018 EC

Ingrediente activo: Abamectina B<sub>1a</sub> (N° CAS: 65195-55-3)

Si bien esta marca posee una mezcla de Abamectina B<sub>1a</sub> y B<sub>1b</sub>, en su composición la Abamectina B<sub>1a</sub> se encuentra en al menos un 80% del total, mientras que la B<sub>1b</sub> se encuentra en un máximo del 20%, por ende, se calculará la peligrosidad de la sustancia del compuesto en mayor cantidad, la Abamectina B<sub>1a</sub>.

- **Toxicidad:** a través de datos obtenidos desde la hoja de seguridad, según sus valores ecotoxicológicos, el valor de la CE<sub>50</sub> en *Daphnia magna* (pulga de agua) en 48 horas tiene un valor de 0,029 [mg/L], lo que aporta una puntuación igual a 10.
- **Volatilidad:** a través del software EPI Suite, ingresando como dato de entrada el N°CAS, se obtuvo un valor de constante de Henry de  $H = 1,32 \cdot 10^{-27}$  [atm m<sup>3</sup>/mol]. Este valor se contrastó con el obtenido en bibliografía y hojas de seguridad que proporcionaban un valor de  $H = 1,7 \times 10^{-7}$  [atm m<sup>3</sup>/mol], por lo que el valor de su logaritmo es  $\log H = -6,77$ ; lo que entrega una puntuación de 5.
- **Bioconcentración:** el software EPI Suite entrega un valor de  $\log BCF = 2,62$ ; por ende, entrega una puntuación de 2.
- **Adsorción:** el software EPI Suite entrega un valor de  $\log K_{ow} = 4,48$ ; por ende, aporta una puntuación de 2.

- **Biodegradación:** el software EPI Suite entrega un valor aproximado que corresponde a  $BD = 2,68$  [semanas/mes], lo que corresponde a una puntuación de 1.
- **Sinergia:** al ser una sustancia pura, corresponde una puntuación igual a 0.

El resumen de las puntuaciones de cada parámetro y la puntuación final para el sub-factor “la peligrosidad de la sustancia” del agroquímico VERTIMEC 018 EC se ilustra en la Tabla 14.

**TABLA 14. Peligrosidad de la sustancia: Abamectina B<sub>1a</sub>**

PARÁMETROS DE LA PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA	PUNTUACIÓN
Toxicidad	10
Volatilidad	5
Bioconcentración	2
Adsorción	2
Biodegradación	1
Sinergia	0
<b>PUNTAJE FINAL</b>	<b>20</b>
<b>PUNTAJE ESTANDARIZADO</b>	<b>16,67</b>

*Fuente: elaboración propia*

### AGROQUÍMICO 3: SUNNY 5 SC

Ingrediente activo: Uniconazole (N°CAS: 83657-17-4)

- **Toxicidad:** a través de datos obtenidos desde la hoja de seguridad, según sus valores ecotoxicológicos, el valor de la  $CE_{50}$  en *Daphnia magna* (pulga de agua) en 24 y 48 horas tiene un valor de  $> 10$  [mg/L], lo que aporta una puntuación igual a 6
- **Volatilidad:** a través del software EPI Suite, ingresando como dato de entrada el N°CAS, se obtuvo un valor de constante de Henry de  $H = 1,14 \times 10^{-10}$  [atm m<sup>3</sup>/mol]. Este valor se contrastó con el obtenido en *TOXNET Database*, proporcionando un valor de  $H = 1,82 \times 10^{-6}$  [atm m<sup>3</sup>/mol], el valor de su logaritmo es  $\log H = -5,74$ ; lo que entrega una puntuación igual a 5
- **Bioconcentración:** el software EPI Suite entrega un valor de  $\log BCF = 1,83$ ; por ende, entrega una puntuación de 1.

- **Adsorción:** el software EPI Suite entrega un valor de  $\log K_{ow} = 3,67$ ; por ende, aporta una puntuación de 2.
- **Biodegradación:** el software EPI Suite entrega un valor aproximado que corresponde a  $BD = 2,30$  [semanas/mes], lo que corresponde a una puntuación de 1,5
- **Sinergia:** al ser una sustancia pura, corresponde una puntuación igual a 0.

El resumen de las puntuaciones de cada parámetro y la puntuación final para el sub-factor “peligrosidad de la sustancia” del agroquímico SUNNY 5 SC se ilustra en la Tabla 15.

**TABLA 15. Peligrosidad de la sustancia: Uniconazole**

<b>PARÁMETROS DE LA PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Toxicidad	6
Volatilidad	5
Bioconcentración	1
Adsorción	2
Biodegradación	1,5
Sinergia	0
<b>PUNTAJE FINAL</b>	<b>15,5</b>
<b>PUNTAJE ESTANDARIZADO</b>	<b>12,92</b>

*Fuente: elaboración propia*

### **6.3.2 LA CANTIDAD DE DICHA SUSTANCIA**

Para cada agroquímico se entregaron distintos escenarios correspondientes a la aplicación de la sustancia, especificándose la dosis aplicada, tipo de aplicación (terrestre o aérea), la cantidad de hectáreas del cultivo estudiado y datos como densidad de la sustancia y cambio de unidades que fueron útiles en el cálculo (véase Anexo C), con el objetivo de obtener el valor de la cantidad de sustancia aplicada en el cultivo en unidades de kilogramo. Para aquellos datos de dosis y “mojamiento del cultivo por hectárea” que involucraban rangos de aplicación, se actuó bajo el “Principio de precaución” y, por ende, se escogió el máximo valor dentro del rango disponible con el propósito de prever la “peor situación posible”.

La tabla 16 muestra los principales datos utilizados para la ejecución de cada escenario y el valor final de la cantidad de sustancia en unidades de kilogramo, además de su puntuación correspondiente. Se debe aclarar que se considera toda la extensión del cultivo ya que, según antecedentes obtenidos, la aplicación de un plaguicida se realiza en toda la superficie del cultivo, aunque la afectación de una plaga ocurra en un sector en específico.

**TABLA 16. Antecedentes de la cantidad aplicada y su puntuación**

La tabla 16 entrega los datos respectivos de cada escenario para el cálculo de la cantidad de sustancia (en unidades de [kg]), como tipo de aplicación y de cultivo, superficie, la dosis aplicada y el volumen de mojamamiento utilizado en el cultivo, entregando así una puntuación final según la metodología utilizada.

MARCA COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	ESCENARIO	TIPO DE APLICACIÓN	TIPO DE CULTIVO	SUPERFICIE (ha)	DOSIS APLICADA	VOLUMEN DE MOJAMIENTO [L <sub>agua</sub> /ha]	CANTIDAD DE SUSTANCIA (kg)	PUNTUACIÓN
LORSBAN 4 E	CLORPIRIFÓS	A1	Terrestre	Palto	53,5	120 [ml/hL]	2000	138,16	7
		A2	Terrestre	Cítricos	22,4	120 [ml/hL]	5000	144,61	7
VERTIMEC 018 EC	ABAMECTINA	A3	Terrestre	Palto	53,5	100 [cc/100 L <sub>agua</sub> ]	3500	179,76	7
		A4	Aérea	Palto	53,5	75 [cc/100 L <sub>agua</sub> ]	60	3,08	2
		A5	Terrestre	Cítricos	22,4	100 [cc/100 L <sub>agua</sub> ]	4000	86,02	5
SUNNY 5 SC	UNICONAZOLE	A6	Terrestre	Palto	53,5	1 [L/100 L <sub>agua</sub> ]	800	443,88	8
		A7	Aéreo	Palto	53,5	3 [L/ha]	60	3.508,69	10

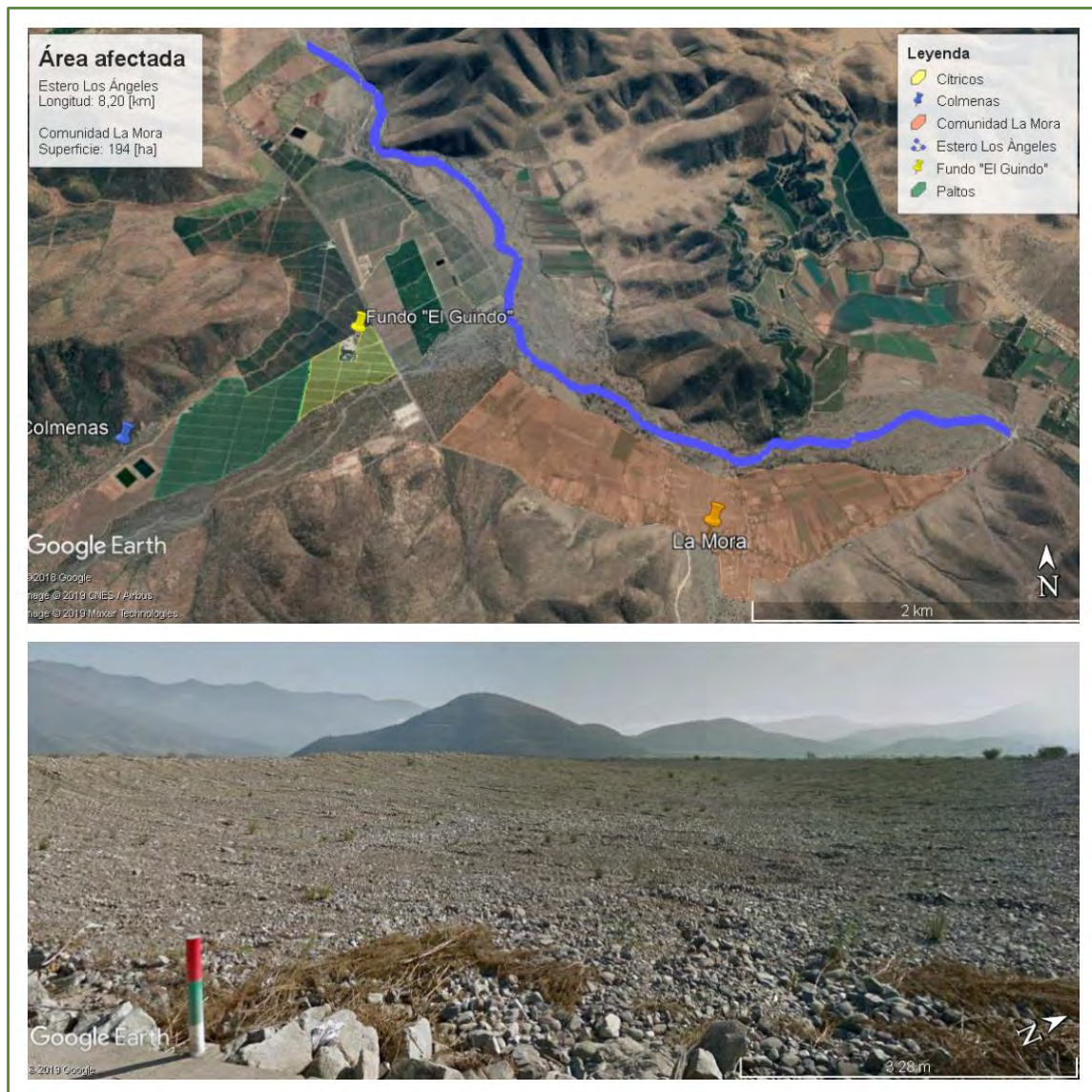
*Fuente: elaboración propia*

## **6.4 FACTOR 2: LOS RECEPTORES**

### **6.4.1 VALORACIÓN DEL ÁREA AFECTADA**

Este sub-factor se encuentra estrechamente relacionado con el tipo de receptor afectado y su extensión depende de la calidad y vulnerabilidad del hábitat afectado. Ante la aplicación de agroquímicos, ya sea de forma terrestre o aérea, el área afectada puede tratarse de mismo medio terrestre y acuíferos, corrientes superficiales cerca del lugar y otros medios acuáticos.

Se puede apreciar en la Figura 19, una proyección de la ubicación de la concentración de viviendas en la localidad de La Mora, los cultivos de paltos y cítricos involucrados en el análisis y la longitud de la porción del Estero Los Ángeles que circunda el lado norte de la localidad, realizado través del programa *Google Earth Pro*.



**FIGURA 19. Estero Los Ángeles en el sector de la Mora**

La figura muestra dos imágenes: la porción del estero que se encuentra cercana a la localidad de La Mora y que alcanza unos 8,20 [km] de longitud y la concentración de viviendas que acapara una superficie de 194 [ha], ubicada aproximadamente a unos 2 [km] de distancia de los cultivos. La segunda imagen muestra el estado del caudal del Estero Los Ángeles entre la localidad de La Mora y Las Puertas.

*Fuente: elaboración propia; Google Earth Pro.*

Como se explicó durante la caracterización del área de estudio y como se observa en la figura, no existe actualmente un caudal en el estero Los Ángeles, es por este motivo que el riesgo de una posible contaminación de corrientes superficiales a causa de la aplicación de

agroquímicos en el sector es nulo; por lo tanto, para este parámetro se consideró exclusivamente el área del medio terrestre y acuíferos.

En este caso, los cultivos de paltos y cítricos comprenden una superficie total de 75,9 [ha], mientras que la superficie con mayor concentración de viviendas en la localidad de La Mora alcanza unos 194 [ha]; por lo tanto, según la metodología, este parámetro se valorizó como un área de “medio terrestre y acuíferos igual o mayor a 10 [ha]”, por ende, posee una puntuación igual a 10.

#### **6.4.2 LA VULNERABILIDAD ECOLÓGICA**

##### **➤ Según el tipo de entorno**

Para el primer caso, se define el tipo de uso de suelo y si existen o no figuras de protección en el área. El tipo de uso de suelo en el área de estudio de La Mora corresponde a la categoría de “*tierras cultivadas o viveros*”, lo que otorga una puntuación igual a 4.

##### **➤ Según el estado de conservación de las especies**

Para el segundo caso, en la comuna de Cabildo la vegetación nativa se encuentra altamente intervenida y el paisaje natural se encuentra muy alterado, presentando una vegetación dispersa en las zonas más bajas que están dedicadas al pastoreo y a los monocultivos; por ende, los restos de la cubierta más primitiva se encuentran principalmente en la cabecera de las quebradas más húmedas (Barrientos, 2008).

Ante este obstáculo y con la necesidad de describir las especies nativas que se encuentran en la zona, se optó por la búsqueda bibliográfica, como estudios ambientales realizados en el sector de Cabildo (Barrientos, 2008; Nomade consultores, 2015), con el objetivo de obtener datos sobre las especies y su categoría de conservación, mayoritariamente desde la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (*Internacional Union for Conservation of Nature*) y algunas desde el Inventario Nacional de Especies de Chile, perteneciente al Ministerio de Medio Ambiente y que se rige por el RCE (Reglamento de Clasificación de Especies). La tabla con el listado completo de especies, su origen y su estado de conservación se puede visualizar en el Anexo H.

Dentro de este listado, las especies que poseen el más alto estado de conservación según la UICN fueron el: Quillay (*Quillaja saponaria*), Boldo (*Peumus boldus*), Peumo (*Criptocaria alba*), Litre (*Lithrea caustica*), Espino (*Acacia caven*) y Lilén (*Azara petiolaris*); posicionándolos en una categoría de “Preocupación menor” (en inglés “*LC: least concern*”) (UICN, 2019). Sin embargo, aunque el UICN no indica un estado de conservación actualizado para el Guayacán (*Porliera chilensis*), según el Reglamento de Clasificación de Especies se encuentra en un estado de conservación de “Vulnerable (VU)” desde el 2008 (véase Figura 20) y sigue vigente hasta el día de hoy; por lo tanto, este parámetro se valorizó con una puntuación igual a 3.

Categoría de conservación vigente en Chile	
Categoría	Vulnerable (VU)
Criterios RCE	VU A2bcde
Fuente de Categoría	Reglamento de Clasificación de Especies (RCE)
Referencia	DS 51 MINSEGPRES 2008 (3er Proceso RCE)
Reglamento de Clasificación de Especies (RCE)- Número de Proceso	3
Año de clasificación	2008.
Descripción de la zona de aplicación	Toda su distribución



**FIGURA 20. Categoría de conservación del Guayacán**

La página oficial del Inventario Nacional de Especies, a través del Ministerio de Medio Ambiente, entrega el estado de conservación de distintas especies nacional, donde el Guayacán se encuentra en estado “Vulnerable” según el RCE.

*Fuente: Inventario nacional de especies de Chile, 2019.*

### 6.4.3 LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA

#### ➤ Otras actividades económicas

La vulnerabilidad socioeconómica pretende, en el primer caso, valorar la posible afectación a otras actividades económicas que se encuentran en la localidad. La tabla 17 muestra el total de la puntuación aditiva para este caso.

**TABLA 17. Puntuación “otras actividades económicas”**

<b>OTRAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Agricultura, ganadería, caza y/o pesca	1,5
Industrias y comercios agroalimentarios	1,5
Otras industrias y comercios	0
No existen industrias ni comercios	0
<b>PUNTUACIÓN FINAL</b>	<b>3</b>

*Fuente: elaboración propia*

En este caso, la existencia de otras actividades económicas crea una situación de posible afectación ante un evento de aplicación de agroquímicos, perjudicando estas actividades y a los trabajadores del sector, como también a otros animales de ganadería, los cultivos vecinos y flora existente, además de la fauna polinizadora, como las abejas melíferas de sectores aledaños; por ende, el riesgo ambiental es mayor.

➤ **Recursos naturales e infraestructuras**

El segundo caso pretender valorar los recursos naturales e infraestructuras existentes en el área afectada, mediante una puntuación aditiva.

Si bien las corrientes superficiales existentes no poseen actualmente caudales debido a la sequía existente en el lugar, según el “Inventario Nacional de Acuíferos” de la Dirección General de Aguas (García *et al.*, 2017), existe el acuífero del Estero Los Ángeles con una superficie de 523,6 [km<sup>2</sup>], además en la localidad de La Mora existe hace poco el servicio de agua potable a cargo de la empresa ESVAL S.A.

Entiéndase como “redes de transporte y comunicaciones” a la infraestructura del país, es decir, hace referencia a carreteras, vías de ferrocarril, rutas aéreas, canales, entre otros. Por el sector de La Mora pasa la ruta E-455, que constituye la principal red vial pavimentada del lugar (véase Anexo K). También existe tendido eléctrico que transporta y suministra energía a la localidad.

Respecto a las “infraestructura de telecomunicaciones”, hace referencia a servicios de telefonía, red de internet, radio y televisión, ya sea por utilización de cable como de forma inalámbrica; en este caso, la conectividad digital llegó a la localidad de La Mora recién durante

el año 2015 a través del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones, entregándoles telefonía e internet (Subsecretaría de Telecomunicaciones, 2015). Y según antecedentes obtenidos en terreno, existe un sistema de recogida de residuos de forma periódica.

La tabla 18 muestra el total de la puntuación aditiva para este caso teniendo en consideración los antecedentes anteriormente nombrados.

**TABLA 18. Puntuación “recursos naturales e infraestructuras”**

<b>RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURAS</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Suministros de agua	0,5
Redes de transporte y comunicaciones	0,5
Suministro y transporte de energía	0,5
Infraestructura de telecomunicaciones	0,5
Sistemas de almacenamiento y recogida de residuos	0,5
Viviendas situadas fuera del establecimiento	0,5
No existen recursos naturales ni infraestructuras	0
<b>PUNTUACIÓN FINAL</b>	<b>3</b>

*Fuente: elaboración propia*

Estos antecedentes revelan que si bien, la localidad de La Mora posee los recursos e infraestructuras que se nombran, no corresponde a una zona de baja vulnerabilidad, sino todo lo contrario, ya que los suministros de agua potable y la infraestructura de telecomunicaciones son relativamente nuevas. Respecto al suministro de agua, si bien existen servicios de agua potable, la sequía ha provocado que las corrientes superficiales ya no posean caudales apreciables durante todo el año, por lo que se recurre a los camiones aljibes para obtener agua y llenar piscinas para los cultivos cuando los sistemas de agua potable no dan abasto.

Esta situación de escasez hídrica afecta directa e indirectamente a las abejas al afectar la floración de los cultivos y al tener que recorrer grandes distancias para encontrar agua, provocando un estrés nutricional en la colmena. Muchas veces, estas piscinas llenas de agua desde los camiones aljibes se encuentran muy cercanas a grandes cultivos, por lo que podrían verse afectadas por la aplicación de agroquímicos y la deriva que genera el viento, provocando

la deposición de algunas partículas que luego pueden ser obtenidas por la abeja pecoreadora en su búsqueda del recurso hídrico.

➤ **Población sensible**

El cuarto caso, pretende valorar mediante puntuación aditiva el parámetro de “población sensible”, aplicable a la comunidad. Según el Plan Regulador Intercomunal Petorca-Cabildo (PRIV-SPC, 2016), indica que en la localidad de La Mora existen los siguientes establecimientos sujetos a puntuación (véase Anexo J):

- Escuela Básica Municipal “Los Ángeles”
- E.M.R: Estación médica rural “La Mora”

La tabla 19 muestra la puntuación aditiva del criterio “población sensible”, que indica la posible afectación de la comunidad (cabe mencionar que se consideró la E.M.R dentro del parámetro de “hospitales”).

**TABLA 19. Puntuación “población sensible”**

<b>POBLACIÓN SENSIBLE</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Hospitales	1
Colegios y guarderías	1
Asilos y centros de tercera edad	0
Polideportivos	0
No hay población sensible	0
<b>PUNTUACIÓN FINAL</b>	<b>2</b>

*Fuente: elaboración propia*

➤ **Población afectada**

En el tercer caso, la metodología original se emplea en la población humana para valorar la masa de población que puede verse afectada ante un escenario de daño ambiental y su impacto a nivel de posibles muertes y/u hospitalizaciones (véase Tabla 20).

**TABLA 20. Parámetro “Población humana afectada”**

Puntuaciones entregadas para este parámetro, según la metodología de *Delgado (2007)* para valorar la masa de población afectada ante un suceso.

<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
> 1 muerte o > 100 personas afectadas	4
> 1 hospitalización superior a 24 h ó entre 25 a 100 personas afectadas	3
Entre 5 a 25 personas afectadas	2
< 5 personas afectadas	1

*Fuente: Delgado, 2007*

En este caso, se modificó y adecuó con el propósito de incluir a la población de abejas melíferas y la toxicidad aguda de cada ingrediente activo a través de su dosis letal 50% como la expresión de su capacidad de provocar efectos letales en la población de abejas.

Por lo tanto, con el objetivo de incluir a la población afectada en este caso, es decir, las abejas melíferas, se trabajó con los valores de  $DL_{50}$  por contacto para cada agroquímico según los datos de su etiqueta correspondiente y la clasificación de su toxicidad. Para esto la EPA & Health Canada entrega valores de referencia para la toxicidad de contacto por residuos de plaguicidas en el follaje, donde clasifica los valores de  $DL_{50}$  como prácticamente no tóxico ( $DL_{50} \geq 11$  [ $\mu\text{g}/\text{abeja}$ ]), moderadamente tóxico ( $10,9 > DL_{50} > 2$  [ $\mu\text{g}/\text{abeja}$ ]) o muy tóxico ( $< 2$  [ $\mu\text{g}/\text{abeja}$ ]) (EPA & Health Canada, 2014). Según estos antecedentes, se elaboró una nueva tabla de puntuaciones, que se puede observar en la Tabla 21.

**TABLA 21. Clasificación y puntuación de la toxicidad en abejas según la EPA**

La tabla muestra la elaboración de una puntuación similar a la metodología, tomando como base la clasificación realizada por la EPA para los valores de  $DL_{50}$  en abejas melíferas.

<b>Valor de la <math>DL_{50}</math> [<math>\mu\text{g}/\text{abeja}</math>]</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Puntuación</b>
< 2	Muy tóxico	4
$10,9 > DL_{50} > 2$	Moderadamente tóxico	2
$\geq 11$	Prácticamente no tóxico	1

*Fuente: EPA & Health Canada, 2014; elaboración propia.*

A partir de estos antecedentes entregados por la EPA & Health Canada y la puntuación que se asignó a cada clasificación a partir del rango de puntuaciones original para este parámetro, se realizó la puntuación para cada ingrediente activo analizado según el valor de su DL<sub>50</sub> por contacto (en el caso de la abamectina se trabajó con el valor de CL<sub>50</sub> por contacto); por lo tanto, la puntuación final para cada uno se observa en la Tabla 22.

**TABLA 22. Puntuaciones para la población afectada de abejas melíferas**

La tabla relaciona los antecedentes sobre toxicidad de la EPA & Health Canada con los valores de la dosis letal 50 de cada ingrediente activo, otorgando una puntuación final para este parámetro.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>DL<sub>50</sub> [µg/abeja]</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Clorpirifós</b>	0,31	Muy tóxico	4
<b>Abamectina (CL<sub>50</sub>)</b>	0,002	Muy tóxico	4
<b>Uniconazole</b>	>20	Prácticamente no tóxico	1

*Fuente: elaboración propia*

## 6.5 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL ESCENARIO

Este factor establece una valoración para la probabilidad de que ocurra una situación o evento de riesgo para el medio ambiente, en este caso también para las abejas melíferas y, por ende, para los apicultores. Si bien existen análisis cuantitativos, la falta de información obliga a efectuar un análisis histórico, aunque es menos exacto ya que depende de diversos factores. La puntuación correspondiente a cada probabilidad se encuentra en el Anexo G.

Al tratarse de monocultivos extensivos, cuya vulnerabilidad a las plagas y enfermedades es aún mayor, anualmente se realizan varias aplicaciones por temporada. Según las etiquetas de cada agroquímico, la aplicación se restringe así:

- **LORSBAN 4 E:** entre una y tres aplicaciones por temporada para cítricos y máximo una aplicación postcosecha para paltos.
- **VERTIMEC 018 EC:** en paltos se aplica tempranamente y se repite antes de la cosecha si es necesario. En cítricos, si es que se observan primeros ejemplares sobre frutos pequeños (2 cm de diámetro) y se repite antes de la cosecha si es necesario.
- **SUNNY 5 SC:** en la primavera, se aplica una vez en temporada de floración, sin fruta presente. En otoño, son máximo dos aplicaciones cuando los brotes tienen entre 10 a 15 cm y se repite a los 14 días según las condiciones del huerto.

Sin embargo, aunque la periodicidad de las aplicaciones es un factor importante, no es suficiente para únicamente considerarlo dentro de la probabilidad de ocurrencia de un escenario de daño ambiental, además la escasez de información sobre la real cantidad de eventos de muerte de abejas melíferas por esta causa no permite que sea un antecedente clave, ya que existe un bajo índice de denuncias por parte de los apicultores afectados. Sin embargo, una temática que ha estado en constante estudio por parte del gobierno son las intoxicaciones agudas por plaguicidas (IAP) y que ocurren en la población humana.

Según datos entregados por el Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud, se presentan casos de IAP todos los años, el número total varía cada año y es influenciado principalmente por los brotes de IAP, presentando una estacionalidad en periodos de mayor uso de plaguicidas en la temporada agrícola (durante el mes de marzo y entre los meses de septiembre-noviembre), ya sea por vías de contacto directo, expansión, incumplimiento del

periodo de reingreso o del periodo de carencia, siendo el grupo con mayor riesgo de exposición los trabajadores agrícolas, trabajadores vecinos y estudiantes de colegios rurales cercanos al predio de cultivos (MINSAL, 2019).

Un dato clave es el total de casos existentes de hospitalizaciones y casos de fallecimiento por intoxicación durante el periodo 2008 - 2018, según la clasificación toxicológica de la OMS del plaguicida involucrado, esto se puede visualizar en la Tabla 23, donde los plaguicidas de toxicidad II han provocado el mayor número total de casos y de hospitalizaciones, donde destaca el Clorpirifós como uno de los ingredientes activos más involucrados en IAP (MINSAL, 2019).

**TABLA 23. Casos graves de IAP entre 2008 – 2018, según su clasificación toxicológica**

Se muestra el total de casos de intoxicaciones agudas por plaguicidas consideradas graves, es decir, considerando hospitalizaciones y fallecimientos, según la clasificación toxicológica del plaguicida involucrado durante los años 2008 y 2018.

TOXICIDAD DEL PLAGUICIDA	IAP		TOTAL IAP	
	Con hospitalización	Fallecidos por intoxicación	Casos Totales	% Gravedad respecto del total
Ia – Ib	464	27	1.083	45,3
II	652	21	2.291	29,4
III	366	4	1.864	19,8
IV	477	5	1.477	32,6
Desc	212	23	634	37,1
<b>Total</b>	<b>2.171</b>	<b>80</b>	<b>7.349</b>	<b>30,6</b>

*Fuente: MINSAL, 2019*

Sabiendo la amplia capacidad de tolerancia que posee el ser humano ante un cambio en un factor del medio, es posible deducir que la abejas melíferas e insectos en sí, que son especies de características estenoicas, es decir, que son altamente sensibles a los cambios ambientales, también se ven afectadas de forma anual por la aplicación intensiva de agroquímicos en los cultivos donde polinizan; por ende, para este factor se consideró una probabilidad de ocurrencia de: “Entre una vez al año y una vez cada 5 años” para los tres agroquímicos estudiados, entregando una puntuación máxima de 5.

## 6.6 TOLERABILIDAD DEL RIESGO AMBIENTAL

### 6.6.1 RESULTADOS SEGÚN ESCENARIO

A continuación, las Tablas 24, 25 y 26 muestran un resumen de las puntuaciones finales para cada agroquímico y sus escenarios derivados, correspondientes al valor obtenido del Índice de Consecuencias Ambientales y la Probabilidad de Ocurrencia de un escenario.

El detalle de cada escenario, los sub-factores, su puntuación y normalización se puede ver en el Anexo L.

**TABLA 24. Resumen final de las puntuaciones: Clorpirifós**

Para los escenarios A1 y A2, correspondiente al análisis del ingrediente activo Clorpirifós se obtuvo una puntuación del I.C.A igual a 14,8, principalmente influenciado por la alta peligrosidad de la sustancia.

LORSBAN 4 E – Ingrediente activo: Clorpirifós				
ESCENARIO	SUB-FACTOR	PUNTUACIÓN	I.C.A	PROBABILIDAD
<b>A1</b>	Peligro de la sustancia	15	<b>14,8</b>	<b>5</b>
	Cantidad	7		
	Área afectada	10		
	Vulnerabilidad	19		
<b>A2</b>	Peligro de la sustancia	15	<b>14,8</b>	<b>5</b>
	Cantidad	7		
	Área afectada	10		
	Vulnerabilidad	19		

*Fuente: elaboración propia*

**TABLA 25. Resumen final de las puntuaciones: Abamectina**

De los tres escenarios considerados para la Abamectina, el A3 presentó la mayor puntuación del I.C.A, esta vez influenciado por la cantidad de sustancia aplicada en el cultivo, que es mayor a los otros dos escenarios analizados.

VERTIMEC 018 EC – Ingrediente activo: Abamectina				
ESCENARIO	SUB-FACTOR	PUNTUACIÓN	I.C.A	FRECUENCIA
<b>A3</b>	Peligro de la sustancia	16,7	<b>15,4</b>	<b>5</b>
	Cantidad	7		
	Área afectada	10		
	Vulnerabilidad	19		
	Peligro de la sustancia	16,7		

<b>A4</b>	Cantidad	2	<b>14,1</b>	<b>5</b>
	Área afectada	10		
	Vulnerabilidad	19		
<b>A5</b>	Peligro de la sustancia	16,7	<b>14,9</b>	<b>5</b>
	Cantidad	5		
	Área afectada	10		
	Vulnerabilidad	19		

*Fuente: elaboración propia*

**TABLA 26. Resumen final de las puntuaciones: Uniconazole**

La tabla muestra los valores del I.C.A para el Uniconazole, que en comparación con los dos ingredientes activos anteriores resultó ser más baja, influenciado por la menor peligrosidad de la sustancia en equilibrio con una mayor puntuación de la cantidad de sustancia aplicada.

SUNNY 5 SC – Ingrediente activo: Uniconazole				
ESCENARIO	SUB-FACTOR	PUNTUACIÓN	I.C.A	FRECUENCIA
<b>A6</b>	Peligro de la sustancia	12,9	<b>13,6</b>	<b>5</b>
	Cantidad	8		
	Área afectada	10		
	Vulnerabilidad	16		
<b>A7</b>	Peligro de la sustancia	12,9	<b>14,1</b>	<b>5</b>
	Cantidad	10		
	Área afectada	10		
	Vulnerabilidad	16		

*Fuente: elaboración propia*

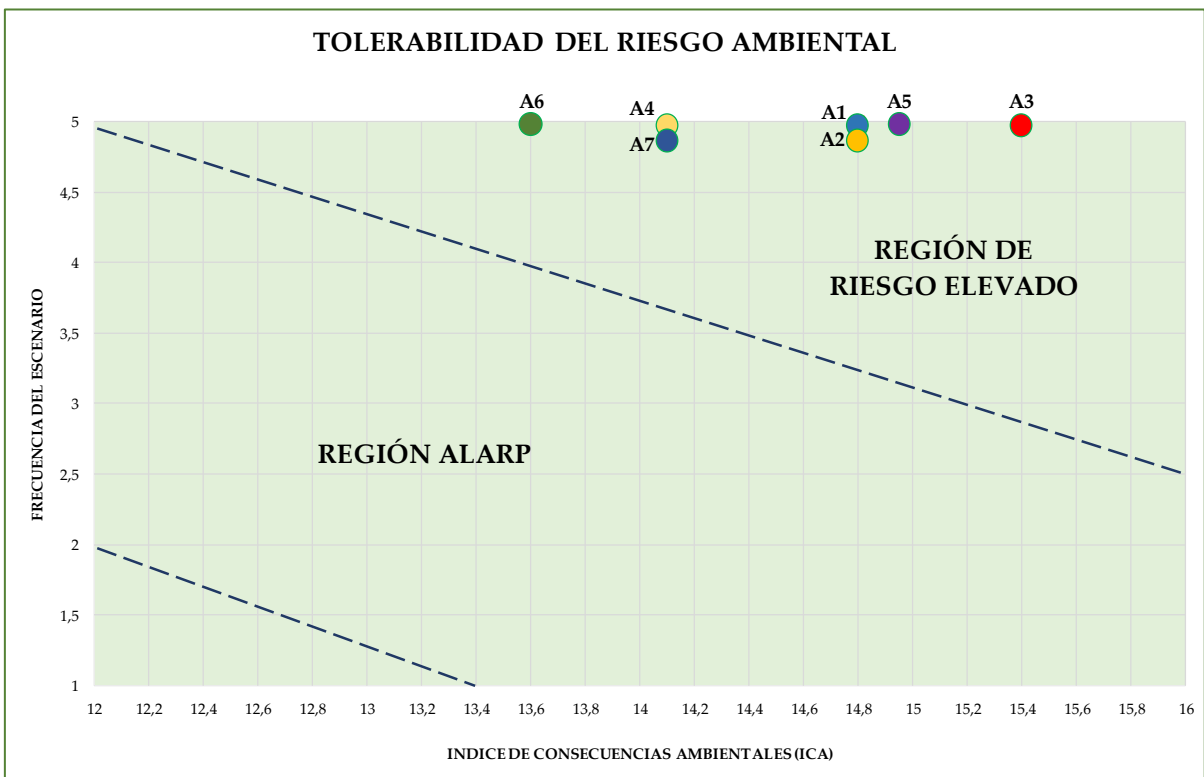
### 6.6.2 GRÁFICA DE TOLERABILIDAD DEL RIESGO AMBIENTAL

Para finalizar, se describen los siete escenarios de riesgo ambiental analizados (tipo de aplicación, ingrediente activo analizado y tipo de cultivo), para luego ilustrar en qué región de riesgo se encuentran según la gráfica de “Tolerabilidad de Riesgo Ambiental”.

- **A1:** aplicación terrestre de Clorpirifós en cultivo de paltos
- **A2:** aplicación terrestre de Clorpirifós cultivo de cítricos
- **A3:** aplicación terrestre de Abamectina en cultivo de paltos
- **A4:** aplicación aérea de Abamectina en cultivo de paltos

- **A5:** aplicación terrestre de Abamectina en cultivo de cítricos
- **A6:** aplicación terrestre de Uniconazole en cultivo de paltos
- **A7:** aplicación aérea de Uniconazole en cultivos de paltos

La Figura 21 muestra la adaptación realizada desde la gráfica entregada por la metodología de *Delgado (2007)*; esto se realizó con el objetivo de visualizar de manera más clara los diferentes valores del Índice de Consecuencias Ambientales obtenidos para cada escenario, ya que los valores se sitúan en un pequeño rango entre [13,6 - 15,4].



**FIGURA 21. Gráfica de la Tolerabilidad del Riesgo Ambiental**

La figura muestra una adaptación de la gráfica entregada por la metodología de *Delgado (2007)*, mediante el software Microsoft Office Excel, con el propósito de visualizar de mejor manera los distintos valores del Índice de Consecuencias Ambientales obtenido para cada escenario analizado.

*Fuente: elaboración propia*

## CAPÍTULO 7: DISCUSIÓN

### 7.1 SOBRE LA METODOLOGÍA

Si bien es una metodología de *Delgado (2007)* está enfocada en empresas del rubro industrial, se adaptó y trabajó con el propósito de generar un análisis del riesgo ambiental para el rubro agrícola/apícola sobre la aplicación de los agroquímicos comúnmente utilizados en los cultivos, en este caso, de paltos y cítricos. Para lograr esto se hicieron algunas adaptaciones, como:

- **Cantidad involucrada de la sustancia:** se realizó una equivalencia entre las unidades de trabajo de Tm (tonelada métrica) y kg (kilogramo), donde sólo hay una diferencia por un factor de  $10^{-3}$ . Esto ocurrió porque en el momento en que se obtuvo la equivalencia a unidades de masa del agroquímico utilizado según su dosis, el mojamiento y la densidad, se obtuvieron valores demasiados pequeños para los parámetros requeridos en la metodología.
- **Especies en estado de conservación:** se realizó una búsqueda en bibliografía ligada a la comuna de Cabildo, sin embargo, es un parámetro que dentro de lo posible debe estudiarse en terreno, debido a la existencia de zonas que se encuentran muy alteradas por la acción del hombre y los monocultivos, por ende, no se aseguran de que tales especies se encuentren realmente en el sector.
- **Población afectada:** la metodología propone para este parámetro un enfoque en la población humana, no obstante, para propósitos de este análisis que está orientado a la apicultura, se adaptó esta sección de la metodología, elaborando una equivalencia con las clasificaciones entregadas por la EPA y *Health Canada* para la toxicidad en abejas en función de los valores de dosis letal 50% por contacto para residuos de agroquímicos en el follaje.

Diversos estudios se han realizado con el objetivo de analizar el riesgo ambiental por el uso de plaguicidas. *Arregui et al. (2009)* en Argentina elaboró un software para cuantificar el riesgo ambiental en cultivos de alfalfa, girasol, maíz, soja y trigo; ingresando datos referentes al suelo (textura, pendiente, materia orgánica, pH y distancia a una fuente de agua) y datos sobre la

aplicación (hasta diez tipos de ingredientes activos, dosis y el momento de aplicación). Finalmente se entrega un índice integrado para el cultivo con valores entre 1 y 5 (riesgo alto), 6 y 7 (riesgo mediano) y de 8 a 10 (riesgo bajo); la misma metodología fue utilizada por *Montico & Di Leo (2015)* para identificar el riesgo ambiental en la Provincia de Santa Fe, en Argentina. No obstante, los tipos de cultivos con los que trabaja este software son los más comunes en Argentina y no se ajustan para el estudio del sector de La Mora, por lo que no es una metodología viable para el análisis de cultivos de paltos y cítricos en Chile.

Mientras que *Esquivel-Valenzuela et al. (2019)* optó por caracterizar las prácticas de uso y manejo de los plaguicidas en cultivos hortícolas con el propósito de identificar el nivel de riesgo para la salud y el ambiente en México; mediante una encuesta a los trabajadores logró conocer tipos de plaguicidas, cantidad de producto, frecuencia y forma de aplicación, concentración del producto, capacitación, uso del equipo de protección personal, manejo de residuos e higiene, tiempo de exposición e incidencia de intoxicaciones. Finalmente concluyeron que factores como la edad avanzada y un bajo nivel educativo se traduce en prácticas agrícolas inadecuadas, además de la poca y deficiente capacitación y el uso de plaguicidas no autorizados que incrementan el riesgo de toxicidad ambiental.

Si bien la metodología propuesta por *Delgado (2007)* considera características propias de la sustancia como su toxicidad ( $CE_{50}$ ,  $CL_{50}$  o  $DL_{50}$ ) o su capacidad de bioconcentración o biodegradación, entre otras; no considera características físicas y químicas del medioambiente en supuesto riesgo, como la metodología de *Arregui et al. (2009)*, que reconoce las características del suelo como un factor influyente en el comportamiento de un plaguicida. Tampoco se consideran las variables climáticas o la variable del comportamiento humano como parte del estudio y que pueden influir directamente en la deriva del químico y, por ende, en un posible episodio de afectación a las colmenas cercanas al cultivo.

Respecto a la determinación de la “Probabilidad de Ocurrencia” si bien la frecuencia con la que se aplica el agroquímico durante el año es un dato clave e importante, esto no siempre podría conllevar a un suceso de “posible riesgo ambiental” y dado que las denuncias por la mortandad de abejas son escasas, se optó por buscar antecedentes sobre intoxicaciones en la población, donde según datos del Ministerio de Salud, las intoxicaciones agudas provocadas por

plaguicidas de todas las clasificaciones toxicológicas ocurren todos los años en cantidades variables y dependiendo de diversos factores. Conociendo la cercanía con la que se encuentran las colmenas de abejas melíferas de los cultivos y su capacidad de ser excelentes bioindicadores ambientales (es decir, que poseen características estenoicas) se consideró un mayor riesgo para ellas, por lo tanto, la probabilidad de una nueva ocurrencia de un evento de mortalidad era aún mayor.

Este factor fue determinante al momento de analizar la tolerabilidad del riesgo ambiental, ya que, debido a esto, en la gráfica de resultados todos los escenarios analizados de aplicación de agroquímicos se situaron en la región de riesgo elevado. Finalmente, los valores diferenciados dependieron netamente del resultado final del Índice de Consecuencias Ambientales, que en gran parte dependió de la peligrosidad de la sustancia (véase en el Anexo M los parámetros descritos por el programa EPI Suite y su interpretación), la cantidad aplicada en el cultivo y la población posiblemente afectada ante un suceso, basándose en la toxicidad del ingrediente activo en abejas.

Si bien la metodología utilizada quizás no fue la más apropiada para el rubro analizado, en Chile no existe una metodología de estudio establecido para reconocer el riesgo ambiental que existe en una zona, pero no sólo para un rubro en particular y su fuente de trabajo, sino que también para las diversas especies que habitan la zona, ya sea que posean valor ecológico-económico como las abejas melíferas o sean especies nativas que también son vulnerables a la alteración del hábitat. Si bien el uso intensivo de plaguicidas es una práctica común y autorizada, sólo se han enfocado los esfuerzos en análisis epidemiológicos en la ciudadanía, si bien no deja de ser información importante, es una visión sesgada de lo que realmente un contaminante puede provocar en el medio, afectando por vías directas e indirectas a los servicios ecosistémico que la población aprovecha para subsistir.

## 7.2 SOBRE LOS INGREDIENTES ACTIVOS

### ➤ CLORPIRIFÓS

Según los datos obtenidos desde el programa EPI Suite, perteneciente a la EPA, este ingrediente activo posee las siguientes características físicas y químicas:

- Según el valor de su coeficiente de partición octanol/agua, que indica la probabilidad de que un químico sea absorbido a través de las membranas biológicas, el clorpirifós posee un  $\text{LogK}_{ow} = 5,11$  es decir, no es muy soluble en agua (hidrofóbico) y tiende a bioconcentrarse en la porción lipídica en la membrana de los organismos.
- Según el valor de su constante de Henry, que indica la volatilidad del químico en el agua, el clorpirifós posee un  $H = 2,52 \times 10^{-6}$  [atm m<sup>3</sup>/mol], es decir, es ligeramente volátil del agua.
- Según su factor de Bioconcentración, que indica el potencial de un químico para bioconcentrarse en organismos y bioacumularse en los niveles tróficos superiores de la cadena alimenticia, el clorpirifós posee un  $\log \text{BCF} = 2,94$ ; es decir, posee un potencial de bioconcentración moderado.
- Según su valor de Biodegradación, que indica el potencial de biodegradarse por acción de microorganismos en el medio mediante diversos modelos insertos en el software, el clorpirifós posee un tiempo de 3,29 [días/semanas], en conjunto con el resultado de otros modelos, se llega a la conclusión que no es probable que se degrade rápidamente, pero sí es probable que lo haga de forma anaeróbica.

Este último dato sobre la biodegradación del químico, EPI Suite lo trabaja desde distintos tipos de modelos Biowin, el utilizado para el análisis fue el modelo Biowin 4, que considera la degradación primaria (el cambio en la estructura molecular para formar un nuevo compuesto), el modelo Biowin 3 considera la degradación final (la completa mineralización de la molécula), donde el clorpirifós posee la característica de ser recalcitrante, mientras que finalmente el modelo Biowin 7 considera una alta probabilidad de degradación anaeróbica. Otro dato que entrega el software y que no forman parte de la metodología es el coeficiente de adsorción del suelo ( $\log K_{oc}$ ), donde el clorpirifós posee una fuerte adsorción al suelo o sedimento y una muy lenta migración hacia las aguas subterráneas.

Esto parece ser consistente con lo que indican las distintas referencias respecto al comportamiento del clorpirifós en el ambiente. Antecedentes de Watts (2012) señalan al clorpirifós como un compuesto orgánico persistente a nivel global, tóxico tanto de forma aguda como crónica para los organismos acuáticos, con características genotóxicas, inmunotóxicas, embriotóxicas, teratogénicas, además de ser un alterador endocrino y neurotóxico para el desarrollo. Es un químico que ha sido medido en peces en el Ártico e incluso en la misma nieve, hielo, agua de mar y vegetación del lugar, fijando su presencia a través de núcleos de hielo desde el año 1972. Esto se explicaría porque, pese a su corta vida media atmosférica, su persistencia aumenta dadas las condiciones de baja temperatura, pH y radiación ultravioleta.

Respecto a su ecotoxicidad, durante el año 2009 la EPA identificó sus preocupaciones sobre los riesgos agudos y crónicos para aves, mamíferos, vertebrados terrestres, peces y vertebrados acuáticos; finalmente, se reportaron 278 incidentes ecológicos entre el periodo 1974 – 2005, asociados al uso de clorpirifós como agente “probable” o “altamente probable”, causando 108 incidentes acuáticos, como muerte de peces, y 107 incidentes terrestres, como muerte de aves y abejas (Watts, 2012).

En un caso nacional, *Balsebre (2018)* determinó pesticidas organofosforados, halogenados y neonicotinoídeos en apiarios de la región de Valparaíso y de O’Higgins; el clorpirifós fue uno de los pesticidas más encontrados en ambas regiones con resultados que no superaron el límite de residuos permitido y por debajo de los valores de  $DL_{50}$ , corroborando lo descrito sobre la baja exposición de las abejas a concentraciones letales en campo, pero sin dejar de lado los efectos que puede tener la exposición crónica a concentraciones que son subletales y cómo son capaces de afectar el comportamiento individual y social de las abejas melíferas, que dependen del aprendizaje y la memoria para las tareas de recolección de alimentos, la navegación desde y hacia la colmena, el reconocimiento de flores por aprendizaje olfatorio y la memorización de olores.

Por otra parte, existe el riesgo ligado a los distintos metabolitos del clorpirifós, donde el “clorpirifós oxon” es considerado de alto riesgo al poseer una toxicidad incluso mayor que el compuesto parental, por lo que la metabolización del clorpirifós podría ser otra vía de intoxicación para las abejas expuestas (Williamson *et al.*, 2013). También han existido casos

de abejas contaminadas con clorpirifós donde los evidentes síntomas visuales no se ven reflejados en los análisis de laboratorio que muy a menudo resultan negativos y no superan los límites permitidos, lo que perjudica directamente al apicultor (Kamler *et al.*, 2003).

Los daños que ha provocado el uso del clorpirifós a nivel mundial han sido tan graves, que existe una moratoria por parte de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) hasta el día 31 de Enero del año 2020, para estudiar y determinar si se prohíbe definitivamente su uso en la agricultura; otros aseguran que ya es un hecho su futura prohibición debido a las alteraciones que provoca en fetos y niños pequeños que son expuestos a través de alimentos cuyo LMR es superado. Países como Alemania, Irlanda, Finlandia y Suecia ya lo prohibieron hace años, también en California, el estado con mayor producción agrícola de Estados Unidos, mientras que en Nueva York, Hawái y Oregón ya planean legislaciones similares (García & Dahllöf, 2019).

La Figura 22 muestra casos de detección de clorpirifós correspondiente a frutas y verduras provenientes de otros países, según la base de datos del Ministerio de Sanidad en España, donde Chile se sitúa en sexto lugar.

**10 países de origen de los productos con más residuos de clorpirifós (2015-2017)**

Hubo 400 tests de productos que dieron positivo en clorpirifós entre 2015 y 2017

Países	Muestreo 2015-2017
España	334
Egipto	14
Marruecos	13
China	8
Argentina	6
Chile	3
Colombia	3
Brasil	2
Perú	1
Estados Unidos	1

**FIGURA 22. Los 10 países exportadores con productos con más residuos de clorpirifós en España**  
De las 400 pruebas positivas registradas en España con residuos de clorpirifós, tres correspondieron a frutas y verduras que provenían desde Chile, según muestreos realizados entre los años 2015 y 2017.

*Fuente: García, 2019*

Respecto a las ventas en la región de Valparaíso, el clorpirifós es el segundo insecticida más vendido según datos del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 2012) y según su lista de plaguicidas autorizados, a nivel nacional existen 17 marcas comerciales de plaguicidas cuyo único ingrediente activo es el clorpirifós, mientras que sólo 4 plaguicidas poseen mezcla de clorpirifós con otro ingrediente, como dimetoato o cipermetrina; de este total de 21 insecticidas con clorpirifós, son 16 las marcas comerciales que poseen una categoría toxicológica de clase II.

Esto hace pensar que las situaciones de riesgo tanto para el medioambiente como para los seres humanos, así como las quejas de los mismos apicultores no son tomadas en cuenta al momento de visualizar el posible riesgo al que se ven expuestos no sólo el sector de La Mora y sus cultivos de paltos y cítricos, sino que todos los cultivos que utilizan este tipo de agroquímico, capaz de alterar o posiblemente contaminar el ecosistema que lo rodea y la biodiversidad que habitan en él.

#### ➤ **ABAMECTINA**

Según los datos obtenidos desde el programa EPI Suite, perteneciente a la EPA, este ingrediente activo posee las siguientes características físicas y químicas:

- Según el valor de su coeficiente de partición octanol/agua, que indica la probabilidad de que un químico sea absorbido a través de las membranas biológicas, la abamectina posee un  $\text{LogK}_{ow} = 4,48$  es decir, no es muy soluble en agua (hidrofóbico) y tiende a no absorberse bien en membranas biológicas.
- Según el valor de su constante de Henry, que indica la volatilidad del químico en el agua, la abamectina posee un  $H = 1,7 \times 10^{-7}$  [atm m<sup>3</sup>/mol], es decir, es ligeramente volátil del agua.
- Según su factor de Bioconcentración, que indica el potencial de un químico para bioconcentrarse en organismos y bioacumularse en los niveles tróficos superiores de la cadena alimenticia, la abamectina posee un  $\log \text{BCF} = 2,62$ ; es decir, posee un potencial de bioconcentración entre bajo a moderado.
- Según su valor de Biodegradación, que indica el potencial de biodegradarse por acción de microorganismos en el medio mediante diversos modelos insertos en el

software, la abamectina posee un tiempo de 2,68 [días/semanas] correspondiente a la degradación primaria y que, en conjunto con el resultado de otros modelos, se llega a la conclusión que no es probable que se degrade rápidamente, ni siquiera de forma aeróbica. Mientras que el valor de degradación final indica a la Abamectina como un compuesto recalcitrante.

Respecto al coeficiente de adsorción del suelo ( $\log K_{oc}$ ), la abamectina posee una muy fuerte adsorción al suelo o sedimento y una despreciable migración hacia aguas subterráneas, además de una vida media moderada en la atmósfera. Al contrario del clorpirifós, no existen evidencias de metabolitos que sean más tóxicos que la Abamectina en sí.

Agroquímicos que contienen la Abamectina como ingrediente activo se utilizan en todo tipo de cultivos alrededor del mundo, sin embargo, su alta toxicidad para las abejas melíferas ha sido comprobada por diversos estudios, siendo uno de los más letales dentro de toda la gama de plaguicidas, afectando especialmente a las abejas pecoreadoras, disminuyendo su salud y la vitalidad de la colonia (Zhu *et al.*, 2015, Aljedani, 2017).

Respecto a sus destinos ambientales, al ser casi insoluble en agua, se une fuertemente al suelo y no filtra hacia aguas subterráneas, puede sufrir fotodegradación rápida en un día, aunque bajo condiciones aeróbicas oscuras, su vida media varía entre dos semanas a dos meses. Las plantas, en condiciones de laboratorio y luz, su vida media como una película delgada fue de 4 a 6 horas (Exttoxnet, 1994).

Según sus propiedades, la Abamectina pareciera ser un químico poco persistente en el medio donde es aplicado, no obstante, es una sustancia altamente tóxica para abejas, siendo un ingrediente activo citado dentro de la “Lista de Plaguicidas en Vigilancia” de la UTZ (un programa y etiqueta para la agricultura sostenible) correspondiente a plaguicidas que no han sido prohibidos pero que tienen un riesgo potencialmente severo o acumulativo para la salud humana y el medioambiente. Para pertenecer a esta lista, la Abamectina cumple con la toxicidad aguda (clasificado como H330: mortal en caso de inhalación) y la toxicidad medioambiental (altamente tóxico para abejas), por lo que su uso debe ir complementado con un sistema de control con el propósito de mitigar o reducir el riesgo para la población, la flora y la fauna del sector (UTZ, 2015).

Ante esta situación se tiene como antecedente la concentración encontrada en La Mora, en el caso de mortandad de abejas melíferas ocurrido en el mes de agosto del año 2017 (véase Anexo I), donde se halló una concentración de abamectina de 21 [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ], lo que coincide con el valor de su  $\text{CL}_{50}$  por contacto = 0,002 [ $\mu\text{g}/\text{abeja}$ ], esto considerando el peso estándar de una abeja igual a 0,1 [g] (Balsebre, 2018). Además, es un valor que se encuentra por debajo del valor conocido de su  $\text{DL}_{50}$  oral, que corresponde a 0,009 [ $\mu\text{g}/\text{abeja}$ ] y que aun así, provocó la muerte de miles de abejas en el sector de análisis.

En este contexto se tienen escenarios posibles del porqué ocurrió esto:

- a) Los valores correspondientes a concentración o dosis letal media no son suficientes para proteger a las abejas de la aplicación de agroquímicos altamente tóxicos para ellas
- b) Mal manejo de la aplicación, realizado bajo condiciones climáticas inseguras o durante el momento de mayor forrajeo que, según el apicultor afectado por la situación, ambas situaciones ocurren con frecuencia en la zona.
- c) La exposición crónica a dosis subletales de abamectina condujo finalmente a un evento de mortandad.

Actualmente en Chile existen 17 marcas comerciales que poseen Abamectina como único ingrediente activo y dos poseen mezcla de Abamectina con otro ingrediente, donde la mayoría posee una categoría toxicológica de Clase II y una formulación pertenece a la categoría Clase I. Uno de ellos contiene mezcla con Imidacloprid, un neonicotinoide conocido por estar involucrado en casos de colapso de colonias de abejas a nivel mundial y prohibido en diversos países de Europa; no obstante, se encuentra autorizado sólo para exportación y no para su uso en el país (SAG, 2019). Respecto a las ventas en la región de Valparaíso, la Abamectina es el cuarto insecticida más vendido (SAG, 2012).

#### ➤ UNICONAZOLE

Según los datos obtenidos desde el programa EPI Suite, perteneciente a la EPA, este ingrediente activo posee las siguientes características físicas y químicas:

- Según el valor de su coeficiente de partición octanol/agua, que indica la probabilidad de que un químico sea absorbido a través de las membranas biológicas, el

uniconazole posee un  $\text{LogK}_{\text{ow}} = 3,67$ , es decir, es ligeramente soluble en agua y tiende a absorberse bien a través de la piel.

- Según el valor de su constante de Henry, que indica la volatilidad del químico en el agua, el uniconazole posee un  $H = 1,82 \times 10^{-6}$  [atm m<sup>3</sup>/mol], es decir, es ligeramente volátil del agua.
- Según su factor de Bioconcentración, que indica el potencial de un químico para bioconcentrarse en organismos y bioacumularse en los niveles tróficos superiores de la cadena alimenticia, el uniconazole posee un  $\log \text{BCF} = 1,83$ ; es decir, posee un potencial de bioconcentración bajo.
- Según su valor de Biodegradación, que indica el potencial de biodegradarse por acción de microorganismos en el medio mediante diversos modelos insertos en el software, el uniconazole posee un tiempo de 2,30 [semanas/mes] correspondiente a la degradación final y que, en conjunto con el resultado de otros modelos, se llega a la conclusión que no es probable que se degrade rápido.

Respecto al coeficiente de adsorción del suelo ( $\log K_{\text{oc}}$ ), el uniconazole posee una adsorción moderada al suelo o sedimento y una lenta migración hacia aguas subterráneas y una vida media rápida en la atmósfera.

Respecto a sus destinos ambientales, la información del programa EPI Suite no parece concordar demasiado con lo encontrado en bibliografía, donde se describe al Uniconazole (SUNNY 5 SC) como persistente en suelos con condiciones de campo, con una vida media de 435 días y con una alta tendencia a lixiviar hacia aguas subterráneas; además es persistente en aguas superficiales, volátil pero rápidamente degradable en el aire (ANLA, 2016).

Ensayos realizados en la zona central de Chile para evaluar el efecto del Uniconazole sobre la producción y control del crecimiento vegetativo en huertos jóvenes de palta *cv. Hass*, llegaron a resultados dispares respecto al efecto en el tamaño de los frutos, en algunos se produjeron menos frutos, pero de mayor calibre, mientras que otros huertos resultaron sin efecto; sin embargo, en todos fue capaz para controlar el vigor del árbol, lo que permite reducir su volumen (Mena *et al.*, 2003).

A nivel regional, el registro de ventas del SAG muestra al Uniconazole como el quinto más vendido de la serie 4000 (SAG, 2012). Respecto a la existencia de casos de Uniconazole ligado a la muerte o afectación de abejas melíferas, no existen estudios al respecto; sin embargo, es importante considerar que compuestos con baja toxicidad aguda para las abejas han sido detectados con mayor frecuencia y concentraciones más altas en apiarios de Norteamérica y Europa, por lo que sería una situación con efectos a largo plazo interesantes de investigar en un futuro (Johnson *et al.*, 2013).

### 7.3 SOBRE EL RIESGO AMBIENTAL

Respecto a la tolerabilidad del riesgo, se asignaron 7 escenarios distintos según el modo de aplicación del agroquímico, la superficie del cultivo (palto o cítrico) y la dosis correspondiente que aparece en la etiqueta.

Para la formulación Lorsban 4E (clorpirifós), se asignaron dos escenarios:

- **A1:** aplicación terrestre en cultivo de paltos
- **A2:** aplicación terrestre en cultivo de cítricos

Para la formulación Vertimec 018 EC (abamectina), se asignaron tres escenarios:

- **A3:** aplicación terrestre en cultivo de paltos
- **A4:** aplicación aérea en cultivo de paltos
- **A5:** aplicación terrestre en cultivo de cítricos

Para la formulación de Sunny 5 SC (uniconazole), se asignaron dos escenarios:

- **A6:** aplicación terrestre en cultivo de paltos
- **A7:** aplicación aérea en cultivos de paltos

Respecto a los tipos de formulaciones, Lorsban 4E y Vertimec 018 EC corresponden a “concentrados emulsionables”, los de este tipo son versátiles, fáciles de manipular y poseen una residualidad media; aunque algunas de sus desventajas son que, al ser muy concentrados se puede caer fácilmente en sobredosis, pueden causar daño leve a las plantas, poseer un cierto nivel de olor y ser absorbidos por la piel. Por otra parte, la marca Sunny 5 SC corresponde a una

formulación del tipo “suspensión concentrada”, además requieren de otros ingredientes para su dispersión en el agua, aunque poseen menos olor que los CE, resultando ser más residuales (Cid, 2014). Estas formulaciones requieren de componentes “inertes” para su aplicación, no obstante, su presencia ha mostrado tener una toxicidad incluso mayor que los mismos ingredientes activos, siendo un factor que no es considerado en los estudios científicos actuales (Balsebre, 2018).

Por otra parte, tanto la aplicación aérea como terrestres están reguladas por la legislación chilena, aquellos agricultores que son dueños de grandes superficies de cultivos optan por la aplicación aérea en términos de eficiencia y costos asociados. Vertimec 018 EC y Sunny 5 SC poseen la autorización del SAG para ser aplicados de forma aérea en los cultivos de paltos, (SAG, 2019).

Respecto a las condiciones de seguridad para aplicaciones aéreas señaladas en el decreto chileno, se establece una franja de seguridad de un área mínima de 200 [m] que debe existir entre el sitio de aplicación del plaguicida y un área sensible, dar aviso en un radio de 200 [m] medidos desde el borde externo de la franja de seguridad y no ejecutar la aplicación si la velocidad del viento supera los 15 [km/h] (Decreto N°5, 2010). Respecto a esta última condición, el Decreto N°5 no se ajusta a parámetros internacionales que indican organizaciones como Rainforest Alliance, que señala como condición meteorológica óptima una velocidad que no supere los 10 [km/h]; mientras que la FAO coincide con un número similar, estableciendo unos 3 [m/s] (es decir unos 10,8 [km/h]), como una velocidad capaz de conseguir un buen rociado del agroquímico sin deriva del viento. (FAO, 2002a; Rainforest Alliance, 2017). El decreto tampoco especifica hora del día o temperaturas de trabajo, donde una alta temperatura combinada con una baja humedad relativa provocará la rápida evaporación de la gota, lo que aumentará el riesgo de deriva (FAO, 2002a).

La metodología de *Delgado (2007)* no considera la posible deriva del químico como un factor influyente dentro de la magnitud del riesgo ambiental, por lo que aquellos escenarios con más riesgo asociado son los que consideraron la aplicación terrestre; particularmente, la aplicación de abamectina en cultivos de paltos es el escenario que posee mayor riesgo ambiental (escenario A3), al ser un resultado ligado a la cantidad de sustancia, en este sentido, las

aplicaciones aéreas son más eficientes al funcionar con un bajo volumen de agua por hectárea (entre 5 a 100 [L/ha]).

La etiqueta entregada por Syngenta para la marca comercial Vertimec 018 EC asegura tener un bajo impacto sobre insectos benéficos y ser ideal para el Manejo Integrado de Plagas, incluso cuando su ingrediente activo es reconocido mundialmente por ser altamente tóxico para las abejas, explicitando que se debe evitar su aplicación durante las horas de mayor actividad o cuando los cultivos estén en floración (Syngenta, 2016). Si bien el Decreto N°5 establece informar sobre la aplicación con 48 horas de anticipación, los apicultores lo consideran insuficiente y exigen un aumento a 72 horas previas (El Mostrador, 2017).

Respecto a las aplicaciones terrestres, el clorpirifós (Lorsban 4E), al no poseer la autorización del SAG para aplicaciones aéreas en cultivos de paltos o cítricos, se rige bajo el Decreto N°158 del MINSAL, sin embargo, su artículo 10° sólo indica tener en consideración la velocidad del viento y condiciones meteorológicas desfavorables, sin especificar un valor concreto (Decreto N°158, 2015). En este punto, la FAO considera como ideales las velocidades de viento cercana a 1 o 2 [m/s], es decir, entre 3,6 a 7,2 [km/h] (FAO, 2002b), por lo que si tenemos en cuenta el valor considerado por el Decreto N°5, nuevamente queda muy por encima de lo estipulado por organizaciones internacionales. También se define un aviso previo con 24 horas de antelación, lo que está muy por debajo de lo exigido por los apicultores.

Actualmente, la conceptualización del “riesgo ambiental” en la legislación ambiental chilena no es precisa en su utilización para organismos como el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), tan así, que el año 2018 se impartió un instructivo en relación a éste concepto y sus diferencias con el concepto de “impacto ambiental” cuya definición legal es clara, siendo la *“alteración del medioambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada”*, mientras que el riesgo, si bien es contemplado en la Ley 19.300 y en el Reglamento del SEIA, no es definido expresamente, siendo utilizado en varios casos como un sinónimo de “impacto ambiental” o de “peligro”, considerándosele como la probabilidad de consecuencias negativas de un “peligro” y la “vulnerabilidad” o “grado de exposición”, concluyendo finalmente que como un impacto ambiental requiere de una causalidad entre la alteración del medio y un proyecto o actividad, se le asocian medidas de

mitigación, compensación y reparación, tal y como ocurre con los riesgos para la salud de la población; mientras que para el SEIA, se relaciona con eventos que no necesariamente son una consecuencia de la ejecución de un proyecto, ya que no corresponden al funcionamiento normal de éste y para el que se asocian Planes de Prevención de Contingencias, donde se deben identificar las situaciones de riesgo que pueden afectar el medioambiente o la población y se deben describir las medidas a implementar para evitar que se produzcan o minimizar la probabilidad de ocurrencia, un concepto que no recae dentro del impacto ambiental de un proyecto o actividad y por ende, debería evaluarse de forma diferenciada (SEA, 2018)

#### **7.4 SOBRE OTROS RIESGOS AMBIENTALES**

##### **➤ La cantidad de plaguicidas**

La mayoría de los estudios científicos investigan las exposiciones a un plaguicida, cuando en la realidad del campo se exponen a múltiples agroquímicos, lo que podría ser un factor más relevante en la muerte de una colmena. En un estudio realizado por *Traynor et al. (2016)*, correlacionan estrechamente la muerte de una colonia con el número de pesticidas involucrados, asegurando también que muchos fungicidas considerados seguros para las abejas se correlacionaron con altos índices de muertes; siendo *“un resultado que va en contra de uno de los principios básicos de la toxicología: el veneno está en la dosis”*.

Ante esto cabe destacar que dos de los tres ingredientes activos analizados poseen una toxicidad alta para las abejas, un escenario que podría ser riesgoso para la fuente de trabajo del apicultor si no se realiza un buen manejo de la aplicación.

##### **➤ La escasez hídrica**

La problemática de la escasez hídrica en Chile y la región de Valparaíso deriva desde diversos ángulos: la gestión hídrica de la DGA y su actual Código de Aguas que articula un sistema de derechos privados de agua, la usurpación del recurso por parte de los grandes empresarios a través de la construcción de drenes ilegales con el propósito de desviar el curso del agua, la sobreexplotación por parte de las empresas agroexportadoras y sus grandes terrenos de cultivos, la escasa regulación por parte del Estado que muchas veces actúa como garante de

los derechos privados, el uso del agua por parte de las mineras y además el deterioro de su calidad por la contaminación; y como un factor mundial, el cambio climático que ha provocado variabilidad climática en la región, un aumento de la altitud de la isoterma cero y la escasez de precipitaciones, generando en consecuencia una disminución de los caudales, lo que ha forjado un escenario “hidro-social”, donde en varias regiones la demanda de agua sobrepasa la oferta existente (Bolados, 2018; Miranda, 2018).

Esta situación de riesgo también afecta a los apicultores y sus abejas melíferas, ya que la reducción en la disponibilidad de agua tiene como consecuencia la falta de floración o que las flores se sequen rápidamente, por ende, no hay néctar ni polen y las abejas terminan sufriendo un déficit nutricional que genera depresión en las reservas de miel, aumento en el brote de las enfermedades, disminución de la población e incluso, la muerte de colmenas (Fraunhofer Chile, 2019). Se apunta a los cultivos de paltos como una de las causas de esta escasez hídrica en la provincia, ya que su necesidad de agua es cerca de 100.000 [L] al día, lo que deja a unos 3.000 habitantes de Petorca sin agua para sus necesidades básicas (La Tercera, 2019).

Pese a que la provincia de Petorca fue declarada “Área de Restricción” durante el año 1997, las grandes empresas agrícolas que son dueñas de derechos de agua continuaron con sus extensas áreas de cultivos y la usurpación del agua, perjudicando a los pequeños agricultores (CHV Noticias, 2018). Finalmente, en septiembre del año 2019 se decreta “Zona de Catástrofe por Sequía” a todas las comunas de la Región de Valparaíso (exceptuando el territorio insular), una medida que se prolongará por doce meses y donde se coordinarán y ejecutarán programas de recuperación en las zonas afectadas (Díaz, 2019).

### ➤ **La sanidad apícola**

La aplicación de insecticidas-acaricidas es una práctica común dentro de la apicultura y que se realiza con el objetivo que mantener la sanidad dentro de la colmena y evitar el brote de enfermedades que merman la población de abejas. En el estudio realizado por *Balsebre (2018)* en apiarios de las regiones de Valparaíso y de O’Higgins, los dos pesticidas más encontrados fueron el clorpirifós y la acrinatrina, éste último es ampliamente utilizado en las colmenas para combatir el ácaro parásito *Varroa destructor* que provoca la Varroosis, siendo hallado en el 42%

de las muestras de apiarios de la región de Valparaíso, junto con otro insecticida de uso directo en colmenas, el cumafós.

La acrinatrina posee una  $DL_{50}$  oral de 0,77 [ $\mu\text{g}/\text{abeja}$ ] y una  $DL_{50}$  por contacto de 0,084 [ $\mu\text{g}/\text{abeja}$ ] y actúa a nivel de sistema nervioso de los ácaros, Aunque son eficaces, también son altamente lipofílicos, por ende, es frecuente encontrarlo en los tejidos grasos de abejas y en las reservas de cera y de miel en la colmena; sin embargo, no existen estudios que aseveren los efectos posibles de la exposición constante a bajas dosis o cómo la acumulación en el interior de la colmena podría exponerlas de manera crónica a dosis considerables, logrando afectar el comportamiento de los insectos (Ibacache, 2006; Martin, 2006; Balsebre, 2018).

Aunque este acaricida fue encontrado en gran parte de las muestras estudiadas por *Balsebre (2018)* en la región, cabe decir que en la lista de medicamentos veterinarios de uso apícola registrados por el SAG para el control de *Varroa destructor* no se encuentra la acrinatrina ni el cumafós como productos autorizados con este fin (SAG, 2018). La única marca comercial autorizada en Chile y cuyo ingrediente activo corresponde a la acrinatrina es el “Rufast 75 EW”, de categoría toxicológica de Clase III para cultivos de kiwi, manzano, limoneros, naranjas, vides, entre otros (SAG, 2019).

Lo anterior hace entrever una situación que ocurre con mucha frecuencia dentro de la apicultura y es la utilización de productos formulados para otras especies y que no están autorizados para su uso en abejas, como ocurren con el químico cumafós, un antiparasitario de uso externo en perros y que empleado en la dosis, forma y fecha de aplicación correcta tendría resultados eficientes en el control del parásito y a un costo más bajo que los acaricidas apícolas autorizados por el SAG. Es una situación de riesgo para las abejas, ya que no existen estudios que hagan referencia a las dosis que son adecuadas para una colmena, pudiendo generar mortalidad en la población y residuos en los productos de la colmena, afectando potencialmente a los consumidores (Cruzat & Baasch, 2009).

### ➤ **Los insecticidas neonicotinoides**

Los insecticidas neonicotinoides se encuentran en la palestra de los estudios científicos debido a su alto impacto en la población de abejas. Su modo de acción es sistémico y persistente, se han visto implicados en casos del Síndrome de Colapso de Abejas (CCD: *Colony Collapse*

*Disorder*) y la muerte de otros polinizadores, como abejorros y mariposas (Tsvetkov *et al.*, 2017; González, 2018b). Son ampliamente utilizados en el mundo ya que protegen a toda la planta tras su aplicación en el suelo o en sus semillas, distribuyéndose a través del sistema vascular y provocando que el polen, néctar y gotas de gutación puedan contener pequeñas cantidades de este insecticida (Botías & Sánchez-Bayo, 2018). Son capaces de generar mortalidad en las abejas con dosis muy bajas (en unidades de nanogramos por abeja), destacándose el: imidacloprid, tiametoxam, clotianidina, tiacloprid, acetamiprid y sulfoxaflor. (Balsebre, 2018; González, 2018b).

Algunos de estos insecticidas (imidacloprid, clotianidina y tiametoxam) fueron restringidos en países de la Unión Europea durante el 2013, ya derechamente para el año 2018 fueron prohibidos para su uso en campo abierto tras analizar 1.500 estudios científicos, aunque en Chile aún se encuentran autorizados por el SAG (BBC Mundo, 2018). Actualmente, para la serie 1000 correspondiente a “Insecticidas”, se registran 67 marcas comerciales cuyo grupo químico son los neonicotinoides, ya sean de forma pura o formando mezclas con otros grupos químicos. De éstos, 37 formulaciones poseen una clasificación toxicológica OMS de Clase II (moderadamente peligroso), existen 19 de la Clase III (poco peligroso) y 11 son de Clase IV (no peligroso); del total, unos 20 plaguicidas neonicotinoides poseen autorización para la aplicación aérea en cultivos. Esto es un factor importante que considerar si se quiere estar en la misma línea que los parámetros establecidos internacionalmente (SAG, 2019).

Los apicultores han marchado en el país alegando la prohibición de este tipo de insecticidas y por un proyecto de ley que regule la actividad apícola y los proteja. Sin embargo, en el año 2017, el nuevo proyecto de Ley Apícola eliminó el artículo que prohibía los plaguicidas neonicotinoides altamente tóxicos para las abejas, provocando el rechazo por parte de las asociaciones apícolas nacionales que exigen una “Ley de Protección a la Apicultura y los Polinizadores” que entienda la polinización como un servicio ecosistémico fundamental y que no consista en una regulación más del negocio. Por su parte, los agricultores se han mostrado reacios a la prohibición de estos insecticidas, al no considerar como justificadas las razones científicas y priorizando el posible impacto negativo que tendría la prohibición en sus cultivos (Rozas & Sepúlveda, 2017; BBC Mundo, 2018).

### ➤ **El riesgo político: el lobby empresarial**

Dígase del “*lobby*” como un grupo de personas que generan presión sobre el gobierno o empresa, con el fin de influir en decisiones políticas y económicas. Esta situación es lo que se acusa por parte de los apicultores y asociaciones como RAP-AL, donde el proyecto de ley enviado por el ejecutivo durante el gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet y el Ministro de Agricultura, Carlos Furche, no consideró la prohibición de neonicotinoides, desvirtuando las mociones parlamentarias originales entregada por los senadores Tuma y Letelier (RAP-AL, 2017; González, 2018b). Esto es una situación que ha continuado durante el gobierno del Presidente Sebastián Piñera y el Ministro de Agricultura, Antonio Walker, además de otras autoridades como el directorio del Servicio Agrícola y Ganadero, la ex Ministra de Medio Ambiente, Marcela Cubillos y la actual ministra, Carolina Schmidt, a quienes se les ha interpelado la misma petición, sin respuesta alguna hasta el momento (Sepúlveda, 2018)

Esta ausencia de voluntad política para legislar y prohibir pesticidas altamente peligrosos para las abejas con el fin de proteger la biodiversidad y el rubro apícola acusa la presencia de lobby entre el empresariado agrícola y la clase política (Bustos, 2018). Por parte del gobierno, el Ministerio de Agricultura y sus asesores han estado históricamente ligados a diversos agentes de la agroindustria, como la Federación de Productores de Fruta de Chile (FEDEFruta), la Asociación Nacional de Productores de Semillas (ANPROS), la Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas (AFIPA), entre otros (Sepúlveda, 2018).

Otro factor relevante es la escasa cantidad de denuncias al SAG sobre incidentes con las abejas melíferas y los plaguicidas, ya sea por temor a perder su fuente de trabajo o por incompetencia de la autoridad encargada, debido a que los fiscalizadores llegan demasiado tarde al lugar y ya no era posible tomar muestras adecuadas para su análisis. No obstante, las denuncias recibidas en las oficinas de RAP-AL aseguran que existen estos casos y que condicen con el hecho de que los agricultores chilenos no utilizan buenas prácticas de manejo de plaguicidas, según datos de la Agencia Chilena para la Calidad e Inocuidad Alimentaria (ACHIPIA) (Bustos, 2018; Sepúlveda, 2018).

## 7.5 SOBRE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Es un hecho que la decadencia en la población de las abejas posee causas multifactoriales que van desde plagas y enfermedades propias de la colmena, hasta la intervención del hombre y la contaminación provocada por el uso intensivo de agroquímicos en zonas agrícolas, además de la indulgencia gubernamental con las empresas que propician la sequía del sector debido al excesivo consumo del recurso hídrico por parte de los monocultivos, que a su vez, repercute en el estado nutricional de la misma población de abejas.

Actualmente, el país carece de una ley integral exclusiva para el rubro de la apicultura que considere la protección de la polinización como un servicio ecosistémico primordial, entregando garantías que protejan tanto a los trabajadores como a las abejas. La respuesta del actual gobierno del Presidente Sebastián Piñera fue la implementación piloto de un seguro mediante una empresa española, con el objetivo de compensar económicamente al apicultor si sus abejas morían por el impacto de los insecticidas aplicados en su entorno más cercano o por polinizar lugares donde se habían aplicado plaguicidas peligrosos (Sepúlveda, 2018). Esta información parece ser coherente con el tipo de sociedad donde vivimos actualmente, donde el mercado es la base del funcionamiento del país y donde la protección del medioambiente queda en el último lugar, fomentando una situación que afecta no sólo a trabajadores, mujeres y niños, sino que además contamina los recursos, la flora y la fauna que nuestro país posee, muchas veces, sin vuelta atrás.

Dentro de las medidas legislativas que son primordiales y que son coherentes con las tomadas en otros países son la restricción o prohibición de los plaguicidas considerados como altamente tóxicos para las abejas y los polinizadores en general, aplicable para grupos químicos con una alta toxicidad en insectos, en este caso, aquellos que poseen como ingrediente activo el clorpirifós y la abamectina. Esto podría ser atribuible a cultivos que se encuentren relativamente cercanos a apiarios, ya sea si prestan o no servicios de polinización, teniendo en consideración la capacidad de vuelo que poseen las abejas, que pueden alcanzar varios kilómetros a la redonda de la colmena, un factor que no consideran los decretos aplicables al uso seguro de los plaguicidas. Respecto a las características de toxicidad de cada agroquímico, reducir el uso de aquellos que poseen una larga persistencia y solubilidad en agua podría evitar que se dispersen

a zonas colindantes, evitar el uso de insecticidas sistémicos y realizar las aplicaciones en las horas de menor riesgo para las abejas ni realizarlas en plena época de floración, como también es importante analizar y estudiar los efectos que generan la aplicación simultánea de estos compuestos (Botías & Sánchez-Bayo, 2018).

Por otra parte, se han señalado que las malas prácticas agrícolas son una de las causas de este riesgo ambiental, como el uso de plaguicidas prohibidos o incumplimiento de la etiqueta, esto es un factor difícil de comprobar y que podría conllevar sanciones al trabajador y su empresa, los mismos apicultores acusan la poca fiscalización por organismos como el SAG, por lo que un aumento en la cantidad de fiscalizadores y la cantidad de capacitaciones podría ayudar a disminuir el riesgo ambiental que conllevan las prácticas agrícolas inadecuadas.

Es importante también destacar la necesidad de crear una metodología adecuada que permita estudiar el riesgo ambiental que existe en actividades de un rubro tan masivo como la agricultura. Si bien los Estudios de Impacto Ambiental comprenden una creación de línea de base que considera las diversas variables de un área determinada pronto a ser modificado y por ende, impactado de alguna manera, la letra q) del artículo N°3 de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente que establece los proyectos que deben someterse obligatoriamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, señala la aplicación masiva de productos químicos en áreas urbanas o rurales próximas a centros poblados o masas de agua, considerando los planes o programas para prevenir la aparición de plagas o aquellos con el fin de erradicar plagas en emergencias fitosanitarias o zoonosanitarias que se realicen por vía aérea sobre una superficie igual o superior a 1.000 [ha] y entendiéndose como próximo a zonas rurales o masas de agua cuando se encuentren a una distancia inferior a 5 [km]; esto quiere decir que **la ley no considera** la aplicación de productos químicos por vía terrestre ni por vía aérea en superficies inferiores a 1.000 [ha]. Esto eleva la posibilidad de riesgo ambiental al ser una parte del rubro que no es monitorizado ni estudiado bajo ningún método estándar y donde la fiscalización en zonas rurales de difícil acceso no es continua.

El hecho de que no exista una legislación que proteja y ampare a los trabajadores apícolas y a su fuente de trabajo repercute en una baja cantidad de denuncias de casos de abejas o colmenas muertas a causa de la aplicación de agroquímicos tóxicos, esta situación se debe a

diversos factores: un sentimiento de escaso apoyo estatal en estas situaciones, negligencia por parte de los organismos fiscalizadores, temor a ser señalados dentro del rubro agrícola como un obstáculo y por ende, una posible afectación laboral al ser rechazados por agricultores que no ven con buenos ojos las denuncias previas realizadas por el apicultor.

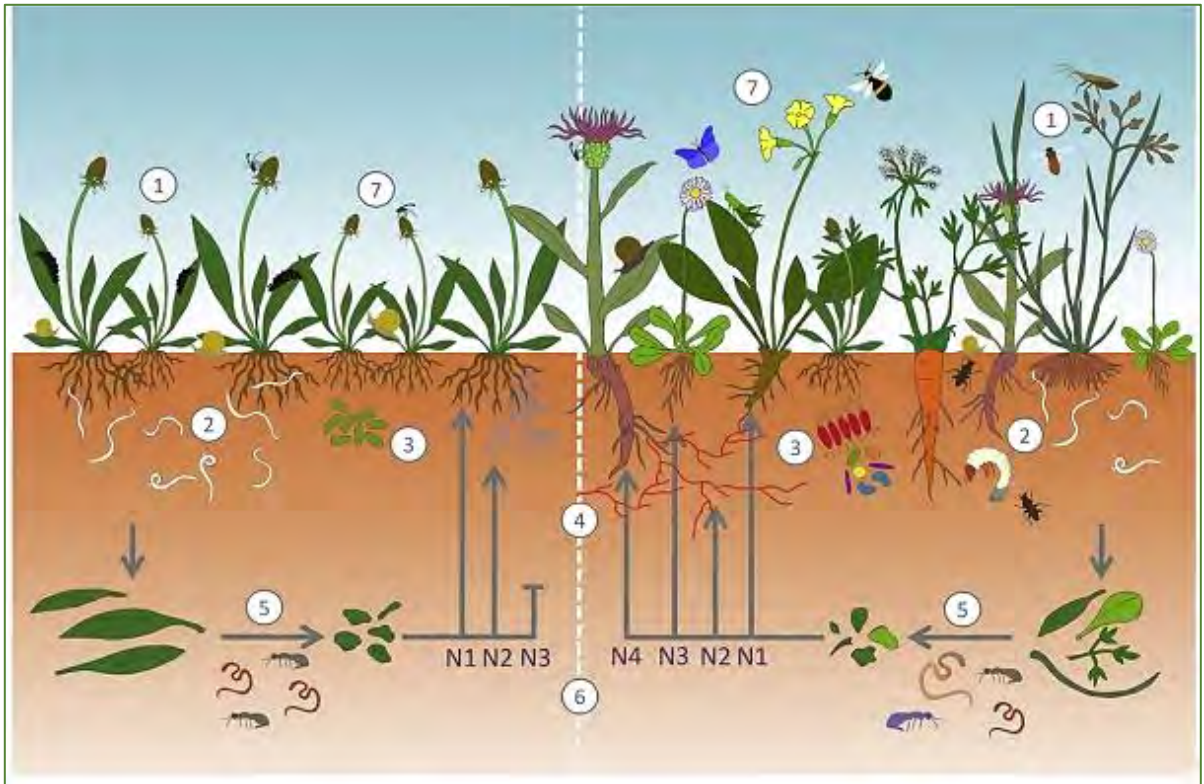
Si bien el tema legislativo es primordial para avanzar hacia una sociedad que valore y proteja de forma sustentable los servicios ecosistémicos y económicos que entregan algunos rubros nacionales, es importante también trabajar sobre la marcha y con las condiciones que actualmente existen en la zona de Cabildo, un sector que como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, se ha visto afectado por problemáticas ambientales y sociales de diversa índole y que confluyeron en una sequía de gran magnitud que afecta en su mayoría a los agricultores más pequeños y a los apicultores que vieron a sus colmenas afectadas debido a la ausencia de floración en el sector.

Ante la crisis hídrica que se vive, algunos apicultores tienen la posibilidad de viajar a la zona sur del país, donde el periodo de floración se extiende por más meses y se trabaja con la flora nativa del lugar; las colmenas en estudio realizan este traslado desde inicios de diciembre hasta finales de marzo y vuelven a La Mora en el mes de abril, para aquellos apicultores que no tienen esta posibilidad de viajar existen algunas recomendaciones o estrategias como: mantención de un bebedero que evita que las abejas recorran largas distancias, alimentación suplementarias por la baja disponibilidad de néctar y polen y no sobrecargar el área de pecoreo con colmenas, ya que repercute en un estrés nutricional y posibles muertes (Fraunhofer Chile, 2019)

Otra problemática es la presencia de monocultivos de paltos y de cítricos, se trata de una práctica enfocada a la producción masiva de estos frutos, sin embargo, una de sus grandes desventajas es la vulnerabilidad a la propagación de enfermedades y plagas. Para evitar este riesgo se realizan aplicaciones constantes de agroquímicos por el propósito de prevenir o eliminar insectos, hierbas y/u hongos que se consideran nocivos para los monocultivos. Esto genera un escenario de aplicación masiva de estos químicos que muchas veces son altamente tóxicos para la fauna polinizadora y que puede derivar incluso en posibles casos de sinergia, un escenario que ha sido poco estudiado a nivel científico. Cuando esta práctica se vuelve intensiva

y constante, podría generar resistencia a las plagas y los alimentos podrían contener exceso de residuos químicos.

Como meta a largo plazo, se ha hablado de reemplazar este actual modelo agroindustrial por un modelo agroecológico, que busca complementar la vegetación con los animales y donde el suelo es la clave para tratar los problemas de malezas, plagas o parásitos en las plantas. Es un sistema considerado más complicado que el agroindustrial y con buenos resultados en las diferentes experiencias en América, Asia, África y Europa, donde el enfoque va mucho más allá de la no utilización de agroquímicos tóxicos, sino que busca un uso sustentable de todos los recursos disponibles del ecosistema para que colaboren por el fin de lograr una producción óptima, sin dejar de lado el cuidado del medioambiente (Lombardi, 2014). Esta situación fue estudiada por uno de los mayores ensayos de biodiversidad en el mundo, el “Experimento de Jena” comenzó el año 2002 por el profesor Wolfgang Weisser y cuyo análisis duró 15 años (véase Figura 23), concluyendo el mayor rendimiento de los policultivos por sobre los monocultivos.



**FIGURA 23. Rendimiento de la biodiversidad sobre la agricultura intensiva**

Este experimento concluyó que los sectores ricos en especies (lado derecho), tuvieron efectos cada vez más positivos en el tiempo, aumentando el almacenamiento de carbono y la frecuencia de interacciones recíprocas como la polinización. Mientras que los monocultivos (lado izquierdo) resultó con una menor productividad y pérdida de especies.

*Fuente: Weisser et al., 2017*

En la provincia de Petorca, los monocultivos se han extendido en toda la zona, donde como ya se mencionó, sus principales características residen en el amplio e intensivo uso de agroquímicos tóxicos y el alto consumo del recurso hídrico que ha generado la sequía de ríos y sus afluentes. Según la organización RAP-AL, durante los meses de octubre y diciembre es el periodo de mayor cantidad de aplicaciones aéreas y terrestres de plaguicidas y, por ende, la mayor cantidad de denuncias por mortandad de abejas (Rozas, 2019). Es especialmente previo a estos periodos donde se debe enfatizar y potenciar tanto las capacitaciones hacia los trabajadores agrícolas como las fiscalizaciones en terreno, en conjunto con un marco regulatorio que debe actuar como protector del medio ambiente mediante la prohibición o regulación de agroquímicos altamente tóxicos para la biota.

Se debe trabajar de forma urgente en la creación de estudios y metodologías que analicen el riesgo ambiental que generan las actividades de una industria a los distintos recursos del medio, no sólo para aquellos con un valor económico para un rubro, sino que también para aquellos con un valor ecológico, como ocurre con la apicultura y las abejas melíferas, que entregan importantes servicios ecosistémicos. Esto con el propósito de crear futuras políticas y ejecutar planes y/o programas que tomen medidas de protección para el medioambiente y se ajusten a parámetros internacionales, de esta forma se progresará en el camino de proteger en un derecho fundamental de todos, que es vivir en un medio ambiente libre de contaminación

## CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

Se analizó el riesgo ambiental que existe para el rubro de la apicultura en la localidad de La Mora, perteneciente al sector agrícola de la comuna de Cabildo, debido a la aplicación de agroquímicos en monocultivos de paltos y cítricos, mediante la metodología elaborada por *Delgado (2007)*, que se adaptó y ejecutó con el propósito de evaluar esta actividad agrícola y su afectación tanto para el rubro apícola como para su fuente de trabajo: las abejas melíferas.

Se caracterizó el sector de Fundo El Guindo, que cuenta con la presencia de monocultivos de paltos y cítricos (limones) y donde se realizan servicios de polinización por parte de los apicultores, en esta zona continuamente se aplican tres agroquímicos principales: Lorsban 4E (ingrediente activo: clorpirifós), Vertimec 018 EC (ingrediente activo: abamectina) y Sunny 5 SC (ingrediente activo: uniconazole).

Se calculó el Índice de Consecuencias Ambientales para los escenarios que comprendían los tres ingredientes activos analizados, donde se consideró la peligrosidad de cada uno (se destaca la alta toxicidad del clorpirifós y la abamectina por sobre el uniconazole), la cantidad de sustancia aplicada en el área y las características ecológicas y socioeconómicas del sector. Respecto a la Probabilidad de Ocurrencia de un eventual escenario de riesgo ambiental y ante la falta de estadísticas al respecto, se consideró frecuencia anual de aplicaciones y datos sobre las intoxicaciones agudas anuales en la población provocadas por plaguicidas de diversas clasificaciones toxicológicas, teniendo en cuenta que las características estenoicas de las abejas melíferas aumentan la probabilidad de riesgo ambiental para ellas.

Finalmente, esto condujo a que la determinación del riesgo ambiental situara a todos los escenarios analizados en la región correspondiente a “**riesgo elevado**”, diferenciándose únicamente por sus valores individuales del ICA y donde se destaca el escenario A3 (correspondiente a la aplicación terrestre de abamectina en cultivos de paltos) como el de mayor riesgo ambiental, con un ICA de 15,4 puntos, seguido por el escenario A5 (aplicación terrestre de abamectina en cítricos) y los escenarios A1 y A2 (aplicación terrestre de clorpirifós en ambos cultivos); este resultado se vio fuertemente influenciado por la peligrosidad del ingredientes activo, la cantidad de sustancia implicada y su alta toxicidad para las abejas melíferas.

La metodología de *Delgado (2007)* no comprende todos los factores que podrían influir en un escenario de riesgo ambiental, por lo que se destaca la urgencia de priorizar la creación de estudios y/o metodologías que analicen el riesgo ambiental de forma adecuada y que se transformen en un instrumento base para la futura creación e implementación de medidas de protección ambiental en zonas impactadas la agroindustria, donde la aplicación intensiva de agroquímicos altamente peligrosos para el medio ambiente y para los polinizadores es capaz de generar un escenario de elevado riesgo ambiental para la apicultura y las abejas melíferas, cuya importancia no es sólo socioeconómica, sino que también ecológica.

## CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA

- Aburto, A., Rengifo, J. (2016) *Fiscalización de uso de plaguicidas*. División de Protección Agrícola y Forestal, Subdepartamento Viñas y vinos, Inocuidad y Biotecnología. Seminario Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas. SAG, Ministerio de Agricultura.
- ACODIHUE - Asociación de Cooperación al Desarrollo Integral de Huehuetenango (2014). *Manual de Apicultura. Anatomía y Fisiología de la Abeja*. Huehuetenango, Guatemala.
- Aljedani, D. (2017). *Effects of abamectin and deltamethrin to the foragers honeybee workers of Apis mellifera jemenatica (Hymenoptera: Apidae) under laboratory conditions*. Saudi Journal of Biological Sciences 24 (2017) – 1007 – 1015.
- ANLA (2016). *Dictamen técnico ambientales para el producto formulado SUNNY 5 SC, a partir del ingrediente activo grado técnico Uniconazole-P*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, Resolución N°01492, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, República de Colombia.
- Aparicio, V., De Gerónimo, E., Hernández, K., Pérez, D., Portocarrero, R., Vidal, C. (2015). *Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente*. INTA Ediciones. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
- Arregui, M., Sánchez, D., Grenón, D. (2009). *Tablero de comando sobre riesgo de contaminación ambiental por plaguicidas*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral.
- Barrera, D. (2018) *Apicultura Chilena: actualización de mercado y estadísticas sectoriales*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura.
- Barrientos, M. (2008). *Antecedentes Físicos – geográficos, comuna de Cabildo*. Disponible en: <[sites.google.com/site/comunacabildo/antecedentes-geograficos/antecedentes-fisicos-geograficos](https://sites.google.com/site/comunacabildo/antecedentes-geograficos/antecedentes-fisicos-geograficos)>.
- Balsebre, A. (2018). *Determinación de pesticidas organofosforados, halogenados y neonicotinoides, en abejas de apiarios de la V y VI región de Chile*. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile.

- BBC Mundo (2018). *La polémica batalla que las abejas le ganaron a los insecticidas (y por qué esto enfurece a algunos agricultores)*. British Broadcasting Corporation. Disponible en: < <https://www.bbc.com/mundo/noticias-43927698>>
- Bertrand, M. (2017). *Reguladores de crecimiento en nogales de alta productividad*. Redagrícola Chile. Disponible en: <<http://www.redagricola.com/cl/reguladores-crecimiento-nogales-alta-productividad/>>
- Biblioteca del Congreso Nacional. (2010). *Mapa Distrito 10 – Región de Valparaíso*. Sistema Integrado de Información Territorial y Asesoría Parlamentaria BCN. Disponible en: <[https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/7961/1/84363\\_DISTRITO\\_10.pdf](https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/7961/1/84363_DISTRITO_10.pdf)>
- Bolados, P. (2018). *Informe preliminar sobre conflictos socioambientales de la región de Valparaíso: la zona de sacrificio de Puchuncaví y Quintero y la usurpación de aguas en Petorca*.
- Botías, C., Sánchez-Bayo, F. (2017). *Papel de los plaguicidas en la pérdida de polinizadores*. Revista científica de ecología y medioambiente ECOSISTEMAS 27 (2): 34 – 41.
- Cid, R. (2014). *Aplicación eficiente de fitosanitarios*. Capítulo 2 “plaguicidas químicos, composición y formulaciones, etiquetado, clasificación toxicológica, residuos y métodos de aplicación”. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Gobierno de la República de Argentina
- Cruzat, R. & Baasch, V. (2009). *Resultados y lecciones en productos en base a aceites esenciales microencapsulados para el control del ácaro Varroa*. Proyecto de Innovación en la Región del Maule. Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario, Fundación para la Innovación Agraria y AQUAVITA Consultores, Ministerio de Agricultura.
- Decreto N°5 (2010). *Reglamento sobre aplicación aérea de plaguicidas*. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.
- Decreto N°158 (2015). *Aprueba el reglamento sobre condiciones para la seguridad sanitaria de las personas en la aplicación terrestre de plaguicidas agrícolas*. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.

- De Frutos, E. (2014). *Las abejas. Educación Infantil*. Disponible en: <<https://es.slideshare.net/edefrutossanz/las-abejas-34458767>>
- Del Puerto Rodríguez, A., Suárez, S., Palacio, D. (2014). *Efectos de los Plaguicidas sobre el ambiente y la salud*. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología 52 (3): 373 – 387.
- DGA (2004). *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad*. Cuenca La Ligua. Cade-Idepe, Consultores en Ingeniería & Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.
- Díaz, N. (2019). *Decretan Zona de Catástrofe por sequía para las comunas continentales de la región de Valparaíso*. Radio Biobío Chile. Disponible en: <<https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-valparaiso/2019/09/16/decretan-zona-de-catastrofe-por-sequia-para-las-comunas-continentales-de-la-region-de-valparaiso.shtml>>
- EFEverde (2016). *Greenpeace denuncia la muerte de cientos de miles de abejas por plaguicidas*. RTVE.es. Disponible en: <<http://www.rtve.es/noticias/20160216/greenpeace-denuncia-muerte-cientos-miles-abejas-plaguicidas/1302572.shtml>>
- El Mostrador (2017). *Masiva muerte de abejas moviliza a apicultores contra actual Ley Apícola*. Disponible en: <https://m.elmostrador.cl/noticias/pais/2017/08/08/masiva-muerte-de-abejas-moviliza-a-apicultores-contra-actual-ley-apicola/>
- EPA & Health Canada (2014). *Guía de Evaluación de Riesgos de Plaguicidas para las Abejas*. Oficina de Programas de Plaguicidas, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Agencia de Manejo de Plagas, Health Canada, Departamento de Regulación de Plaguicidas de California, Sacramento, CA.
- Esquivel-Valenzuela, B., Cueto-Wong, J.A., Valdez – Cepeda, R., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R., Pérez-Veyna, O. (2019). *Prácticas de manejo y análisis de riesgo por el uso de plaguicidas en la Comarca Lagunera, México*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 35 (1): 25-33.
- Estay, P. (2012). *Abejas: Apis mellifera, Polinización según especie objetivo*. Boletín INIA N° 235. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, InnovaChile de CORFO. Santiago, Chile

- EuroLex. (2013). *Reglamento (UE) N° 485/2013, en lo relativo a las condiciones de aprobación de las sustancias activas clotianidina, tiametoxam e imidacloprid, y prohibición del uso y la venta de semillas tratadas con productos fitosanitarios que las contengan*. Disponible en: <<http://bcn.cl/24gb1>>
- Exttoxnet, (1994). *Extension toxicology network: Abamectin*. Disponible en: <[pmep.cce.cornell.edu/profiles/exttoxnet/24d-captan/abamectin-ext.html#6](http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/exttoxnet/24d-captan/abamectin-ext.html#6)>
- FAO (2002a). *Guía sobre buenas prácticas para la aplicación aérea de plaguicidas*. Organización de las Naciones Unidas. Roma, Italia. Disponible en: <<http://www.fao.org/3/Y2766S/Y2766S00.htm#4.1>>
- FAO (2002b). *Guía sobre buenas prácticas para la aplicación terrestre de plaguicidas*. Organización de las Naciones Unidas. Roma, Italia. Disponible en: <<http://www.fao.org/3/Y2767S/Y2767S00.htm>>
- FAO (2014). *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y El Caribe*. Organización de las Naciones Unidas, Santiago, Chile.
- FAO, (2017). *Identificación de cultivos de importancia económica impactados por la zoopolinización en Chile*. Organización de las Naciones Unidas
- FIA – Fundación para la Innovación Agraria (2016). *Agenda de Innovación Agraria: Apicultura*. Ministerio de Agricultura.
- Fraunhofer Chile (2014). *Polinización y Agricultura Sustentable*. Centro de Biotecnología de Sistema, división Agricultura. Chile. Pp. 7-20.
- Fraunhofer Chile (2019). *Cinco estrategias para reducir el impacto de la crisis hídrica sobre las abejas melíferas*. Red Agrícola Chile. Disponible en: <<http://www.redagricola.com/cl/estrategias-reducir-impacto-crisis-hidrica-las-abejas/>>.
- García, M. (2019) *La UE prohibirá en 2020 el pesticida más usado en España por su peligro para la salud*. Diario El Confidencial. Disponible en: <[https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-06-17/pesticia-agricultura-espana-peligro-ue-prohibicion\\_2073403/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-06-17/pesticia-agricultura-espana-peligro-ue-prohibicion_2073403/)>
- García, M., Ríos, L., Del Castillo, J. (2016). *La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura*. IDESIA Chile, Volumen 34, N°3.

- García, P., Candía, J., Salgado, J., Tapia, G. & Lillo, A. (2017) *Informe técnico “Inventario Nacional de Acuíferos”*. División de Estudios y Planificación, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.
- García, M., & Dahllöf, S. (2019) *Clorpirifós: uno de los pesticidas más peligrosos lo tienes en tu plato y en tu cuerpo*. Diario El Confidencial. Disponible en: < [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-06-17/pesticida-clorpirifos-peligro-salud-medio-ambiente\\_2069944/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-06-17/pesticida-clorpirifos-peligro-salud-medio-ambiente_2069944/)>
- González, C. (2018a). *Herbario, guías de reconocimiento especies de flora representativa*. Gerencia de asuntos externos y sustentabilidad. Minera Los Pelambres, Antofagasta Minerals.
- González, P. (2018b). *Efectos de los Neonicotinoides en las Abejas y Regulaciones de la Unión Europea, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y Chile*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, pp. 1-5
- Guzmán-Plazola, P., Guevara-Gutiérrez, R., Olguín-López, J., Mancilla-Villa, O. (2016) *Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos*. IDESIA (Chile) Volumen 34, N°3, pp. 69-80
- Health Canada (2013). *Protecting Pollinators during pesticide spraying. Best Management Practices*. Gobierno de Canadá. Disponible en: < <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/reports-publications/pesticides-pest-management/fact-sheets-other-resources/pollinator-treated-seed/pesticide-spraying.html>>
- Heusser, N. (2017) *Así está la guerra en los campos por la muerte de abejas*. Diario digital La Hora. Disponible en: < <http://www.lahora.cl/2017/12/asi-esta-la-guerra-los-campos-la-muerte-las-abejas/>>
- Ibacache, A (2006). *Evaluación de cuatro tratamientos alternativos con el control de Varroa destructor Anderson y Trueman en Apis mellifera L. en la zona de Valparaíso*. Facultad de Agronomía, Fundación Isabel Caces de Brown, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Intendencia de Valparaíso (2019). *Presidente de la República decreta zona de catástrofe por sequía a todas las comunas continentales de la Región de Valparaíso*. Disponible en: < <http://www.intendenciavalparaiso.gov.cl/noticias/presidente-de-la-republica->

decreta-zona-de-catastrofe-por-sequia-a-todas-las-comunas-continentales-de-la-region-de-valparaiso/>

- Inventario nacional de especies de Chile (2009). *Porliera chilensis* (I.M. Johnst.) Ministerio de Medio Ambiente. Disponible en : <[http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha\\_indepen.aspx?EspecieId=262](http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha_indepen.aspx?EspecieId=262)>
- IUCN, (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2019-2. Disponible en: <<http://www.iucnredlist.org>>
- Jalea Real (2014). Abejas: organización y castas. Disponible en: <<https://jaleaymiel.wordpress.com/2014/05/01/61/>>
- Johnson, R., Dahlgren, L., Siegfried, B. & Ellis, M. (2013). *Acaricide, Fungicide and Drug Interactions in Honey Bees (Apis mellifera)*. PLoS One 8 (1). Disponible en: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3558502/>>
- Kamler, F., Titera, D., Piskulova, K., Hajlova, J., & Mastovka, K. (2003). *Intoxication of honeybees on chemical treated Winter rape: problema of its verification*. Bulletin of Insectology, 56, 125 – 130.
- Kulczycki, C., Navarro, R., Turaglio, E., Becerra, V., Sosa, A. (2012). *Cinética de degradación y persistencia de clorpirifós en mandarinas y naranjas del Noreste argentino (NEA)*. RIA, Vol. 38, N°3. 282 – 288.
- La Diaria (2017). *Mala aplicación de insecticida provocó la muerte de abejas en 1.200 colmenas*. Disponible en: <[ladiaria.com.uy/articulo/2017/8/mala-aplicacion-de-insecticida-provoco-la-muerte-de-abejas-en-1200-colmenas/](http://ladiaria.com.uy/articulo/2017/8/mala-aplicacion-de-insecticida-provoco-la-muerte-de-abejas-en-1200-colmenas/)>
- La Tercera (2019). *El impacto medioambiental que esconde la producción de paltas*. Diario La Tercera. Disponible en: <<https://www.latercera.com/tendencias/noticia/impacto-medioambiental-esconde-la-produccion-paltas/505774/#>>
- Lizama Nuñez, M. (2018). *Propuesta de desarrollo de medidas para la implementación de un plan de seguridad y salud ocupacional en una empresa química: un caso de estudio con enfoque químico ambiental*. Disponible en: <<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152183>>
- Lombardi, V (2014). *La agroecología como alternativa al monocultivo*. Agencia TSS,

Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <<http://www.unsam.edu.ar/tss/la-agroecologia-como-alternativa-al-monocultivo/>>

- Maeso, D., Núñez, S. (2015). *Avances en la evaluación del impacto de los plaguicidas en aguas de escurrimiento superficial, con énfasis en producciones intensivas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Uruguay.
- Manzur, M. (2017). *Proyecto de ley que regula la actividad apícola*. Chile Sustentable.
- Martín, F (2006). *Evaluación de la aplicación estival de Apilife Var en el control de Varroa destructor Anderson y Trueman, ectoparásito de Apis mellifera L*. Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Martín-Culma, N., Arenas-Suárez, N. (2018). *Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola*. Entramado Enero – Junio, 2018, vol.14 No.1, p. 232-240.
- Mena, F., Gardiazabal, F. Magdahl, C., Whiley, A.W., Cantuarias, T., Wilhelmy, C., González, F. (2003). *Efecto del Uniconazole-P (SUNNY) sobre el crecimiento y productividad de paltos cv. Hass en Chile*. Proceedings V World Avocado Congress, pp. 267 – 272.
- MINSAL (2019). *Vigilancia nacional de intoxicaciones aguas por plaguicidas – REVEP*. Departamento de Epidemiología, División Planificación Sanitaria, Subsecretaría de Salud Pública, Ministerio de Salud. Disponible en: <<https://www.senado.cl/>>
- Montalvo, Y., Luque, J. (2010). *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. Dirección General de Calidad Ambiental, Ministerio del Ambiente. Lima – Perú.
- Montenegro, G. (2016) *Manual apícola*, Instituto de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Agricultura & Universidad Católica de Chile.
- Montico, S., Di Leo, N. (2015). *Riesgo ambiental por pesticidas en una cuenca del sur de la provincia de Santa Fe, Argentina*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 21 (2): 165 – 172.
- Muñoz, E. (2017). *Efecto de fipronil en núcleos de abejas*. Tesis para optar al grado de Magíster en ciencias Agronómicas con mención Producción y Protección Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción.

- Nomade consultores (2015). *Plan regulador intercomunal Valparaíso, satélite Petorca-Cabildo*. Informe ambiental, 3ra. Versión. Secretaría Regional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Pacheco, R., Barbona, E. (2017). *Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas*. INTA Ediciones, 1ra edición, Ministerio de Agroindustria, Argentina
- Pladeco Cabildo (2015). *Plan de Desarrollo Comunal Comuna de Cabildo 2014-2020*, Ilustre Municipalidad de Cabildo y Gobierno Regional de Valparaíso.
- PRIV-SPC (2016). *Memoria explicativa del Plan Regulador Intercomunal de Valparaíso, Satélite Petorca-Cabildo*. Disponible en: <<https://pripetorcacabildo.files.wordpress.com/2016/02/memoria-ppriv-spc.pdf>>
- Quesada, A. (2019). *Los tratamientos fitosanitarios en cítricos y las abejas*. Asociación de Apicultores de Gran Canaria. Disponible en: <<http://apigranca.es/los-tratamientos-fitosanitarios-en-citricos-y-las-abejas>>
- Quezada, M. (2011). *Aspectos bioéticos en el control y aplicación de plaguicidas en Chile*. Acta Bioethica 17(1): 95-104
- Rainforest Alliance (2017). *Requisitos para la fumigación aérea*. Versión 1.1
- RAP-AL. (2017) *En Chile: pierden las abejas y ganan Monsanto/Bayer y Syngenta*. Diario PiensaChile. Disponible en: <<http://piensachile.com/2017/05/pierden-las-abejas-ganan-monsantobayer-syngenta/>>
- Red Agrícola (2018). *El millonario negocio de la polinización*. Redagrícola Films. Disponible en: <<http://www.redagricola.com/cl/millonario-negocio-la-polinizacion/>>
- Retamal, B. Salinas, M. (2018) *Evaluación de los riesgos en la manipulación y aplicación de plaguicidas y pesticidas en sector agrícola, región de Valparaíso*. Trabajo de titulación para optar al título de técnico universitario en Prevención de Riesgos. Universidad Técnica Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera.
- Retamales, J. (2014) *Bases para efectos de las hormonas y reguladores de crecimiento en el cultivo de palto*. Seminario Internacional “Manejo del palto: herramientas para enfrentar nuevos desafíos”. Viña del Mar, Chile.
- Rojas-Fernández, J.A., Benítez-Díaz, P., Rivas-Rojas, E., Miranda-Contreras, L. (2019). *Residuos de Plaguicidas en suelos de uso agrícola y riesgo de exposición en la*

*microcuenca Los Zarzales, Municipio Rivas Dávila, Estado Mérida, Venezuela*. Revista Internacional de Contaminación ambiental 35 (2): 307 – 315.

- Romero, P. (2012). *Abeja melífera – Apis mellifera Linnaeus, 1758*. Animalandia, EducaMadrid. Disponible en: <<http://animalandia.educa.madrid.org/ficha.php?id=443>>
- Rozas, M. (2019). *Informe sobre la situación de los Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAP) en Chile*. Red de Acción en Plaguicidas RAP-Chile, primera edición.
- Rozas, M., Sepúlveda, L. (2017). *Sobre abejas y políticos: el caso del glifosato y neonicotinoides en Chile*. Oficina de Comunicaciones y Administración de RAP-AL, Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas en América Latina. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. Disponible en: <<http://olca.cl/articulo/nota.php?id=106939>>
- SAG. (2000). *Resolución Exenta N°2.195 que “Establece requisitos que deben cumplir las etiquetas de los envases de plaguicidas de uso agrícola”*. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola. Gobierno de Chile.
- SAG. (2012). *Informe de venta de plaguicidas de uso agrícola en Chile, año 2012*. División Protección Agrícola y Forestal
- SAG. (2014). *Lista de plaguicidas de uso agrícola restringidos en Chile*, última actualización: 01 de septiembre del 2014. Ministerio de Agricultura.
- SAG. (2017). *Lista de plaguicidas de uso agrícola prohibidos en Chile*. Última actualización: 07 de junio de 2017. Ministerio de Agricultura.
- SAG (2018). *Medicamentos veterinarios de uso agrícola registrados en el SAG*. Última modificación: 21 de Junio, 2018. Disponible en: <<http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/medicamentos-de-uso-apicola>>
- SAG (2019). *Lista de plaguicidas con autorización vigente*. Fecha de última actualización: 16 de septiembre, 2019.
- SEA (2018). *Of. Ord. D.E N°180972/2018. Imparte instrucciones en relación al concepto de “impacto ambiental” y “riesgo” en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Servicio de Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente.
- Sepúlveda, L. (2018). *Petición de AVAAZ: ¡A prohibir los neonicotinoides ya para salvar a las abejas!* Diario PiensaChile. Disponible en: <

<http://piensachile.com/2018/05/peticion-en-avaaz-a-prohibir-los-neonicotinoides-ya-para-salvar-las-abejas/>>

- Silva, D. Arcos, A & Gómez, J.A (2006) *Guía Ambiental Apícola*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C, Colombia, 142.
- Simó, E. (2002). *Las abejas de la miel y la polinización*. Abelles de Mel, Revista de difusión de la investigación Método 33 – Primavera 2002. Universidad de Valencia. Disponible en: < <https://metode.es/revista/abejas-de-miel>>
- Straub, L., Villamar-Souza, L., Bruckner, S., Chantawannakul, P., Gauthier, L., Khongphinitbunjong, K., Retsching, G., Troxler, A., Vidondo, B., Neumann, P., Williams, G. (2016). *Neonicotinoid insecticides can serve as inadvertent insect contraceptives*. Proceedings of the Royal Society B, Vol. 283. Disponible en: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2016.0506>>
- Subsecretaría de Telecomunicaciones. (2015). *La telefonía e internet ya son una realidad para los 300 vecinos de la localidad de La Mora*. Sala de Prensa. Disponible en: < <https://www.subtel.gob.cl/la-telefonía-e-internet-ya-son-una-realidad-para-los-300-vecinos-de-la-localidad-de-la-mora/>>
- Syngenta (2010). Polinizadores y paisajes multifuncionales. Polinización. Disponible en:< <https://polinizadores.com/polinizacion/>>
- Syngenta (2016). Etiqueta Vertimec 018 EC
- Torres, D., Capote, T. (2004). *Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental*. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente ECOSISTEMAS 13 (2): 2 – 6.
- Toxnet Database – Toxicology Data Network. National Institute of Health, Health & Human Services. U.S National Library of Medicine. Disponible en: < [toxnet.nlm.nih.gov/newtoxnet/index.html](http://toxnet.nlm.nih.gov/newtoxnet/index.html)>
- Traynor, K., Pettis, J., Tarpy, D., Mullin, C., Frazier, J., Frazier, M., VanEngelsdorp, D. (2016) *In-hive Pesticide exposome: assessing risks to migratory honey bees from in-hive pesticide contamination in the Eastern United States*. Scientific Reports 6.
- Tsvetkov, N., Robert, S. Sood, K., Patel, H.S., Malena, D., Gajiwala, P., Maciukiewiez, P., Fournier, V., Zayed, A. (2017). *Chronic exposure to*

- neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops*. Science 356 (6345).
- UTZ (2015). *Lista de plaguicidas prohibidos y lista de plaguicidas en vigilancia*. Versión 1.0, Departamento de Estándares y Certificación de Ruyterkade 6 bg. Amsterdam, Holanda.
  - Watts, M. (2012) *Clorpirifos: un posible COP a nivel global*. Pesticide Action Network Norteamérica (PANNA), traducido por Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina, Chile.
  - Weisser, W., Roscher, C., Meyer, S., Ebeling, A., Luo, G., Allan, E., Bebler, H., Barnard, R., Buchmann, N., Buscot, F., Engels, C., Fischer, C., Fischer, M., Gessler, A., Gleixner, G., Halle, S., Hildebrandt, A., Hillebrand, H., Eisenhauer, N. (2017). *Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-years grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions*. Basic and Applied Ecology Volume 23, pages 1 – 73.
  - Williams, G., Troxler, A., Retsching, G., Roth, K., Yañez, O., Shutler, D., Neumann, P., Gauthier, L. (2016). *Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens*. Nature Scientific Reports.
  - Williamson, S.M., Moffat, C., Gomersall, M.A., Saranzewa, N., Connolly, C.N., & Wright, G. A. (2013). *Exposure to acetylcholinesterase inhibitors alters the physiology and motor function of honeybees*. Frontiers in physiology, 4.
  - Zarco, J. (2014). *De las abejas reinas y obreras: más allá de la identidad genética*. Cienciorama. Universidad Nacional Autónoma de México
  - Zhu, Y.C., Adamczyk, J., Rinderer, T., Yao, J., Danka, R., Luttrell, R., Gore, J. (2015). *Spray toxicity and risk potential of 42 commonly used formulations of row crop pesticides to adult honey bees (Hymenoptera: Apidae)*. J. Econ. Entomol. 108 (6): 2640 – 2647.

## CAPÍTULO 10: ANEXOS

**ANEXO A.** Indicadores según PAN Internacional para identificar si un plaguicida es altamente peligroso, según diversos criterios y fuentes.

CRITERIO	INDICADOR
Toxicidad aguda Alta	“Extremadamente peligrosos” (Clase Ia) según lo recomendado por la OMS
	“Altamente peligrosos” (Clase Ib) según la OMS
	“Mortal si se inhala” (H330) según Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA)
Efecto tóxico a largo plazo	Carcinógeno para el ser humano según IARC, la US EPA o “carcinógeno o supuesto carcinógeno humano” (categoría 1) según SGA
	“Probable/posible carcinógeno en humanos”, según IARC, US EPA
	“Sustancias de las que se sabe que inducen mutaciones hereditarias en las células germinales de seres humanos o que se consideran como si las indujeran” (categoría 1) según SGA
	“Sustancias de las que se sabe o se supone que son tóxicas para la reproducción humana” (categoría 1), según SGA
Perturbación Endocrina	“Sustancia de la que se sospecha que es tóxica a la reproducción humana” (categoría 2) y “sospechoso de ser carcinógeno humano” (categoría 2) según el SGA.
	Potencial de alteración endocrina según Categoría 1 de la Unión Europea (UE)
De alta preocupación ambiental	Plaguicidas incluidos en los anexos A y B del Convenio de Estocolmo o “Agotan la capa de ozono” según el Protocolo de Montreal
De alta preocupación ambiental – donde se cumplen dos de los tres criterios	P = Vida media “muy persistente” > 60 días en aguas marinas – o agua dulce, o vida media > 180 días en el suelo (vida media “típica”), sedimentos marinos o de agua dulce (indicadores y umbrales conforme al Convenio de Estocolmo).
	B = “Muy bioacumulable” (BCF > 5000) o Kow log P > 5 (los datos BCF sustituyen los datos Kow log P (Indicadores y umbrales conforme al Convenio de Estocolmo)
	T = “Muy tóxico” para los organismos acuáticos (CL/CE <sub>50</sub> [48h] para <i>Daphnia magna</i> spp, < 01 [mg/l])
Peligroso para los servicios de los ecosistemas	“Altamente tóxico para las abejas” según la US EPA DL <sub>50</sub> < 2 [µg/abeja]

Conocido por causar una alta incidencia de efectos adversos graves o irreversibles	Plaguicidas incluidos en la lista del Anexo III del Convenio de Rotterdam
--	---

*Fuente: Rozas, 2019*

**ANEXO B.** Puntuación de los parámetros correspondientes al sub-factor “La peligrosidad de la sustancia”, según la metodología de *Delgado (2007)*.

<b>1. TOXICIDAD</b>		
<b>SEGÚN VALORES TOXICOLÓGICOS</b>		
<b>Toxicidad Aguda CL<sub>50</sub> ó CE<sub>50</sub> [mg/L]</b>	<b>Toxicidad Aguda DL<sub>50</sub> [mg/kg]</b>	<b>Puntuación</b>
< 1	< 5	10
1 – 6	5 – 50	8
6 – 30	50 – 500	6
30 – 200	500 – 5.000	4
200 – 1.000	5.000 – 15.000	2
> 1.000	> 15.000	1
<b>SEGÚN PICTOGRAMA DE LA SUSTANCIA</b>		
<b>Toxicidad</b>	<b>Puntuación</b>	
Muy tóxico	10	
Tóxico	6	
Nocivo	3	
Irritante, corrosivo	1	
<b>2. VOLATILIDAD</b>		
<b>Log H</b>	<b>Puntuación</b>	
Log H < - 3	5	
-3 ≤ Log H < -1	4	
-1 ≤ Log H < 1	3	
1 ≤ Log H < 2	2	
Log H ≥ 2	1	
<b>3. BIOCONCENTRACIÓN</b>		
<b>Log BCF</b>	<b>Puntuación</b>	
Log BCF > 2	2	
1 < Log BCF ≤ 2	1	
Log BCF ≤ 1	0	

4. ADSORCIÓN	
Log K <sub>ow</sub>	Puntuación
K <sub>ow</sub> > 2	2
1 < K <sub>ow</sub> ≤ 2	1
K <sub>ow</sub> ≤ 1	0
5. BIODEGRADACIÓN	
BD	Puntuación
BD < 2 (Meses o periodos mayores)	2
2 ≤ BD < 2,5 (meses/semanas)	1,5
2,5 ≤ BD < 3,5 (semanas/días)	1
3,5 ≤ BD < 4,5 (días/horas)	0,5
BD ≥ 4,5 (horas)	0
6. SINERGIA	
Sinergia	Puntuación
Mezcla de sustancias sinérgicas	3
Mezcla de sustancias no sinérgicas	2
Sustancia pura	0
<b>SUB-FACTOR “PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA”</b> <b>PUNTUACIÓN 2 - 24</b> <b>FACTOR DE ESTANDARIZACIÓN: 1.2</b> <b>PUNTUACIÓN ESTANDARIZADA: 1.7 – 20</b>	

**ANEXO C.** Puntuación según “la cantidad de dicha sustancia” (en unidades de kilogramo) y los datos correspondientes a las densidades de los ingredientes activos analizados y los cambios de unidades utilizados en la conversión.

CANTIDAD DE SUSTANCIA (kg)	Puntuación
> 500	10
250 – 500	8
100 – 250	7
50 – 100	5
5 – 50	3
0,5 – 5	2
< 0,5	1

## OTROS DATOS:

Densidades de los ingredientes activos:

- Lorsban 4E (Clorpirifós) = 1,076 [g/ml]
- Vertimec 018 EC (Abamectina) = 0,96 [g/ml]
- Sunny 5 SC (Uniconazole) = 1,041 [g/ml]

Conversión de unidades:

- 1 [hL] = 100 [L]
- 1 [L] = 1000 [ml]
- 1 [Tm] = 1000 [kg]
- 1 [kg] = 1000 [mg]

**ANEXO D.** Puntuación correspondiente al sub-factor de “área afectada”, según la metodología de Delgado (2007).

MEDIO TERRESTRE Y ACUÍFEROS [ha]	CORRIENTES SUPERFICIALES [Km]	MEDIO ACUÁTICO [ha]	PUNTUACIÓN
≥ 10	≥ 10	≥ 2	10
6 – 10	6 – 10	1,5 – 2	9
4 – 6	4 – 6	1,3 – 1,5	7
2,5 – 4	2,5 – 4	1,2 – 1,3	5
1 – 2,5	1 – 2,5	1 – 1,2	3
< 1	< 1	< 1	1

Corrientes superficiales: corresponde a ríos, canales, riachuelos, entre otros.

Medio acuático: corresponde a lagos, estanques, deltas, estuarios, zonas marítimas costeras.

**ANEXO E.** Puntuación para el sub-factor “Vulnerabilidad Ecológica”, que considera el tipo de entorno afectado y la categoría de conservación de las especies, según la metodología de *Delgado (2007)*.

<b>VULNERABILIDAD ECOLÓGICA</b>	
<b>TIPO DE ENTORNO AFECTADO</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Parque Nacional. Humedal RAMSAR Lugar de Interés Comunitario. Zona de protección de aves	10
Reserva Natural. Reserva Natural Especial	9
Reserva de la Biosfera. Parque Natural. Parque regional, parque rural	8
Monumento natural. Enclave natural. Árbol singular	7
Paisaje protegido. Paraje natural, pintoresco, de interés nacional. Sitio de interés científico. Biotopo protegido	6
Refugio de fauna, microrreserva. Área natural recreativa. Corredor ecológico y de biodiversidad. Otra figura de protección no contemplada	5
Tierras cultivadas o viveros	4
Jardines o parques	3
Suburbano: baja densidad de edificios. Superficies acuáticas altamente artificiales	2
Urbano: edificios en ciudades o pueblos Industrial: emplazamientos industriales e industrias extractivas Redes de transporte y otras áreas alfartadas Depósitos de basura y vertederos	1
<b>CATEGORÍA DE PROTECCIÓN DE LAS ESPECIES</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
En peligro de extinción	5
Sensibles a la alteración de su hábitat	4
Vulnerables	3
De interés especial / Preocupación menor	2
Sin categoría de protección	1

**ANEXO F.** Puntuación para el sub-factor “Vulnerabilidad Socioeconómica”, que considera otras actividades económicas presentes, recursos naturales e infraestructuras, población afectada y población sensible, según la metodología de *Delgado (2007)*.

<b>VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA</b>	
<b>OTRAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Agricultura, ganadería, caza y/o pesca	+ 1,5
Industrias y comercios agroalimentarios	+ 1,5
Otras industrias y comercios	+ 1
No existen industrias ni comercios	0
<b>RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURAS</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Suministros de agua	+ 0,5
Redes de transporte	+ 0,5
Suministro y transporte de energía	+ 0,5
Infraestructura de telecomunicaciones	+ 0,5
Sistemas de almacenamiento y recogida de residuos	+ 0,5
Viviendas situadas fuera del establecimiento dañadas e inutilizables a causa del accidente	+ 0,5
No existen recursos naturales ni infraestructuras	0
<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
> 1 muerte o > 100 personas afectadas	4
> 1 hospitalización superior a 24 h ó entre 25 a 100 personas afectadas	3
Entre 5 a 25 personas afectadas	2
< 5 personas afectadas	1
<b>POBLACIÓN SENSIBLE</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Hospitales	+1
Colegios y guarderías	+1
Asilos y centros de la tercera edad	+1
Polideportivos	+1
No existe población sensible	0

**ANEXO G.** Puntuaciones para el factor “Probabilidad de Ocurrencia/Frecuencia del escenario”, según la metodología de *Delgado (2007)*.

PROBABILIDAD/FRECUENCIA	PUNTUACIÓN
Entre una vez al año y una vez cada 5 años	5
Entre una vez cada 5 años y una vez cada 25 años	4
Entre una vez cada 25 años y una vez cada 50 años	3
Entre una vez cada 50 años y una vez cada 100 años	2
Entre una vez cada 100 años y una vez cada 500 años	1

**ANEXO H.** Listado de especies nativas o endémicas según referencias bibliográficas de la zona de Cabildo junto a su respectivo nombre científico, familia, origen, estado de conservación y su puntuación correspondiente según la metodología de *Delgado (2007)*.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	ORIGEN	ESTADO DE CONSERVACIÓN	PUNTUACIÓN
<b>Quillay</b>	<i>Quillaja saponaria</i>	<i>Rosaceae</i>	Nativo	UICN: Preocupación menor (LC)**	2
<b>Boldo</b>	<i>Peumus boldus</i>	<i>Monimiaceae</i>	Nativo	UICN: Preocupación menor (LC)**	2
<b>Peumo</b>	<i>Criptocaria alba</i>	<i>Lauraceae</i>	Endémico	UICN: Preocupación menor (LC)**	2
<b>Molle</b>	<i>Schinus molle</i>	<i>Anacardiaceae</i>	Nativo	No indicado*	1
<b>Guayacán</b>	<i>Porlieria chilensis</i>	<i>Zygophyllaceae</i>	Endémico	RCE: Vulnerable***	3
<b>Litre</b>	<i>Lithrea caustica</i>	<i>Anacardiaceae</i>	Endémico	UICN: Preocupación menor (LC)**	2
<b>Adesmia</b>	<i>Adesmia arborea</i>	<i>Fabaceae</i>	Nativo	Sin información	1
<b>Espino</b>	<i>Acacia caven</i>	<i>Fabaceae</i>	Nativo	UICN: Preocupación menor (LC)**	2
<b>Tevo/Tebo</b>	<i>Retanilla trinervia</i>	<i>Rhamnaceae</i>	Nativo	No indicado*	1

<b>Romerillo</b>	<i>Baccharis linearis</i>	<i>Asteraceae</i>	Nativo	No indicado*	1
<b>Lilén, Maqui blanco</b>	<i>Azara petiolaris</i>	<i>Salicaceae</i>	Endémica	UICN: Preocupación menor**	2
<b>Maravilla del campo</b>	<i>Fluorencia thurifera</i>	<i>Asteraceae</i>	Endémica	No indicado*	1
<b>Palqui</b>	<i>Cestrum palqui</i>	<i>Solanaceae</i>	Nativo	Fuera de peligro	1
<b>Quilo</b>	<i>Muelenbeckia hastulata</i>	<i>Polygonaceae</i>	Nativo	No indicado*	1
<b>Alfirerillo</b>	<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Geraniaceae</i>	Nativa	Fuera de peligro	1

Fuente: (\*) González, 2018a. (\*\*) UICN, 2019. (\*\*\*) Inventario Nacional de Especies en Chile, 2008

**ANEXO I.** Informe de ensayo N° CN17-1901 “Determinación de Avermectinas” para el sector de La Mora (entregado por la apicultora afectada durante agosto del año 2017).

INFORME DE ENSAYO N° CN17-1901			
Análisis Solicitado por			
Dirección			
Centro	No Aplica	Entidad Muestreadora	El Cliente
Código de Centro	No Aplica	Fecha Muestreo	No Indica
Atención a		Recibido	11/08/2017
Sol. Muestreo Cosecha	No Aplica	Inicio Análisis	24/08/2017
Especie	Abeja	Término Análisis	25/08/2017
Nro de Muestras	01	Jaula	No Aplica
Grupo	No Aplica		
Notas			
Contramuestras almacenada en COG - 006			
Ensayo I-CTS-LAB-326 Determinación de Avermectinas en Alimentos por LC-MS-MS			
Ingrediente Activo	Abamectina		
Identificación de Muestra	Resultado µg/Kg		
Abeja La Mora	21		

**ANEXO J.** Establecimientos que se encuentran por localidad en la comuna de Cabildo, según el Plan Regulador Intercomunal de Valparaíso, Satélite Petorca-Cabildo. Se especifica que en la localidad de La Mora existe una Escuela Básica y una Estación Médica Rural (E.M.R).

LOCALIDAD	EDUCACION					SALUD			SEGURIDAD			SERVICIOS Y OTROS									
	JARDIN INFANTIL O PARVULARIA	PARVULARIA BASICA	BASICA	BASICA Y MEDIA	MEDIA H.C. Y/O MEDIA T.P	EDUCACION DE ADULTO	EDUCACION ESPECIAL	PARVULARIA BASICA Y MEDIA	HOSPITAL NIVEL PRIMARIO	CONSULTORIO	POSTA DE SALUD RURAL	CEMENTERIO	TENENCIA O RETEN	CARCEL	BOMBEROS	REGISTRO CIVIL	CORREO	BANCO	BIBLIOTECA	ESTACIONES DE SERVICIO	HOSPEDAJES RESIDENCIALES
CABILDO	5	3	2	1	3(*)	2		1		1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	4	7
ARTIFICIO		1								1											
LOS MOLINOS		1																			
SAN LORENZO		1								1											
LA VEGA		1												1							1
LA VIÑA		1								1											
BARTOLILLO		1																			
ALICAHUE			1						1	1	1										1
LA MORA			1																		
LAS PUERTAS			1							1											
GUAYACÁN			1																		
PEÑA BLANCA			1																		
EL INGENIO											1										

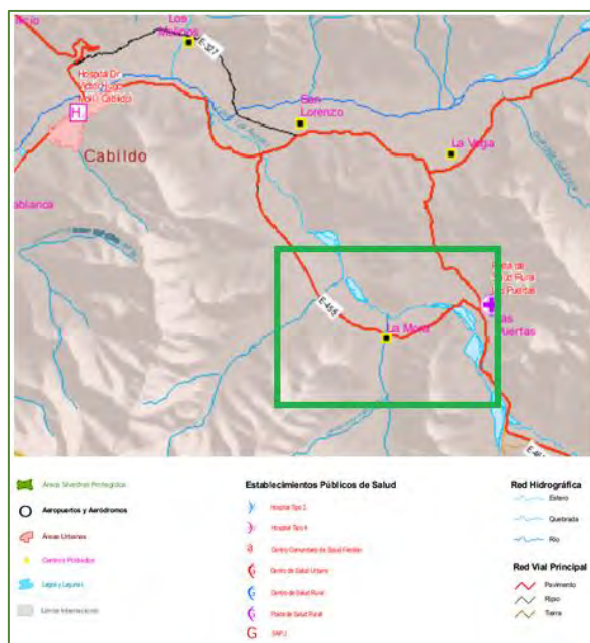
Fuente: Elaboración del estudio en base a datos de: PRIV-SPC, ARCADIS, 2007; www.emol.mapas; www.carabineros.cl; www.minsal.cl; www.mineduc.cl; informativos del departamento de turismo; trabajo de terreno y entrevistas con DOM y SECPLAC de las respectivas municipalidades. Año 2013

H-C: humanista y ciencias; T-P: técnica profesional (\*) incluye dos Liceo Técnicos Profesionales.

NOTA: Las localidades de Paihuén, Bartolillo, Los Molinos, San Lorenzo, La Mora y Guayacán, presentan el servicio de Estaciones Médicas Rurales (EMR).

Fuente: PRIV-SPC, 2016

**ANEXO K.** Extracto correspondiente al mapa del Distrito 10, Región de Valparaíso. Se logra visualizar en el enmarcado verde la localización de La Mora y la Ruta E-455, su principal red vial.



Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional, 2010.

**ANEXO L.** Detalles de las puntuaciones de cada parámetro en el cálculo del Índice de Consecuencias Ambientales para los siete escenarios analizados.

I.C.A Clorpirifós. Escenario A1 y A2.

FACTOR	SUB-FACT	PARÁMETROS	PUNTUACIÓN	S	NORMALIZ	N	PUNTUACIÓN	FINAL
FUENTES DE PELIGRO	Peligro de la sustancia	Toxicidad	8	1,2	15,0	3	5,00	14,8
		Volatilidad	5					
		Bioconcentración	2					
		Adsorción	2					
		Biodegradación	1					
	Sinergia	0						
Cantidad	Cantidad		-	7	4	1,75		
RECEPTORES	Área	Área	-	-	10	3	3,33	
	Vulnerabilidad	Tipo entorno	4	-	19	4	4,75	
		Categoría especies	3					
		Impacto actividades	3					
		RN e infraestructuras	3					
		Población afectada	4					
Población sensible	2							

I.C.A Abamectina. Escenario A3

FACTOR	SUB-FACT	PARÁMETROS	PUNTUACIÓN	S	NORMALIZ	N	PUNTUACIÓN	FINAL
FUENTES DE PELIGRO	Peligro de la sustancia	Toxicidad	10	1,2	16,7	3	5,56	15,4
		Volatilidad	5					
		Bioconcentración	2					
		Adsorción	2					
		Biodegradación	1					
	Sinergia	0						
Cantidad	Cantidad		-	7	4	1,75		
RECEPTORES	Área	Área	-	-	10	3	3,33	
	Vulnerabilidad	Tipo entorno	4	-	19	4	4,75	
		Categoría especies	3					
		Impacto actividades	3					
		RN e infraestructuras	3					
		Población afectada	4					
Población sensible	2							

I.C.A Abamectina. Escenario A4

FACTOR	SUB-FACT	PARÁMETROS	PUNTUACIÓN	S	NORMALIZ	N	PUNTUACIÓN	FINAL
FUENTES DE PELIGRO	Peligro de la sustancia	Toxicidad	10	1,2	16,7	3	5,56	14,1
		Volatilidad	5					
		Bioconcentración	2					
		Adsorción	2					
		Biodegradación	1					
	Sinergia	0						
Cantidad	Cantidad		-	2	4	0,50		
RECEPTORES	Área	Área	-	-	10	3	3,33	
	Vulnerabilidad	Tipo entorno	4	-	19	4	4,75	
		Categoría especies	3					
		Impacto actividades	3					
		RN e infraestructuras	3					
		Población afectada	4					
Población sensible	2							

I.C.A Abamectina. Escenario A5

FACTOR	SUB-FACT	PARÁMETROS	PUNTUACIÓN	S	NORMALIZ	N	PUNTUACIÓN	FINAL
FUENTES DE PELIGRO	Peligro de la sustancia	Toxicidad	10	1,2	16,7	3	5,56	14,9
		Volatilidad	5					
		Bioconcentración	2					
		Adsorción	2					
		Biodegradación	1					
	Sinergia	0						
Cantidad	Cantidad		-	5	4	1,25		
RECEPTORES	Área	Área	-	-	10	3	3,33	
	Vulnerabilidad	Tipo entorno	4	-	19	4	4,75	
		Categoría especies	3					
		Impacto actividades RN e infraestructuras	3					
		Población afectada	4					
		Población sensible	2					

I.C.A Uniconazole. Escenario A6

FACTOR	SUB-FACT	PARÁMETROS	PUNTUACIÓN	S	NORMALIZ	N	PUNTUACIÓN	FINAL
FUENTES DE PELIGRO	Peligro de la sustancia	Toxicidad	6	1,2	12,9	3	4,31	13,6
		Volatilidad	5					
		Bioconcentración	1					
		Adsorción	2					
		Biodegradación	1,5					
	Sinergia	0						
Cantidad	Cantidad		-	8	4	2,00		
RECEPTORES	Área	Área	-	-	10	3	3,33	
	Vulnerabilidad	Tipo entorno	4	-	16	4	4,00	
		Categoría especies	3					
		Impacto actividades RN e infraestructuras	3					
		Población afectada	1					
		Población sensible	2					

I.C.A Uniconazole. Escenario A7

FACTOR	SUB-FACT	PARÁMETROS	PUNTUACIÓN	S	NORMALIZ	N	PUNTUACIÓN	FINAL
FUENTES DE PELIGRO	Peligro de la sustancia	Toxicidad	6	1,2	12,9	3	4,31	14,1
		Volatilidad	5					
		Bioconcentración	1					
		Adsorción	2					
		Biodegradación	1,5					
	Sinergia	0						
Cantidad	Cantidad		-	10	4	2,50		
RECEPTORES	Área	Área	-	-	10	3	3,33	
	Vulnerabilidad	Tipo entorno	4	-	16	4	4,00	
		Categoría especies	3					
		Impacto actividades RN e infraestructuras	3					
		Población afectada	1					
		Población sensible	2					

ANEXO N. Estimación y caracterización de las propiedades físicas y químicas según el Manual del Programa EPI Suite 2012, de la EPA

➤ **SOLUBILIDAD EN EL AGUA**

<b>Interpreting Results – General Classifications</b>	
General classifications based on WS are:	
WS (mg/L)	Classification
> 10,000	Very soluble
> 1,000 - 10,000	Soluble
> 100 - 1,000	Moderate solubility
> 0.1 - 100	Slightly soluble
< 0.1	Negligible solubility

➤ **COEFICIENTE DE PARTICIÓN OCTANOL/AGUA**

<b>Interpreting Results</b>	
Log Kow or Log P tells the assessor if the chemical has an affinity for water or fats/lipids. The ranges of Log Kow are:	
< 1	Highly soluble in water (hydrophilic)
> 4	Not very soluble in water (hydrophobic)
> 8	Not readily bioavailable
> 10	Not bioavailable - difficult to measure experimentally
<b>Partitioning in Biota</b>	
Log Kow indicates how likely a chemical will be absorbed through biological membranes. General trends are given below:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liquids with a log Kow of 2-4 tend to absorb well through the skin.</li> <li>• Chemicals with a log Kow &gt; 4 tend to not absorb well.</li> <li>• Chemicals with a log Kow of 5-6 tend to bioconcentrate in the lipid portion of the membrane.</li> </ul>	

➤ **CONSTANTE DE HENRY**

The ranges of HLC values and the information they provide about the chemical are shown below.	
HLC value (atm·m <sup>3</sup> /mole)	Classification
> 10 <sup>-1</sup>	Very volatile from water
10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-3</sup>	Volatile from water
10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-5</sup>	Moderately volatile from water
10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-7</sup>	Slightly volatile from water
< 10 <sup>-7</sup>	Nonvolatile

➤ **COEFICIENTE DE ADSORCIÓN AL SUELO**

Log Koc	Adsorption Classifications
> 4.5	Very strong sorption to soil / sediment, negligible migration to ground water
3.5 - 4.4	Strong sorption to soil / sediment, negligible to slow migration to ground water
2.5 - 3.4	Moderate sorption to soil / sediment, slow migration to ground water
1.5 - 2.4	Low sorption to soil / sediment, moderate migration to ground water
< 1.5	Negligible sorption to soil / sediment, rapid migration to ground water

➤ **FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN**

**Interpreting BCF Results**

Chemicals with a high BCF are less water soluble and are expected to bioconcentrate in aquatic organisms. Conversely, low BCF indicates higher water solubility with

BCF	Log BCF	Classifications
> 5000	≥ 3.7	High bioconcentration potential
1000 - 5000	3	Moderate bioconcentration potential
< 1000	< 3	Low bioconcentration potential

➤ **OXIDACIÓN ATMOSFÉRICA**

**Interpreting Results**

Half-life	Classification
< 2 hours	Rapid
2 hrs – < 1 day	Moderate
1 – 10 days	Slow
>10 days	Negligible
> 2 days	Potential for long range transport in air

➤ **BIODEGRADACIÓN**

**BIOWIN RESULTS**

**Probability of Rapid Biodegradation** Biowin1 (linear) and Biowin2 (nonlinear)

For both: > 0.50 Likely to biodegrade rapidly  
< 0.50 Not likely to biodegrade rapidly

*Sample chemical results > 0.50 Likely to biodegrade rapidly*

**Expert Survey Biodegradation** Biowin3 (ultimate) and Biowin4 (primary)

Result Time Required for Biodegradation

>4.75 - 5 Hours  
>4.25 - 4.75 Hours - days  
>3.75 - 4.25 Days  
>3.25 - 3.75 Days - weeks  
>2.75 - 3.25 Weeks  
>2.25 - 2.75 Weeks - months  
>1.75 - 2.25 Months  
<1.75 Longer "recalcitrant"

*Sample chemical results Primary 3.7 = Days, Ultimate 2.8 = Weeks*

**MITI Biodegradation Probability:**

Biowin5 (MITI linear) and Biowin6 (MITI nonlinear)

For both: > 0.50 Likely to biodegrade rapidly  
< 0.50 Not likely to biodegrade rapidly

*Sample chemical results > 0.50 Likely to biodegrade rapidly*

**Anaerobic Biodegradation Probability**

Biowin7 (anaerobic biodegradation)

> 0.50 Likely to biodegrade rapidly  
< 0.50 Not likely to biodegrade rapidly

*Sample chemical results > 0.50 Likely to biodegrade rapidly*