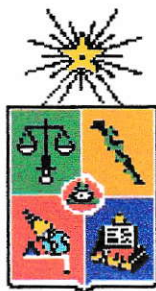


CH-FC  
2. AMB  
675  
.1

---

**ANÁLISIS TEÓRICO DE CONTAMINANTES DEL AGUA  
SUBTERRÁNEA POR FUENTES DIFUSAS DE ORIGEN  
AGRÍCOLA EN LA REGIÓN METROPOLITANA**

---



Seminario de Título  
entregado a la  
Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile  
en cumplimiento parcial de los requisitos  
para optar al Título de

**QUÍMICO AMBIENTAL  
PAOLA ANDREA COFRÉ CUEVAS**

Directores Seminario de Título: Dr. Fernando René Santibáñez Quezada  
Sr. Jaime Fernando Rovira Soto

Profesor Patrocinante: Dr. Fernando René Santibáñez Quezada

Santiago, Agosto de 2000



**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**INFORME DE APROBACION**  
**SEMINARIO DE TÍTULO**

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, que el Seminario de Título presentado por la alumna

**PAOLA ANDREA COFRÉ CUEVAS**

ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación del Seminario de Título como requisito para optar al título de Químico Ambiental

**Comisión**

Dr. Fernando René Santibáñez Quezada

Dr. Luis Sazo

MCs. Sylvia Copaja Castillo



***“A mis padres por su incondicional amor, entrega y apoyo durante toda mi vida, a mis hermanos y muy en especial a Luciano, angelito que nos regala felicidad”.***



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por su sacrificio, apoyo, entrega, paciencia y amor. Por ayudarme siempre en todas las dificultades, por acompañarme en el término de una etapa importante

Mis más sinceros agradecimientos al profesor Fernando Santibañez por su apoyo, entrega y paciencia, por sus consejos durante el desarrollo de este trabajo. Por acompañarme en la última etapa de mi formación académica.

Quiero agradecer muy particularmente al staff CONAMA. R.M, a los distintos departamentos y a todos quienes me apoyaron de una u otra forma, especialmente a Jaime Rovira por permitir que este proyecto se llevara a cabo en el departamento de Recursos Naturales de dicha institución, por sus sugerencias oportunas y constructivas y sobre todo, por su apoyo y confianza.

A todos los académicos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile quienes me enseñaron y compartieron sus experiencias y conocimientos, especialmente al profesor Carlos Benavides y L. Sazo por su incondicional entrega..

A mis profesores de la Facultad de Ciencias, especialmente a la profesora Sylvia Copaja por sus consejos, apoyo y principalmente por su amistad, brindada durante el desarrollo de este trabajo. A la profesora M<sup>o</sup> Inés Toral por su apoyo y entrega durante todo el período académico, y a todos quienes me acompañaron, entregándome dedicación, cariño y amistad.

A todos mis amigos especialmente a Marcia Montero por su gran amistad, por su ayuda, paciencia, cariño y confianza. A Marly López por acompañarme siempre en todos los momentos, por su gran amistad y confianza, a Jessica por su ayuda y compañía y a todos los que me acompañaron de una u otra forma: Mario, Jaime, Nelson, Paula, Danissa, Pía, Alejandra, Mariely. A Alejandro García por apoyarme y acompañarme en los momentos difíciles durante el periodo de este trabajo, por su paciencia y cariño.

---

## INDICE DE MATERIAS

---

LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
GLOSARIO.....	xiv
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xxi
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Objetivo General.....	3
1.1.2 Objetivos Especificos.....	3
<b>II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 MARCO GENERAL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LA ACTIVIDAD</b>	
<b>AGRÍCOLA.....</b>	<b>4</b>
2.1.1 Contaminación Agraria Difusa.....	4
2.1.2 Biocidas y Medio Ambiente.....	6
2.1.3 Fertilizantes y Medio Ambiente.....	8
<b>2.2 MEDIOS AFECTADOS POR LA DIFUSIÓN DE BIOCIDAS.....</b>	<b>10</b>
2.2.1 <i>Atmósfera.....</i>	10
Suelos.....	10
2.2.2 <i>Movimiento de los biocidas en el suelo.....</i>	12
2.2.2.2 <i>Factores que afectan el movimiento de los biocidas en el suelo.....</i>	13
2.2.3 <i>Agua.....</i>	14
2.2.3.1 <i>Importancia de las aguas subterráneas.....</i>	15
2.2.3.2 <i>Vías de contaminación.....</i>	16
<b>2.3 ASPECTOS AMBIENTALES.....</b>	<b>18</b>
2.3.1 <i>Efectos en el Medio Ambiente.....</i>	18
2.3.2 <i>Efectos negativos sobre las plagas.....</i>	19
<b>2.4 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE BIOCIDAS.....</b>	<b>20</b>
2.4.1 <i>Características de algunos biocidas.....</i>	20
2.4.1.1 <i>Organoclorados.....</i>	20

2.4.1.2	Organofosforados.....	20
2.4.1.3	Carbamatos.....	21
2.4.1.4	Piretroides.....	21
2.4.2	Aspectos Sanitarios.....	22
2.4.3	Aspectos Ambientales.....	23
2.5	<b>CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS NITRATOS.....</b>	<b>23</b>
2.5.1	<b>Balance del nitrógeno en el suelo .....</b>	<b>24</b>
2.5.1.1	<i>Aportes del nitrógeno al suelo.....</i>	24
2.5.1.2	<i>Pérdidas de nitrógeno en el suelo.....</i>	24
2.5.2	<b>Vías de Contaminación.....</b>	<b>25</b>
2.5.2.1	<i>Suelo.....</i>	25
2.5.2.2	<i>Agua.....</i>	27
2.5.3	<b>Efectos en el Medio Ambiente.....</b>	<b>28</b>
2.5.3.1	<i>Aspectos sanitarios.....</i>	30
2.5.3.2	<i>Aspectos Ambientales.....</i>	31
2.6	<b>LEGISLACION SOBRE PLAGUICIDAS EN CHILE.....</b>	<b>32</b>
2.6.1	<b>Disposiciones relativas al registro de los plaguicidas de uso agrícola.....</b>	<b>33</b>
2.6.1.1	<i>Resolución N°1.178.....</i>	33
2.6.1.2	<i>Resolución N°2.054.....</i>	34
2.6.1.3	<i>Resolución N°19.....</i>	34
2.6.1.4	<i>Resolución N°415.....</i>	35
2.6.2	<b>Disposiciones relativas al envasado y etiquetado de uso plaguicidas de uso agrícola. 35</b>	<b>35</b>
2.6.2.1	<i>Resolución N°1.178.....</i>	36
2.6.2.2	<i>Resolución N°1.179.....</i>	36
2.6.2.3	<i>Resolución N°1.177.....</i>	37
2.6.2.4	<i>Resolución N°938.....</i>	38
2.6.2.5	<i>Resolución N°412.....</i>	38
2.6.3	<b>Disposiciones relativas a la fiscalización del envasado, etiquetado, distribución y comercialización de plaguicidas.....</b>	<b>39</b>
2.6.3.1	<i>Artículo 32°.....</i>	39
2.6.3.2	<i>Artículo 33°.....</i>	39
2.6.3.3	<i>Artículo 34°.....</i>	40
2.6.4	<b>Prohibiciones de uso plaguicidas de uso agrícola.....</b>	<b>40</b>
2.6.4.1	<i>Resolución N°1.720.....</i>	40
2.6.4.2	<i>Resolución N°639.....</i>	40
2.6.4.3	<i>Resolución N°107.....</i>	41

2.6.4.4	Resolución N°2.142.....	41
2.6.4.5	Resolución N°2.003.....	41
2.6.4.6	Resolución N°1.573.....	41
2.6.4.7	Resolución N°996.....	41
2.6.4.8	Resolución N°3.195.....	41
2.7	IMPORTACIONES DE PLAGUICIDAS DE USO AGRÍCOLA.....	41
2.8	INSTITUCIONES RELACIONADAS CON LA NORMATIVA SOBRE BIOCIDAS....	42
2.8.1	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).....	42
2.8.2	Comisión Mixta Salud-Agricultura.....	42
2.8.3	Comisión Asesora en el Uso y Aplicación de Plaguicidas en la Agricultura.....	42
2.8.4	FAO y LOS PLAGUICIDAS.....	43
2.8.4.1	Principio de Información y Consentimientos Previos (PICP).....	44
2.8.4.2	Codex Alimentarius.....	45
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
3.1	UBICACIÓN DEL ESTUDIO.....	47
3.2	METODOLOGÍA.....	47
3.2.1	Balance Hídrico.....	48
3.2.2	Estimación de la contaminación por nitratos.....	51
3.2.3	Estimación de la contaminación por pesticidas.....	52
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1	GEOGRAFÍA AGRARIA DE LA REGIÓN METROPOLITANA.....	56
4.1.1	Ubicación geográfica.....	56
4.1.2	Sistema natural y sus recursos.....	58
4.1.3	Factores agroecológicos.....	60
4.1.3.1	Problemas ambientales.....	60
4.1.4	Infraestructura regional: efectos del desarrollo agrícola.....	61
4.1.4.1	Infraestructura Hidráulica.....	61
4.2	SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.....	62
4.2.1	Hortalizas.....	65
4.2.1.1	Mercado Hortícola.....	67
4.2.2	Frutales.....	68
4.2.2.1	Mercado frutícola.....	71
4.2.3	Vinicultura.....	72

4.3	CONTAMINACIÓN AGRARIA DIFUSA.....	74
4.3.1	Contaminación por nitratos.....	74
4.3.2	Contaminación por biocidas.....	84
4.3.2.1	<i>Volúmenes totales de biocidas aplicados.....</i>	84
4.3.2.1.1	<i>Insecticidas.....</i>	84
4.3.2.1.2	<i>Fungicidas.....</i>	87
4.3.2.1.3	<i>Herbicidas.....</i>	89
4.3.2.1.4	<i>Acaricidas.....</i>	89
4.3.2.2	<i>Toxicidad de los biocidas usados en la Región Metropolitana.....</i>	92
4.3.2.3	<i>Contaminación de las aguas subterráneas por los biocidas estudiados.....</i>	94
4.3.2.3.1	<i>Concentraciones medias de biocidas en aguas de percolación profunda.....</i>	98
4.3.2.3.2	<i>Aporte provincial de biocidas a la contaminación de las aguas subterráneas.....</i>	100
4.3.2.3.3	<i>Aporte de los cultivos a la contaminación de las aguas subterráneas.....</i>	102
4.4	ALCANCES DE LA METODOLOGÍA APLICADA.....	106
4.4.1	Balance Hídrico.....	106
4.4.2	Contaminación por Nitratos.....	107
4.4.3	Contaminación por Biocidas.....	108
4.4.4	Usos del suelo.....	109
V.	CONCLUSIONES.....	110
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	114

## APÉNDICE

- I. Balance Hídrico de cada cultivo considerado en el estudio.
- II. Determinación de la fracción lixiviable de Nitrógeno. Balance de Masa.
- III. Volúmenes totales de biocidas aplicados en la Región Metropolitana para el conjunto de cultivos estudiados.
- IV. Determinación de la fracción lixiviable de biocidas. Balance de Masa.
- V. Características técnicas de algunos plaguicidas usados en la Región Metropolitana.

## ANEXOS

- A. CURVAS DE DEGRADACIÓN DE LOS BIOCIDAS.
- B. DOSIS DE FERTILIZANTES APLICADOS A LOS CULTIVOS DE LA REGIÓN METROPOLITANA.



---

## INDICE DE TABLAS

---

Tabla 1	Características generales de los biocidas orgánicos sintéticos.....	22
Tabla 2	Cambios en el uso del suelo en la Región Metropolitana.....	62
Tabla 3	Uso del suelo en la Región Metropolitana, por provincias.....	63
Tabla 4	Evolución de la superficie de cultivos anuales en la Región Metropolitana.....	64
Tabla 5	Distribución de la superficie hortícola, por provincia.....	65
Tabla 6	Superficie cultivada de las hortalizas consideradas en el estudio.....	66
Tabla 7	Exportaciones de hortalizas en estado fresco, R.M.....	68
Tabla 8	Evolución de la superficie cultivada con frutales en la Región Metropolitana.....	69
Tabla 9	Superficie plantada de los frutales en formación, incluidos en el estudio.....	70
Tabla 10	Superficie plantada de los frutales en producción, incluidos en el estudio.....	70
Tabla 11	Exportaciones fruta fresca, temporada agrícola 1994-1995 a 1998-1999.....	72
Tabla 12	Superficie cultivada de variedades blancas de vid vinífera.....	73
Tabla 13	Superficie cultivada de variedades tintas de vid vinífera en la Región Metropolitana.....	73
Tabla 14	Aporte de $N-NO_3^-$ de los cultivos hortícolas a las aguas subterráneas de la R.M.....	74
Tabla 15	Aporte de $N-NO_3^-$ de los cultivos frutícolas a las aguas subterráneas de la R.M.....	75

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama conceptual de la contaminación agraria difusa.....	9
Figura 2	Contenidos de nitratos en las aguas subterráneas de la Región Metropolitana.....	29
Figura 3	Diagrama conceptual utilizado para estimar las pérdidas de agua por percolación profunda.....	50
Figura 4a	Diagrama Global utilizado en la Metodología.....	54
Figura 4b	Diagrama conceptual de la metodología aplicada en este estudio.....	55
Figura 5	Mapa de la Región Metropolitana desagregado por provincias.....	57
Figura 6	Distribución de los aportes de $N-NO_3^-$ , por provincias, a las aguas subterráneas de la Región Metropolitana, para el conjunto de los cultivos estudiados.....	77
Figura 7	Aporte porcentual de las hortalizas y de los frutales a la contaminación de las aguas subterráneas con $N-NO_3^-$ , por provincia.....	77
Figura 8	Concentraciones medias de $N-NO_3^-$ de las aguas de percolación profunda y la dosis anual de los frutales estudiados.....	79
Figura 9	Relación existente entre la concentración $N-NO_3^-$ de las aguas de percolación profunda y la dosis anual de N aplicado de frutales estudiados.....	79
Figura 10	Concentraciones medias de $N-NO_3^-$ en las aguas de percolación profunda de las hortalizas estudiadas.....	81
Figura 11	Relación existente entre la concentración de $N-NO_3^-$ en las aguas de percolación profunda y la dosis anual de N aplicado para el conjunto de hortalizas estudiadas.....	81
Figura 12	Aporte anual de $N-NO_3^-$ a las aguas subterráneas para los frutales estudiados.....	82
Figura 13	Aporte anual de $N-NO_3^-$ a las aguas subterráneas para las hortalizas estudiadas.....	82
Figura 14	Grupos químicos a los que pertenecen los insecticidas usados en la Región Metropolitana.....	86
Figura 15	Distribución de los insecticidas usados en la Región Metropolitana, según el grupo químico al que pertenecen, por provincias.....	86
Figura 16	Distribución de los fungicidas usados en la Región Metropolitana, según el grupo químico al que pertenecen, por provincias.....	88
Figura 17	Grupos químicos a los que pertenecen los fungicidas usados en la Región Metropolitana.....	88
Figura 18	Distribución de los herbicidas usados en la Región Metropolitana, según el grupo químico al que pertenecen, por provincias.....	90

---

## ABREVIATURAS

---

ADN:	Autoridad Nacional Designada
AFIPA:	Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas A.G.
AGRIMED:	Centro de Agricultura y Medio Ambiente
CIC:	Capacidad de Intercambio Catiónico
CIREN:	Centro de Investigación de Recursos Naturales
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
CONAMA R.M:	Comisión Nacional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana
CORFO:	Corporación de Fomento de la Producción
COSAVE:	Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur
CRH:	Capacidad de Retención de Humedad
Déf.:	Déficit Hídrico
DGA:	Dirección General de Aguas
DL50:	Dosis Letal Media
Etmáx:	Evapotranspiración Máxima
Eto:	Evapotranspiración Potencial
Etr:	Evapotranspiración Real
Exc:	Excedente de Humedad
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GIPAG:	Grupo Internacional de Asociaciones de Fabricantes de Productos Fitosanitarios
GTP-P:	Grupo de Trabajo Permanente de Plaguicidas
HD:	Humedad Disponible
IICA:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
INE:	Instituto Nacional de Estadísticas
Kc:	Coefficiente de Cultivo
MERCOSUR:	Mercado del Cono Sur
ODEPA:	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

OMS:	Organización Mundial de la Salud
ONU:	Organización de las Naciones Unidas
PICP:	Principio de Información y Consentimientos Previos
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Pp:	Precipitación
R.M:	Región Metropolitana
r1:	Agua Disponible para el Cultivo a Principio del Mes Considerado
Rf:	Agua Disponible para el Cultivo del Mes Anterior.
SAG:	Servicio Agrícola y Ganadero

---

## Glosario

---

Acaricida:	Producto fitosanitario usado en el control de ácaros o arañitas.
Acuífero:	Es una capa de roca, grava, y/o arena que permite que el agua pase fácilmente a través de sí mismo. Existen muchos tipos de acuíferos, incluyendo acuíferos superficiales, artesanos y de cama de piedra. Términos tales como primario y secundario son utilizados para describir el uso de un acuífero. Acuífero es una sola fuente, es un término reglamentario.
Acción de Contacto:	El producto permanece sobre la superficie aplicada, actuando directa o indirectamente sobre el organismo a controlar.
Balance Hídrico:	Sumatoria de los aportes y de las pérdidas de agua que ocurren en un determinado sistema.
Buenas Prácticas Agrícolas:	Es el empleo necesario, oficialmente recomendado en el uso de productos fitosanitarios para combatir las plagas en cualquier fase de la producción agrícola, incluyendo la postcosecha. Considera las mínimas dosis efectivas para un control adecuado y la aplicación del producto en la mejor forma posible que garantice eficiencia de control, seguridad para el operador y que resulte aceptable desde el punto de vista toxicológico, satisfaciendo las disposiciones de Límite Máximo de Residuo y Registro.
Concentrado Emulsionable:	Formulación líquida homogénea para ser aplicada como una emulsión después de ser diluida en agua.
Concentrado Soluble:	Formulación líquida homogénea para ser aplicado como ingrediente activo después de diluirse en agua.
Dosis Letal Media:	Es la dosis necesaria para matar el 50% de una población de prueba, expresado en mg/kg. de peso corporal.
Deriva:	Es el desvío aéreo de una porción del producto fitosanitario aplicado hacia un lugar no deseado.

Efecto Residual:	Es el tiempo que el producto fitosanitario permanece activo después de la aplicación, conservando las propiedades tóxicas en relación con el organismo a controlar.
Eficiencia de Aplicación:	Corresponde a una fracción de la cantidad total de insumos que son aplicados a un cultivo y que generan una acción efectiva.
Emulsión, Aceite en Agua	Formulación fluida constituida por la dispersión en una fase acuosa continua de glóbulos conteniendo el pesticida.
Escurrimiento Superficial:	Corresponde a aquella fracción del agua que es aplicada mediante el riego o la precipitación, la que al no infiltrarse, se desplaza sobre la superficie del suelo en forma de una lámina.
Escorrentía:	Sistema de desplazamiento de las aguas que se opone al estancamiento y a la infiltración.
Fitotoxicidad:	Daño producido al vegetal por algún ingrediente químico que posee el producto fitosanitario.
Formular:	Proceso mediante el cual se combinan los diversos componentes de un producto fitosanitario que lo hacen apropiado para su venta, distribución y utilización.
Fuentes no puntuales	Grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua superficial y subterránea sobre una región extensa, y partes de la atmósfera donde los contaminantes son depositados en las aguas superficiales. Los ejemplos incluyen los vertimientos de sustancias químicas en el agua superficial y la infiltración desde tierras de cultivo, tierras urbanas y suburbanas, depositación ácida, etc.
Fungicida:	Producto fitosanitario que controlan enfermedades causadas por hongos.
Granulado:	Producto sólido liviano, de gránulos de un tamaño determinado listo para ser usado.

Granulado Soluble en Agua:	Formulación consistente en gránulos para ser aplicado como una solución del ingrediente activo después de ser diluido en agua que puede contener ingredientes inertes insolubles.
Herbicida:	Producto fitosanitario que controla las malezas
Ingrediente activo:	Es la parte biológicamente activa del producto fitosanitario, presente en una formulación. Sinónimos: sustancia activa, producto técnico.
Insecticida:	Producto fitosanitario que controla insectos.
Limite máximo de residuo:	Son tolerancias fijadas como la cantidad máxima de residuos tóxicos de un biocida, expresados en partes por millón, que es equivalente a la cantidad de residuos en miligramos de producto químico por kilo de producto fresco o procesado, de origen vegetal o animal, que es toxicológicamente aceptable para que no produzca problemas en la salud del consumidor.
Lixiviación:	Es el proceso mediante el cual las formas nitrogenadas orgánicas e inorgánicas aplicadas o presentes en el suelo son movilizadas más allá de la zona de las raíces, junto con el movimiento de percolación de las aguas.
Manejo Integrado de Plagas:	Sistema de aplicación racional de una combinación de técnicas disponibles para el control de plagas, considerando el contexto del agroecosistema asociado y su dinámica de poblaciones.
Nombre Comercial:	El nombre con el cual el fabricante identifica, registra y comercializa el producto fitosanitario.
Percolación Profunda:	Fracción del volumen de agua presente en una profundidad de suelo, que mediante un movimiento vertical descendente, avanza más allá de la profundidad de estudio.
Periodo de carencia:	El tiempo mínimo legalmente permitido, expresado usualmente en números de días que debe transcurrir entre la última aplicación de un producto fitosanitario y el consumo del producto vegetal tratado.

Periodo de Reingreso:	Es el tiempo mínimo que se debe esperar, después de haberse hecho la aplicación, para el ingreso de personas y/o animales al área tratada.
Plaguicida:	Sustancia destinada a controlar, prevenir, destruir, repeler o mitigar efectos indeseables provocados por hongos, insectos, bacteria, ácaros, nemátodos, malezas.
Polvo Mojable:	Formulación en polvo destinada a ser diluida en agua para ser aplicada.
Polvo Soluble en Agua:	Formulación en polvo para ser aplicado como una verdadera solución del ingrediente activo después de ser diluido en agua que puede contener ingredientes inertes solubles.
Producto fitosanitario:	Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a preveer, destruir y controlar cualquier organismo nocivo, incluyendo las especies de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración o almacenamiento de productos agrícolas. El término incluye coadyuvantes, fitorreguladores, desecantes y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger los productos vegetales contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte.
Rango de acción:	Es la capacidad de un producto fitosanitario para actuar sobre uno o más tipos de plagas.
Residuo:	Cualquier sustancia especificada presente en alimentos, productos vegetales o alimentos para animales como consecuencia del uso de un producto fitosanitario. El término incluye los metabolitos y las impurezas consideradas de importancia toxicológica. También incluye los residuos de procedencias desconocidas o inevitables.
Sistémico:	Compuestos capaces de penetrar al interior del tejido vegetal, ubicarse y extender su acción desde el lugar de absorción a otros puntos dentro de la planta.



Suspensión Concentrada:	Suspensión estable de materias activas en un líquido para emplear después de diluirla en agua.
Suspensión en Cápsulas:	Suspensión de cápsulas en un líquido para diluir en agua antes de emplearse.
Tiempo de Residencia:	Es el tiempo de permanencia del producto fitosanitario en el suelo.
Toxicidad:	Propiedad fisiológica o biológica que determina la capacidad de una sustancia química para causar perjuicio o producir daños a un organismo vivo por medios no mecánicos.
Volatilidad:	Es la propiedad de un compuesto para evaporarse a temperatura ambiente.
Vulnerabilidad del Acuífero:	Término que se usa para representar las características intrínsecas que determinan la susceptibilidad de un acuífero al ser adversamente afectado por una carga contaminante.

---

## RESUMEN

---

La agricultura es una fuente potencial de contaminación difusa, derivada de su desarrollo sobre grandes áreas. Esta actividad constituye un factor de alteración de la capacidad natural del agua subterránea, dado que puede modificar potencialmente las características del medio, introduciendo sustancias ajenas al mismo, como lo son los insumos de fertilizantes y biocidas.

El consumo de estos productos sigue una tendencia creciente, en relación con la demanda de alimentos. La coincidencia de estos mayores consumos con áreas hidrológicas muy vulnerables, pone de manifiesto el riesgo potencial de contaminación de los acuíferos ubicados en estas zonas.

El problema está muy generalizado y afecta a la Región Metropolitana, donde el sector agrícola ha experimentado un desarrollo notable durante las últimas décadas, en función de la importancia económica de la producción de alimentos. Los volúmenes de fertilizantes y de biocidas, con frecuencia, sobrepasan las necesidades del cultivo, lo que junto con las bajas eficiencias de los riegos, puede favorecer el lavado de estos productos y su incorporación al acuífero. Las consecuencias se acentúan en las áreas regadas con aguas subterráneas, debido a su reciclaje y al efecto acumulativo de estos productos en el medio.

Por tal motivo, el presente estudio tiene como objetivo, evaluar el efecto de la agricultura regional sobre la contaminación de las aguas subterráneas. Para ello se realizó una prospección de las fuentes agrícolas que generan impacto en el medio ambiente, a través de un análisis de los factores que determinan la contaminación de los acuíferos.

Para tal efecto, se realizó una estimación de los volúmenes totales de fertilizantes y de biocidas aplicados y de la fracción que potencialmente genera un efecto contaminante sobre las aguas subterráneas. El estudio se realizó sobre la base de la información de 24 cultivos, referente a su manejo y a la superficie cultivada.

Los resultados señalaron que el proceso de lixiviación de los agentes contaminantes hacia las aguas subterráneas, dependen de diversos factores, que son característicos de la zona en estudio, distinguiéndose tres provincias, Chacabuco, Maipo, Melipilla, como las más vulnerables de ser contaminadas por efecto de la actividad agrícola. Los cultivos frutícolas presentaron el mayor aporte contaminante, debido a que su período de producción es más prolongado y a que éstos requieren mayores volúmenes de insumos agrícolas.

En términos globales, la toxicidad de los productos empleados en el control de las plagas y de las enfermedades, permite distinguir dos conductas propias para cada uno de los cultivos analizados. Es así como en los cultivos frutícolas, prevalece el uso de productos de mayor toxicidad, en tanto que en las hortalizas se recurre a la aplicación de productos menos tóxicos.

La escasez de información sistemática sobre la situación general de las aguas subterráneas en Chile, no ha permitido, hasta el momento, una caracterización completa de este tipo de contaminación, debido a su complejidad, al elevado costo de las técnicas analíticas requeridas y a la gran variedad de materias activas empleadas, por lo que este trabajo comprende una aproximación de la situación actual de la contaminación agraria difusa en la Región Metropolitana.

El presente trabajo constituye un esfuerzo por unificar una metodología para dar una dimensión al problema de la difusión de contaminantes provenientes de la agricultura.

---

## ABSTRACT

---

The agriculture is a potential source of contamination no point, derived of its development on big areas. This activity constitutes a factor of alteration of the natural capacity of the groundwater, since it can modify the characteristics of the environmental potentially, introducing substances unaware to the same one, as they are it the inputs of fertilizers and pesticides.

The consumption of these products follows a growing tendency, in connection with the demand of foods. The coincidence of these bigger consumptions with very vulnerable hydrological areas, shows the potential risk of contamination of the aquifers located in these areas.

The problem is very widespread and it affects to the Metropolitan Region, where the agricultural sector has experienced a remarkable development during the last decade, in function of the economic importance of the production of foods. The volumes of fertilizers and pesticides, frequently, surpass the necessities of the cultivation, that together with the drops efficiencies of the waterings, it can favor the laundry of these products and their incorporation to the aquifer. The consequences are accentuated in the areas watered with groundwaters, due to the reciclaje and to the accumulative effect of these products in the environmental.

For such a reason, the present study has as objective, to evaluate the effect of the regional agriculture on the contamination of the groundwaters. For this was realized out it a prospecting of the agricultural sources that generate impact in the environment, through an analysis of the factors that determine the contamination of the aquifers. For such an effect, was realized out an estimate of the total volumes of fertilizers and of applied biocidas and of the fraction that potentially generates a

polluting effect on the groundwaters. The study was realized out on the base of the information of 24 cultivations, with respect to its handling and to the cultivated surface.

The results indicated out that the process of the polluting agents' *lixiviación* toward the groundwaters, they depend on diverse factors that are characteristic of the area in study, being distinguished three provinces, Chacabuco, Maipo, Melipilla, as the most vulnerable of being contaminated by effect of the agricultural activity. The fruits growing presented the biggest contribution pollutant, because their period of production is more lingering and to that these require bigger volumes of agricultural inputs.

In global terms, the toxicity of the products used in the control of the plagues and of the illnesses, it allows to distinguish two own behaviors for each one of the analyzed cultivations. It is as well as in the fruit growing, the use of products of more toxicity prevails, as long as in the vegetables it is appealed to the application of less toxic products.

The shortage of systematic information on the general situation of the ground waters in Chile, it has not allowed, until the moment, a complete characterization of this type of contamination, due to their complexity, at the high cost of the analytic technical required and the great variety of matters active employees, for what this work understands an approach of the present situation of the diffuse agrarian contamination in the Metropolitan Region.

The present studies represented an effort to unify a methodology to give a dimension to the problem of the diffusion of pollutants coming from the agriculture.

Keywords: Pesticides, leaching, nitrate leaching, groundwater, agricultural activity.

**CAPITULO I**  
**Introducción**

---

## I. INTRODUCCIÓN

---

La población mundial se ha incrementado en unos 1.500 millones de personas en los últimos 20 años. En el año 2000 el número de habitantes se estima en unos 6.000 millones. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1997), una de cada cuatro personas padece hambre y desnutrición, la mayor parte de ellos viven en los países en vías de desarrollo.

La creciente demanda de alimentos implica necesariamente un aumento de la producción agrícola. Este incremento se ha basado en la incorporación de nuevas tierras para uso agrícola en un 28% y el 72% restante se debe al uso de insumos como los fertilizantes y los biocidas, en conjunto con nuevas técnicas de manejo de los cultivos (FAO, 1997). Se estima que el 45% del rendimiento potencial de los cultivos en Chile se pierde por la acción conjunta de malezas, plagas y enfermedades.

Pese a los notables beneficios que implica el uso de agroquímicos en la agricultura, un manejo inadecuado de estos productos puede significar, en algunos casos, un impacto negativo en el medio ambiente, el que se traduce en la contaminación de los cuerpos de agua, del suelo y de la atmósfera.

En Chile el 40% de la población nacional se concentra en la Región Metropolitana (R.M.). La existencia de este gran centro de consumo hace que la actividad agrícola, emplazada en una pequeña fracción de la superficie regional, sea intensiva en el uso de biocidas y fertilizantes, lo que la convierte en una fuente contaminante potencial de los acuíferos, a través de la lixiviación de nitratos y de los residuos de biocidas. Producto de esta actividad, se pueden generar concentraciones tales de contaminantes, que en el

corto o en el largo plazo alteren el equilibrio del ecosistema, lo que finalmente induce a un deterioro de la calidad de vida.

La presencia de compuestos nitrogenados y residuos de biocidas en las aguas subterráneas puede deberse a un manejo inadecuado de las prácticas de fertilización y de riego, constituyendo desde el punto de vista de los volúmenes y de la amplitud de distribución, el elemento causal más importante.

La contaminación por fuentes difusas provenientes de la agricultura no está debidamente dimensionada en Chile. En la R. M. este problema podría adquirir magnitudes que deberían ser tomadas en cuenta en las estrategias medio ambientales, para así crear regulaciones acordes con las necesidades existentes.

La contaminación de las aguas subterráneas de la R. M. por fuentes difusas es un problema difícil de evaluar en su total magnitud, debido a las complejidades de las múltiples relaciones entre los factores que regulan la dinámica de la contaminación de los acuíferos.

El presente trabajo constituye una aproximación en el dimensionamiento del impacto potencial de la actividad agrícola en la contaminación difusa de los cuerpos de agua.



## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

- Estimar el aporte de la actividad agropecuaria a la contaminación de las aguas subterráneas de la R.M, considerando un manejo estándar de los cultivos estudiados.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar la actividad agrícola de la Región Metropolitana.
- Identificar la gama de agroquímicos utilizados en el control de plagas, enfermedades y malezas, para un conjunto de especies, cultivadas en la R. M., de acuerdo a la legislación actual vigente.
- Determinar los volúmenes totales de agroquímicos usados para el control de las plagas en la gama de cultivos estudiados.
- Determinar los volúmenes de agua que percolan en profundidad y que llegan a las aguas subterráneas de la Región Metropolitana, para cada uno de los cultivos hortofrutícolas considerados en el estudio.
- Estimar los aportes de contaminantes al agua subterránea de forma tentativa, realizando un balance acorde con las vías de contaminación de algunos agroquímicos, usados en la R.M.

**CAPITULO II**  
**Revisión Bibliográfica**

---

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

---

### 2.1 MARCO GENERAL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA

#### 2.1.1 Contaminación Agraria Difusa

El sector agrícola corresponde principalmente, a una fuente contaminante de tipo difuso, dado que no es posible identificar una fuente emisora puntual de contaminación. En sentido estricto, los focos de contaminación están dispersos y el destino de los contaminantes dependerá exclusivamente de los cursos de agua. (López, 1993). Un diagrama conceptual de la contaminación agraria difusa se representa en la Figura 1.

En Chile, la contaminación de suelos y aguas subterráneas por la actividad agrícola es un problema localizado a ciertos sectores del país, muy poblados con intensa actividad agropecuaria. Los recursos más afectados son los suelos y los acuíferos subterráneos (Barra, 1993-1995;González, 1992, citados por Castillo y Bullón, 1999).

El suelo es el elemento fundamental que actúa como un filtro en el transporte tanto de biocidas como de fertilizantes. Estos productos son aplicados directamente sobre el terreno o sobre los cultivos, según las necesidades.

Tanto en el suelo como en la planta ocurren procesos de transformación, cuyos productos pueden pasar a otros medios que se encuentran en conexión, como son las aguas subterráneas, la atmósfera y por último los seres vivos.

Las características del terreno cultivado, así como también las características geológicas y geomorfológicas del lugar, son muy importantes a la hora de predecir el comportamiento de los diferentes productos. (Díaz, y col, 1990).

Las aguas, superficiales como subterráneas constituyen uno de los principales medios difusores de contaminantes en el ambiente. Por ello el modo más fácil de evaluar la contaminación difusa es mediante análisis de muestras de aguas. Para ello se han establecido categorías de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación de cualquier tipo, en función de las diferentes litologías: (Díaz, y col, 1990).

1. Terrenos donde los acuíferos son muy vulnerables a la contaminación. Zonas donde es necesario extremar las medidas preventivas:
  - Formaciones aluviales, acuíferos libres.
  - Calizas muy fisuradas y/o karstificadas.
  - Formaciones fisuradas (Calizas o basaltos)
  
2. Terrenos donde los acuíferos se encuentran poco protegidos, bien de la entrada de agentes contaminantes o bien de su propagación, por ciertas características específicas:
  - Acuíferos aluviales cautivos poco profundos.
  - Acuíferos en arenas o areniscas.
  
3. Terrenos donde la contaminación de los acuíferos puede revestir características variables, por ser aquellos generalmente poco extensos y de tipos muy diversos.
  - Formaciones de permeabilidad variable. Alternancia de materiales permeables e impermeables: calizas, margas, arenas, arcillas, pizarras, fanglomerados, rañas, molasas, materiales volcánicos, etc.
  
4. Zonas en las que, por no existir prácticamente afloramientos permeables, la contaminación afectará exclusivamente a las aguas superficiales:

- Formaciones sedimentarias impermeables. Margas y arcillas. Sirven como pantalla protectora de acuíferos cautivos confinados profundos.
- Terrenos antiguos plegados y metamorfizados. Pizarras, micacitas, neiges.
- Terrenos graníticos y ultrametamórficos. No se excluye la presencia de pequeños acuíferos libres, muy vulnerables, asentados en las áreas de alteración o arenización.

La contaminación agraria difusa puede, en principio afectar a la mayor parte de las aguas superficiales. Resultan más vulnerables aquellas zonas donde los materiales subsuperficiales son impermeables, es decir, el punto 4 de la clasificación anterior. Asimismo, aquellas zonas donde sus aguas superficiales escurren sobre acuíferos poco profundos.

En general, se puede decir que en Chile la contaminación agraria difusa, tanto debida a productos fertilizantes como biocidas está íntimamente relacionada con la agricultura de regadío, por ser en general, la más intensiva en el empleo de fertilizantes y biocidas. Cabe señalar que este tipo de agricultura es el que predomina en la R. M.

### **2.1.2 Biocidas y Medio Ambiente**

“Un Biocida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinada a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de animales, las especies no deseadas de plantas y animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos”. El termino incluye las sustancias destinadas a usarse como reguladores del crecimiento de las plantas defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de frutas o agentes para evitar la caída prematura de la fruta y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto del deterioro, durante el almacenamiento y transporte. (CONAMA R.M, 1999).

Los biocidas son insumos que permiten controlar las plagas, malezas y enfermedades que ocasionan pérdidas a los cultivos y con ello una disminución de los rendimientos. Es una realidad que el uso de estos productos, en la agricultura actual, es una necesidad, pues no se puede esperar el logro de los objetivos de producción y calidad necesarios sin pensar en aplicar biocidas. Sin embargo, también es innegable que estos productos pueden entrañar riesgos, los cuales deben ser disminuidos para asegurar que ellos sean eficaces para los fines a que están dirigidos, con riesgo mínimo para las personas, flora, fauna y medio ambiente. Para cumplir con lo anterior, es necesario disponer de una reglamentación adecuada que permita establecer el control de estos productos (CORFO, 1998).

El uso de biocidas en la agricultura puede tener un efecto negativo en el medio ambiente, el que se fundamenta en las propiedades que lo hacen efectivo en la lucha contra las plagas, otorgándole la característica de contaminante. Es así como la estructura química del ingrediente activo, que le confiere su capacidad tóxica contra las plagas, enfermedades o malezas, pueden también afectar a otros seres vivos causándoles desórdenes en sus organismos (Díaz y col, 1990).

Existen diversos problemas que provienen de la aplicación de biocidas, entre ellos se pueden mencionar:

1. Resistencia Genética
2. Alteraciones en el Ecosistema
3. Aparición de nuevas Plagas
4. Acumulación en la cadena Trófica (bioacumulación)
5. Movilidad en el Medio Ambiente
6. Riesgos para la Salud de las Personas.

### 2.1.3 Fertilizantes y medio ambiente

La constante búsqueda de variedades de mejores aptitudes productivas ha significado, en forma paralela, un incremento en la demanda de elementos nutrientes para las plantas, es así como aquellas variedades de mejores rendimientos son precisamente las que requieren de mayores volúmenes de aplicación de fertilizantes. Esta situación ha significado un incremento en la demanda de fertilizantes y en las dosis aplicadas, con su consecuente incremento en la contaminación potencial de los acuíferos.

Chile no ha estado ajeno a la tendencia de aumentar la fertilización nitrogenada. Existen antecedentes que muestran un incremento del 100% en las tasas de aplicación entre 1989 y 1994. Estos niveles de fertilización son muy similares a los existentes en los países desarrollados, lo que hace esperar resultados similares en cuanto a la concentración de nitratos en las aguas. (Beaujanot Q, 1994).

La contaminación de las napas subterráneas está condicionada a factores de tipo climático, edáficos, geológicos y topográficos, unidos a una sobre-fertilización nitrogenada de los suelos. Es así como las regiones que tengan un clima lluvioso, suelos delgados, napas subterráneas poco profundas, suelos de texturas livianas y además presenten niveles elevados de fertilización nitrogenada, tienen una alta probabilidad de presentar napas subterráneas contaminadas con  $\text{NO}_3^-$ . Este problema debe ser considerado en Chile, ya que si no se toman medidas que racionalicen y mejoren el uso de los fertilizantes nitrogenados, especialmente en aquellas regiones donde los factores climáticos, edáficos y topográficos sean favorables a la contaminación, se verán expuestos a serios problemas sanitarios y ambientales. (Beaujanot y Guttierrez, 1994).

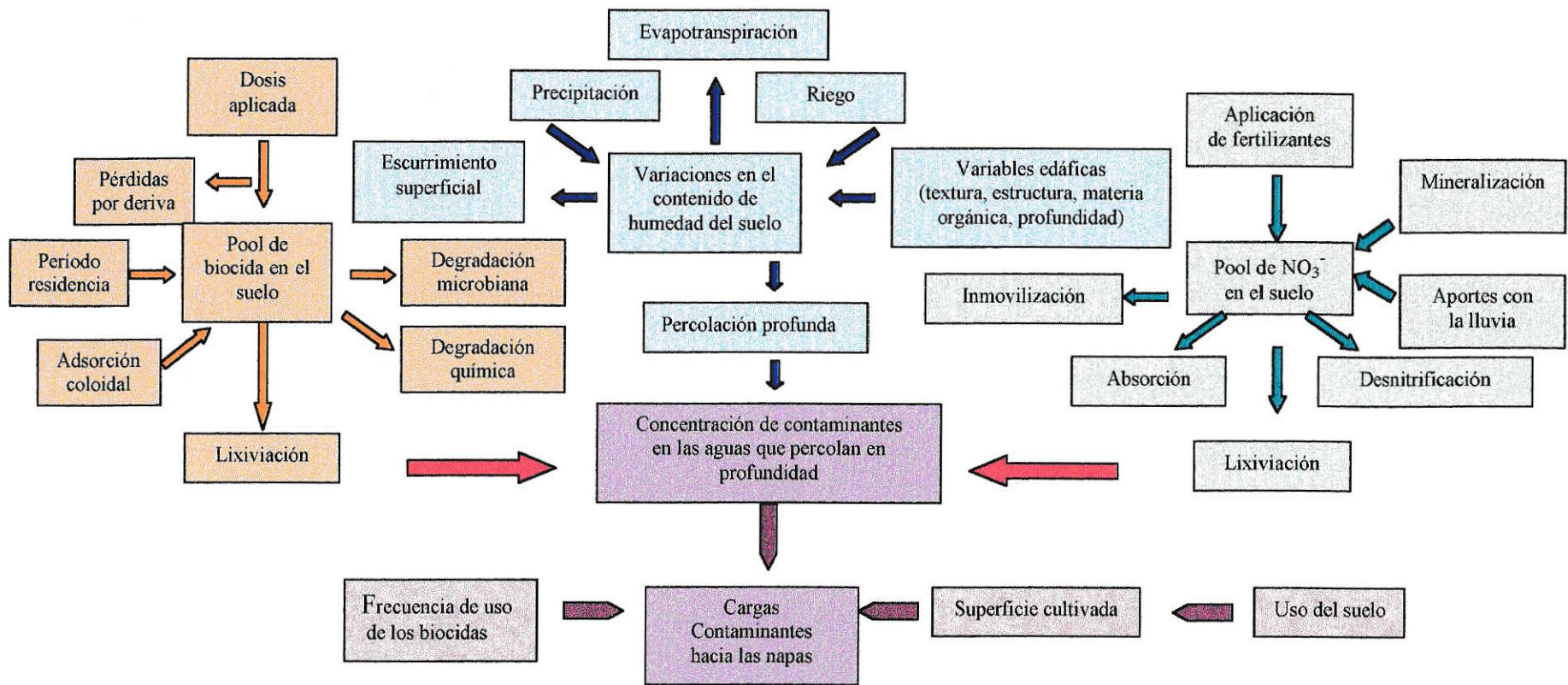


Figura 1. Diagrama conceptual de la contaminación agraria difusa, considerado en este estudio.



## **2.2 MEDIOS AFECTADOS POR LA DIFUSION DE BIOCIDAS**

Las fuentes difusas de contaminación de biocidas pueden afectar medios fundamentales: aire, suelo y agua. Encontrándose los tres interconectados, por lo que la aplicación de biocidas afecta de manera significativa a los tres sistemas, aunque esto dependerá directamente del tipo de aplicación de estos productos en el cultivo afectado. Por otra parte influye si se trata de biocidas sistémicos o de contacto.

### **2.2.1 Atmósfera**

En las aplicaciones aéreas una fracción del volumen total aplicado se pierde directamente a la atmósfera antes de que el producto alcance la superficie cultivada.

En los tratamientos de superficie, siempre hay una pérdida del producto por volatilización. Además, si la velocidad del viento y las temperaturas son elevadas, la difusión a la atmósfera se ve incrementada, pudiendo alcanzar valores del 40 % o más altos (Navarro, 1992).

### **2.2.2 Suelos**

La presencia de los biocidas en los suelos agrícolas se produce por diversas vías. Cuando las aplicaciones van dirigidas a la parte aérea de las plantas, se estima, que una gran parte del producto aplicado, aproximadamente un 50 %, se deposita en el suelo, ya que es prácticamente imposible aplicarlo exclusivamente a la planta, aunque, no se conocen estudios empíricos que demuestren esta afirmación. Sin embargo, cuando las aplicaciones se hacen directamente al suelo las concentraciones relativas son mayores (Navarro y col, 1992).

Parte del producto aplicado sobre un cultivo puede quedar retenido o inmovilizado en el suelo, así como aquellos biocidas provenientes de tratamientos lejanos y que han sido transportados por los vientos, pueden caer sobre él con el agua de lluvia.

Los posibles destinos de los biocidas en el suelo, son los siguientes:

- Adsorción en el complejo de intercambio: la materia orgánica del suelo y la fracción de arcilla presente en éste, forman en su conjunto un complejo de intercambio, capaz de retener en forma temporal un biocida en el suelo. En la medida que el equilibrio iónico se modifique, una parte del biocida adsorbido puede ser liberado al medio.
- Degradación microbiana: la microflora edáfica, constituida por una gran diversidad de microorganismos, es capaz de degradar químicamente las moléculas de biocidas, transformándolos finalmente en moléculas como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , las que ya no ejercen un efecto contaminante en el medio.
- Degradación química; una fracción del biocida presente en el suelo puede estar expuesta a un considerable número de reacciones, principalmente de oxidación, reducción, hidrólisis, sustitución e isomerización, que en su conjunto pueden alterar la estructura original del ingrediente activo, pudiendo dar origen, en algunos casos, a un compuesto de mayor toxicidad y potencial contaminante (Navarro y col, 1992).
- Un cuarto destino es que el biocida pase directamente a formar parte de la solución suelo, quedando disponible para las plantas o para la fauna del suelo, o bien esta fracción del producto aplicado puede ser arrastrada en profundidad contaminando las napas freáticas o bien se pierde por escurrimiento superficial (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1992).

### 2.2.2.1 Movimiento de los biocidas en el suelo

El movimiento de los biocidas en el suelo puede realizarse de diferentes formas:

- **Difusión:** La difusión es el proceso mediante el cual, un biocida es trasladado a través del suelo debido a sus energías térmicas. Por esta causa, se produce el movimiento desde posiciones con una determinada concentración a otras donde ésta es menor, pudiendo verificarse tanto en la fase gaseosa del suelo como en la líquida o en el aire de la fase intersólida. Los factores influyentes son principalmente los siguientes: el coeficiente de difusión, solubilidad y densidad de vapor del biocida; la temperatura, contenido de agua y porosidad del suelo, y finalmente el grado de adsorción del biocida (Navarro García, 1992).
- **Lixiviación:** La lixiviación de los biocidas a través del suelo es un proceso frecuente por efecto de lluvias o riegos. En estos casos, el movimiento del biocida puede realizarse asociado al agua en disolución, suspendido o emulsionado en ella. La magnitud del proceso, depende de la naturaleza del biocida y sobre todo, de la composición coloidal del suelo y de sus posibilidades de adsorción (Navarro García, 1992).
- **Erosión:** Los biocidas están íntimamente asociados a las partículas del suelo, ya sea por adsorción o por simple mezcla. Estas partículas pueden actuar por lo tanto como portadoras del biocida cuando son arrastradas de un lugar a otro por el viento y el agua, mediante el proceso de erosión. En general, los biocidas más fácilmente desplazables por erosión son aquellos que presentan una baja movilidad, como es el caso de los organoclorados. Su traslado sin embargo, depende de la cantidad de biocida adsorbida por el suelo. Los más fácilmente adsorbibles suelen ser menos erosionables. En este sentido, un alto contenido coloidal contribuye en gran manera a disminuir la erosión (Navarro García, 1992).
- **Volatilización:** La volatilización de biocidas del suelo y subsiguiente dispersión en la atmósfera es una vía frecuente en su movimiento y desaparición. Los estudios demuestran que la volatilidad potencial de los biocidas está íntimamente relacionada

con su presión de vapor, pero su volatilidad efectiva está controlada en gran medida por la temperatura, composición coloidal, contenido de agua y el pH del suelo; y también, por la naturaleza del biocida, su concentración en el suelo y el grado de adsorción que presente (Navarro García, 1992).

- Asimilación por macroanimales y microorganismos del suelo: En los suelos agrícolas, muchos animales que desarrollan en ellos su ciclo vital son capaces de asimilar un notable número de biocidas, concentrándolos en sus organismos por encima de los niveles ambientales (Navarro García, 1992).
- Absorción por la planta: Diversos cultivos que se desarrollan en zonas donde se han aplicado biocidas, pueden absorber del suelo algunos de estos compuestos en proporciones variables. La absorción por parte de la planta depende de la naturaleza del cultivo, propiedades fisicoquímicas del biocida, condiciones climáticas, tipo de suelo y del grado de contaminación que presente (Navarro y col, 1992).

#### *2.2.2.2 Factores que afectan el movimiento de los biocidas en el suelo*

El movimiento de los biocidas en el medio edáfico va a ser afectado por algunas propiedades del suelo, algunas de ellas, serán descritas a continuación.

- Contenidos de arcilla y de materia orgánica; en la medida que un suelo sea más rico en estos componentes, existe una mayor probabilidad de que el biocida sea adsorbido por el suelo, dada la mayor cantidad de sitios de adsorción. En la medida en que se incrementan los contenidos relativos de arcilla en el suelo, el movimiento del agua tiende a ser más lento, favoreciendo la adsorción de los biocidas.
- Textura del suelo; en los suelos que presentan una mayor proporción de macrosporos se favorece el movimiento vertical del agua y por consiguiente se produce un mayor lavado de los biocidas hacia las napas subterráneas, por ejemplo en suelos arenosos.
- Efecto del pH del suelo; la reacción del suelo afecta la adsorción del biocida, la que depende de la naturaleza de los compuestos y del tipo de enlace involucrado. Es así por ejemplo, que un medio ácido favorece la formación de puentes de hidrógeno. En

general una reacción básica del suelo tiende a disminuir la efectividad del biocida sobre la plaga.

- Permeabilidad del suelo: en aquellos suelos más permeables, se favorece el arrastre en profundidad de los biocidas, con lo cual se incrementa el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.
- Humedad: En la medida que la humedad del suelo es menor, existe una tendencia de los compuestos a una menor adsorción y a una cristalización. Un incremento de la humedad del suelo favorece el desarrollo de una mayor actividad de la microflora edáfica y en forma paralela existe una mayor degradación microbiana. Las variaciones del contenido de humedad del suelo están relacionadas con la sucesión de fases aeróbicas o anaeróbicas, favoreciendo o inhibiendo, respectivamente, la degradación química de los biocidas (Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1992).
- Temperatura: La degradación de los biocidas aumenta proporcionalmente con el incremento de la temperatura (Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1992).
- Cobertura Vegetal: La existencia de una cubierta vegetal reduce el intercambio de calor entre el suelo y la atmósfera, lo que produce un ambiente más frío, limitando los procesos de difusión de vapor y con ello la volatilización de los biocidas.
- Porosidad: En la medida que exista una mayor porosidad y una mayor conexión entre los poros se favorece el movimiento vertical del agua lo que contribuye a un riesgo potencial de contaminación de las aguas subterráneas (Instituto GeoMinero de España, 1992).

### **2.2.3 Agua**

Los biocidas pueden alcanzar tanto las aguas superficiales como las subterráneas, a través de diferentes vías de contaminación. La posibilidad de alcanzar este medio se fundamenta en el poder de disolución del biocida en el agua y en su persistencia. Otros factores que afectan son: el tipo de materiales geológicos, los suelos y las prácticas agrícolas.

### *2.2.3.1 Importancia de las aguas subterráneas*

El desarrollo de un país va inevitablemente acompañado de un incremento sostenido de las demandas de agua para uso potable, agrícola, industrial y minero, y de exigencias crecientes en relación con disponer de un abastecimiento más seguro y, en ocasiones, de una mejor calidad fisico-química. (Beaujanot Q., 1994).

De acuerdo a lo anterior, normalmente el agua subterránea se convierte progresivamente en una fuente de recursos hídricos muy atractiva, ya que presenta una menor variación temporal y espacial de un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas, menores riesgos de contaminación, propiedades fisicoquímicas en general ventajosas a diferencia de las aguas superficiales y además frecuentemente es posible explotarla en las cercanías de los centros de consumo (Instituto de Ingenieros de Chile, 1990, citados por Beaujanot, 1994).

Las aguas subterráneas son importantes fuentes abastecedoras de agua potable. Las napas subterráneas son fuente de agua potable para un 1/3 de la Región Metropolitana y para el 90% de sus hogares rurales, por lo cual es importante realizar un manejo sostenido del recurso hídrico subterráneo.

Por otra parte, en la actualidad no se tiene en cuenta la vulnerabilidad de los acuíferos en las zonas de aplicación. En las zonas de alto riesgo de contaminación se debe restringir el uso de productos y limitar la aplicación de aquellos que puedan llegar rápidamente a las aguas. En este momento no se conoce el nivel de contaminación en las aguas y suelos de la R. M.. Para ello es necesario realizar monitoreos sistemáticos de control de estos productos para poder llegar a cuantificar la realidad del problema. Una vez conocido esto, habrá que determinar las "Buenas Prácticas Agrícolas" que disminuyan la cantidad de productos a aplicar y minimicen los riesgos (DGA. Política Nacional de Recursos Hídricos, 1999).

### 2.2.3.2 Vías de contaminación

#### Aguas superficiales

Se dividen en dos grandes grupos:

1 Por contaminación directa:

- Debido a un uso normal; ejemplos de este tipo de contaminación lo constituyen las aplicaciones de herbicidas y las aplicaciones de biocidas en embalse de riego para el control de vectores de enfermedades.
- Debido a un mal manejo; ejemplos de este tipo de contaminación lo constituyen la limpieza de los equipos de aplicación de estos productos y el vertido de efluentes de las industrias que los utilizan.

2 Por contaminación indirecta:

- Debido a su uso normal; ejemplo de este tipo de contaminación lo constituyen la lixiviación de los biocidas, la adsorción de los biocidas en los coloides del suelo y el flujo de aguas subterráneas contaminadas hacia los cursos de aguas superficiales.

#### Aguas subterráneas

Se dividen en dos grandes grupos:

1 Por contaminación directa:

- Debido a un uso inadecuado; ejemplo de este tipo de contaminación lo constituyen la evacuación de desechos de biocidas en sumideros o en pozos.

2 Por contaminación indirecta:

- Debido a un uso normal; ejemplo de este tipo de contaminación lo constituye el lavado de residuos a través de las aguas y suelos contaminados después de una utilización de biocidas en la agricultura clásica.

Las vías de contaminación de los biocidas y de sus residuos en el medio ambiente y los procesos que intervienen dependen de las condiciones locales y varían de un lugar a otro. Además los mecanismos de lixiviación se encuentran muy afectados por los procesos de adsorción, retención y por los fenómenos de degradación (Aylmore, L and Graham, A, 1998).

Las vías de contaminación de aguas subterráneas y superficiales en la R. M. dependerán del tipo de agricultura que predomine en la zona y de las características propias del lugar (DGA. Política Nacional de Recursos Hídricos, 1999).

En la agricultura de regadío, el uso de biocidas es más abundante que en la agricultura de secano. En la primera, los excedentes de agua provocan el lavado de los productos que están en el suelo, pasando a las aguas freáticas y pudiendo ser transportadas a los ríos cercanos o a las aguas subterráneas.

La contaminación de acuíferos se favorece en los casos en que el nivel freático se encuentre relativamente cercano a la superficie. Este tipo de contaminación es frecuente en las terrazas bajas de los ríos, donde existe agricultura de regadío. Asimismo, aquellas litologías que presentan acuíferos subterráneos, como pueden ser sedimentos de arenas y arcillas, zonas kársticas, son lugares propicios para el transporte de los productos desde el suelo hasta las aguas subterráneas. (Díaz y col, 1990).

La intensidad de las precipitaciones y la velocidad de infiltración del agua en el suelo, son factores que inciden tanto en las posibilidades de contaminación de aguas



subterráneas como superficiales. Esto es, por percolación o por escorrentía en cada uno de los casos (Bowaqui, 1998).

## **2.3 ASPECTOS AMBIENTALES**

### **2.3.1 Efectos de los plaguicidas en el Medio Ambiente**

La presencia de biocidas en los diferentes cuerpos de aguas provocan diversos problemas ambientales. Por una parte, disminuye la población de invertebrados acuáticos, que son fuente de alimento para diversos peces y aves acuáticas. Por otra parte, son asimilados en los peces y aves, causando una difusión muy amplia de ellos a través de las cadenas tróficas (Díaz y col, 1990).

El empleo inadecuado de plaguicidas puede provocar serios desequilibrios ecológicos debido a que no sólo elimina a la especie que constituye la plaga, sino que también afecta a muchas otras, pertenecientes incluso a órdenes distintos. Esto se evitaría empleando los plaguicidas más selectivos posibles, únicamente a las dosis recomendadas y mediante el método de aplicación más adecuado en cada caso, resultando fundamental la selección de los plaguicidas con una persistencia, que presenten su máximo de acción tras la aplicación, eliminando la plaga y dejando de actuar tiempo después de su aplicación (Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1992).

Existe, además, una reducción de las especies vegetales presentes (sólo prevalecen las especies cultivadas y las resistentes a los herbicidas), reduciéndose la biodiversidad y aumentando la fragilidad del sistema a plagas, enfermedades y cambios ambientales (Rovira<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Jaime Rovira. Ingeniero Agrónomo. Comisión Nacional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana. Departamento de Recursos Naturales, 2000 (Comunicación personal)

### **2.3.2 Efectos negativos sobre las plagas.**

Uno de los efectos más importantes es la aparición de resistencia a los productos destinados al control de las plagas de los cultivos (Díaz y col, 1990). La resistencia se traduce en dos efectos, el primero consiste en que el control efectivo de la plaga implica el uso de dosis crecientes del mismo biocida y que el uso continuado de un mismo producto conduce a la larga a una ineffectividad casi total del producto (Barberá, 1990).

Según FAO/OMS- 1997 el número de especies de artrópodos que se han identificado con nuevas resistencias a biocidas a aumentado a 328. Este problema se presenta frecuentemente en las zonas de cultivo de invernadero, donde las elevadas temperaturas y humedades provocan la aparición de gran número de plagas, aplicándose biocidas dos o tres veces a la semana. La aparición de resistencia en ellos, obliga a cambiar los productos, aumentar el número de tratamientos o las dosis. Aumentando de esta forma los riesgos que vienen de la propia utilización (Beitz y col, 1994).

Otro problema que se puede encontrar es la disminución de la fecundidad de diferentes organismos por la acción de un biocida. Esto puede tener varios efectos, como la sustitución de una plaga y la pérdida de funciones ecológicas por desaparición de insectos beneficiosos. También se ha observado el efecto contrario, es decir, el aumento de la fecundidad, con lo cual puede aparecer una nueva plaga, a partir de un organismo que existía, con niveles de población bajos. Otro aspecto ecológico importante es el fenómeno de la bioacumulación, éste ocurre cuando ciertos organismos son resistentes a determinado biocida, entonces estos organismos pertenecientes a la cadena trófica constituyen un peligro real contra las especies que se alimentan de ellos, por acumulación del producto en su organismo.

## 2.4 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE BIOCIDAS

### 2.4.1 Características de algunos biocidas

#### 2.4.1.1 Organoclorados

El descubrimiento (1947), de las propiedades insecticidas de estos compuestos significó una revolución en el campo de los biocidas y desencadenó la incorporación de los productos orgánicos en la lucha contra plagas y enfermedades (Barberá, 1990).

Entre las características que le otorgan a este grupo de compuestos, una mayor persistencia en el medio, se pueden citar: una gran estabilidad química, dada su baja reactividad química, su resistencia a la biodegradación, ser solubles en disolventes orgánicos y lípidos e insolubles en agua, presentan una baja tensión de vapor, son estables al aire, la luz y el calor, algunos de ellos son sensibles a la radiación ultravioleta, son compatibles con la mayoría de los biocidas, son sensibles a un pH alcalino (Díaz y col, 1990)

Una reacción importante es la oxidación, por la que se producen metabolitos en general, más tóxicos que sus predecesores. La liposolubilidad de los organoclorados, es lo que provoca su acumulación en los organismos (DDT, DDD, DDE), mientras que los que presentan un cierto grado de hidrosolubilidad son excretados. Ejemplo de este tipo es el dicofol acaricida utilizado en la Región Metropolitana.

#### 2.4.1.2 Organofosforados

Estos productos derivan del ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) y constituyen en la actualidad uno de los grupos de compuestos más efectivos en la lucha contra las plagas (Barberá, 1990). Algunos ejemplos de este tipo de biocidas son: Azinfosmetil, Clorfevinfos, Diazinon, Diclorfon, Fonofos, Metamidofos, Methidathion, Phosmet, Quinalfos, Phosxim.

Estos compuestos presentan las siguientes características fundamentales: en general, son fácilmente eliminados del organismo de los diferentes animales, produciendo

menos acumulación de residuos que los organoclorados. Presentan distintos grados de solubilidad, tanto en agua como en lípidos, dependiendo de cada caso. Presentan una alta reactividad química, las reacciones de hidrólisis generan productos no tóxicos y aumenta su degradación en agua, dependen del pH del agua y de la naturaleza del propio compuesto, las reacciones de oxidación pueden dar lugar a productos más o menos tóxicos, pero se ve favorecida posteriormente la hidrólisis. Son productos de amplio espectro en general. Debido a su elevada reactividad química, resultan ser muy activos, por lo que las dosis de materia necesarias son relativamente más bajas. Su toxicidad aguda es mayor que los organoclorados, mientras que la crónica es inferior, ya que no tienden a acumularse en las grasas, por degradarse a productos hidrosolubles. Presentan una baja fitotoxicidad. Se degradan con relativa facilidad. Su efecto residual es bajo, debido a las reacciones de hidrólisis por la acción de los microorganismos.

#### 2.4.1.3 Carbamatos

Este grupo de insecticidas derivan del ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) (Barberá, 1990). Este tipo de biocida es mayormente biodegradable y más selectivos que otros compuestos biocidas. Ejemplo de este tipo de biocidas lo constituyen: Carbaril, Carbofurano, Oxamilo.

Sus características más importantes son: liposolubles, lo que les facilita su absorción. Relativamente solubles en agua. Son muy selectivos. La toxicidad aguda frente a los mamíferos es muy variable en tanto que su toxicidad crónica es baja debido a que se degradan rápidamente. Presentan una menor fitotoxicidad.

#### 2.4.1.4 Piretroides

Son sustancias derivadas del piretro (*Chisanthemum cinerariifolium*), constituyen en general un grupo de escaso uso agrícola, en general son productos de muy baja toxicidad y presentan la mayor especificidad dentro de los insecticidas usados actualmente, son compuestos inestables a la luz y al calor, son escasamente fitotóxicos.

Ejemplo de este tipo de biocidas utilizados en la zona de estudio se pueden mencionar: Deltametrina, Fenvalerato, Permetrina.

Un resumen de algunas características de los insecticidas se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales de los biocidas orgánicos sintéticos

BIOCIDAS	CARACTERÍSTICAS GENERALES				
	Uso principal	Estructura química	Toxicidad y especificidad	Persistencia	Acción biológica
Organoclorados	Insecticida, Acaricida	Cadenas aromáticas o alifáticas con átomos de cloro	Muy tóxicos a tóxicos; no específicos	Prolongada (años)	Afecta el metabolismo del $Ca^{2+}$ y el sistema nervioso central
Organofosforados	Insecticida, acaricida, fungicida	Cadenas orgánicas con base en el ácido fosfórico	Muy tóxicos a tóxicos; no específicos	Prolongada (meses)	Afecta la acción de la acetilcolinesterasa
Carbamatos	Insecticida, nematocida	Basada en ácido carbámico	Tóxicos a moderadamente tóxicos; especificidad creciente	Moderada (días)	Afecta la acción de la acetilcolinesterasa
Piretroides	Insecticida, acaricida	Síntesis artificial de la piretrina	Escasamente tóxicos; mayor especificidad	Escasa (horas)	Desconocida

Adaptado de González (1993).

La utilización inadecuada de los biocidas es la causa de grandes problemas sanitarios y ambientales.

#### 2.4.2 Aspectos sanitarios

La utilización indebida de los productos es causa grave de intoxicaciones. Las intoxicaciones agudas pueden producir incluso la muerte (Díaz y col, 1990). La gravedad de cualquier efecto adverso resultante de la exposición a un biocida depende de la dosis, de la vía de exposición, de la facilidad con que se absorbe el biocida, de los tipos de efectos causados por el biocida, su acumulación y persistencia de los metabolitos en el organismo. La absorción del biocida se realiza principalmente por la piel y los ojos, así como por inhalación o ingestión. Los biocidas liposolubles, y en cierta medida, los hidrosolubles, se absorben a través de la piel intacta. Este tipo de absorción tiene especial

importancia cuando no se usa ropa protectora adecuada. Los efectos adversos pueden ser causados no sólo por los ingredientes activos e impurezas asociadas, sino también por solventes, excipientes, emulsionantes y otros componentes de la formulación. (Organización Mundial de la Salud, 1992).

Los errores que provocan este tipo de intoxicaciones se deben generalmente al no cumplimiento de las normas de utilización que vienen mencionadas en la etiqueta del producto. Además es importante conocer las clasificaciones en cuanto a los posibles peligros y riesgos de la utilización que se dan en la Norma Chilena 457, registrada por el Instituto Nacional de Normalización (INN).

### **2.4.3 Aspectos ambientales**

Los errores más frecuentes que provocan problemas ambientales son:

- Elección equivocada del biocida.
- Utilización de dosis no establecidas en normas o excesivo número de tratamientos.
- El no respeto de los tiempos de reingreso.
- Utilización de los productos en días de viento.
- Limpieza de los equipos de aplicación en aguas directamente relacionadas con acuíferos o aguas superficiales.
- Abandono de envases en el campo o cauces de agua.

## **2.5 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS NITRATOS**

El ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) que es la forma más importante en que las plantas absorben el nitrógeno, es muy móvil en el suelo y básicamente se traslada con el agua del suelo. El exceso de lluvia o riego puede lixiviar profundamente los nitratos. Cuando llegan más abajo de la zona de raíces, se determinan reducciones en los rendimientos, a menos que se reponga el nitrógeno del suelo (Drechel, 1998). Los cultivos casi en todos los casos son fertilizados cuando aún no tienen desarrollados sus sistemas de raíces como para interceptar los nitratos que descienden con las aguas de percolación profunda.

La lixiviación puede entonces producir pérdidas significativas, más aún cuando los períodos de lluvias intensas coinciden con los períodos de siembra, y especialmente, si se aplica toda la dosis de nitrógeno de una sola vez. Para evitar tales pérdidas, es esencial el manejo adecuado tanto del agua, en el caso de la zona de riego, como del fertilizante. El resultado es el uso más económico y eficiente del nitrógeno y del agua (Saigusa, 1998).

### **2.5.1 Balance del nitrógeno en el suelo**

El nitrógeno presente en el suelo es dependiente de un balance en el que se distinguen los siguientes componentes: (López, 1998).

#### *2.5.1.1 Aportes del nitrógeno al suelo*

##### 1 Naturales

- Por fijación bacteriana del nitrógeno atmosférico.
- El amoníaco que va disuelto en el agua de lluvia.

##### 2 Artificiales

- En los materiales orgánicos incorporados.
- En los fertilizantes inorgánicos.

#### *2.5.1.2 Pérdidas de nitrógeno en el suelo*

- Absorción por las plantas.
- Lavado de los nitratos por las aguas de percolación profunda o de esorrentía.
- La desnitrificación causada por bacterias anaeróbicas formándose gas nitrógeno y óxido nitroso que se liberan a la atmósfera.

Las transformaciones bacterianas del nitrógeno en el suelo, son de la forma orgánica a la amoniacal, y posteriormente, a nitrato (mineralización). Tanto uno como otro

(amoníaco y nitrato), pueden ser utilizados por los microorganismos del suelo, pasándolos a la forma orgánica (inmovilización) (Benavides<sup>2</sup>).

En cultivos inundados, como es el caso del arroz, la transformación del nitrógeno orgánico es a la forma amoniacal, no formándose nitrato por la escasez de oxígeno en el medio (Saigusa, 1998).

En cultivos de secano, con precipitaciones bajas y temperaturas altas, las pérdidas por desnitrificación son escasas, sin embargo, pueden ser elevadas por volatilización del amoníaco. La lixiviación de los nitratos es más frecuente en el caso en que coincida el período de aplicación con el de lluvias (Díaz y col, 1990).

## **2.5.2 Vías de Contaminación**

Las vías de contaminación son las siguientes:

### **2.5.2.1 Suelo**

El suelo es un medio que sirve de filtro de todos aquellos productos que son aplicados. Solamente los compuestos solubles pasan directamente a las aguas freáticas.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) desempeña un papel importante en la relación de los cationes. Los cationes metálicos y también el ión amonio  $\text{NH}_4^+$  pueden ser retenidos en los sitios de intercambio para su posterior utilización por las plantas, o los microorganismos del suelo. Es importante conocer el valor de la CIC de un suelo para poder evaluar las posibilidades de contaminación (Hong, 1998).

Suelos ricos en materia orgánica y arcillas, tienen valores más elevados de CIC que los arenosos y pobres en materia orgánica, lo que provocará una mayor fijación de cationes en los primeros. Asimismo, y en relación con lo anterior, se encuentra la conductividad hidráulica y la geometría de los poros de los suelos, debido a que en suelos

---

<sup>2</sup>Carlos Benavides. Ingeniero Agrónomo. Profesor de la Cátedra de Fertilidad de Suelos, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería y Suelos, 1999 (Comunicación Personal).



arenosos, con elevada conductividad y baja retención de humedad, se da lugar a un mayor lavado de los compuestos solubles.

La transformación de  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{NO}_2$  y  $\text{N}_2$  (desnitrificación) es más activa en suelos arcillosos, ya que es necesario que existan condiciones anaeróbicas y una conductividad hidráulica baja, y en los suelos ricos en materia orgánica, se estimula la actividad microbiana y con ello el gasto de oxígeno (Cepuder, 1998).

Las pérdidas por escorrentía se incrementan al aumentar la pendiente del terreno. Las pérdidas de nitrógeno, desde abonos orgánicos, por escorrentía son mayores si no existe una incorporación del residuo en el suelo. Se observan mayores pérdidas en el invierno, cuando las aplicaciones se realizan, coincidiendo con períodos de lluvias (Craswell, 1998).

En general, los efectos negativos de los fertilizantes en el medio ambiente se deben sobre todo a un manejo inadecuado de estos productos. Se piensa que 100% de los problemas que ocasionan en la actualidad se pueden subsanar con un manejo adecuado de la fertilización. En la mayoría de los casos se utilizan los fertilizantes inorgánicos en exceso, debido a la creencia de que las plantas estarán de esta forma mejor nutridas. En realidad, el exceso de elementos nutritivos se pierde fácilmente por lavado o por fijación en el suelo. Así la aplicación de niveles adecuados de fertilizantes ocasionará un doble beneficio: un menor gasto por parte del agricultor y una disminución del peligro de contaminación del agua (Saigusa, 1998).

En nuestro país el uso de abonos orgánicos no es elevado, sólo en determinadas zonas donde existe oferta de estos productos. La aplicación de estos productos se realiza normalmente desde comienzos del otoño hasta la primavera, período que coincide con el de lluvias en la mayoría de los años. Si no se incorporan adecuadamente en el suelo, están expuestos a que los productos solubles y otros que queden en suspensión sean arrastrados con el agua de escorrentía, contaminando de esta manera las aguas superficiales cercanas. La contaminación de las aguas subterráneas, con organismos

patógenos, es más difícil dado que el suelo no ofrece las condiciones generales, necesarias para el desarrollo de estos microorganismos. (Beajunot, 1994).

#### 2.5.2.2 Agua

El nitrógeno es el elemento que se encuentra con más frecuencia como contaminante de las aguas, ya que su utilización es considerablemente más elevada que los demás, unido esto, a su mayor facilidad de pasar a la solución del suelo. El nitrógeno en el agua se encuentra fundamentalmente en forma de  $\text{NO}_3^-$  también existe como  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_2^-$ . Estos dos últimos suelen representar muy bajas proporciones. Esto es lógico teniendo en cuenta que los nitritos se oxidan fácilmente a nitratos, y el amonio suele quedar fijado en los sitios de intercambio del suelo o también puede ser oxidado a nitrato. (Díaz y col, 1990).

Los factores que afectan a la contaminación de las aguas por nitratos son:

- Tipo de suelo: En aquellos suelos que presenten una elevada conductividad hidráulica, una escasa profundidad, una baja capacidad de retención de humedad, drenaje sin restricciones, alta infiltrabilidad y alta permeabilidad se favorece la lixiviación de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$  en las napas subterráneas.
- Tipo de material geológico: Las litologías más permeables (formaciones aluviales, calizas y formaciones fisuradas, arenas) facilitarán la contaminación de las aguas subterráneas, mientras que las más impermeables (terrenos antiguos metamorfizados, terrenos graníticos o ultrametamórficos) serán más susceptibles de contaminar las aguas superficiales.
- Régimen de lluvias: En aquellas zonas en donde se registran elevadas pluviometrías, y una baja evapotranspiración, se favorece el lavado de compuestos solubles desde el suelo, es decir, la pérdida de elementos nutrientes del suelo, favoreciendo la contaminación de las aguas subterráneas.
- Manejo del riego: Un mal manejo del riego puede fomentar la contaminación de las aguas, tanto subterráneas como superficiales. La aplicación de agua en exceso, a parte

de suponer un mayor gasto de agua y de energía, en algunos casos, puede provocar el lavado de compuestos solubles hacia las aguas subterráneas.

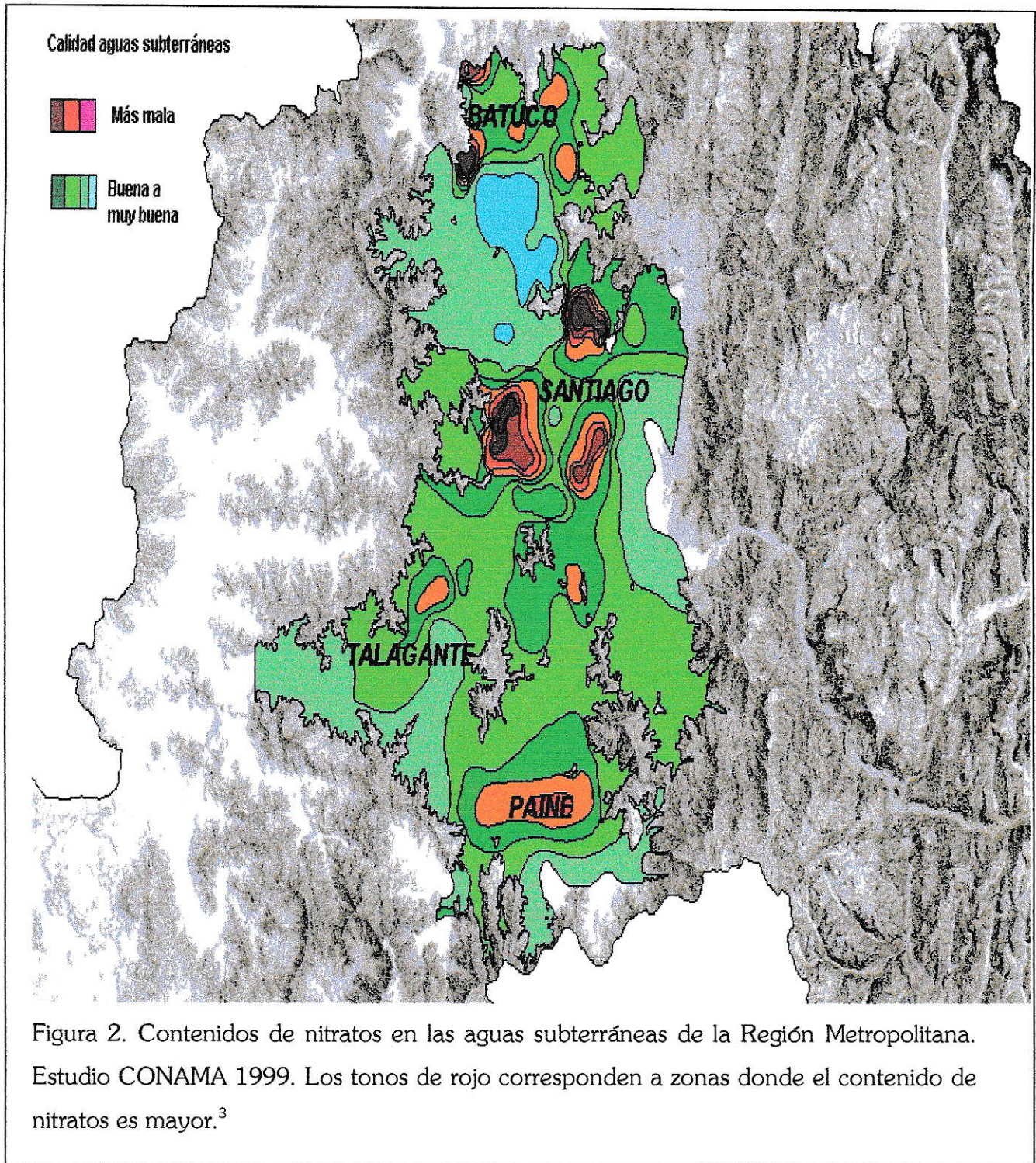
- Época de aplicación de los fertilizantes: Si la aplicación se realiza en períodos de lluvias, las pérdidas de elementos por escorrentía o por infiltración serán elevadas.
- Tipo de aporte nitrogenado: El aporte de nitrógeno contenido en materiales orgánicos supone una entrega gradual de las formas minerales susceptibles de ser lixiviadas, en tanto, que el aporte directo del nitrógeno mineral, contenido en las sales fertilizantes, produce un incremento abrupto de la concentración de las formas minerales de nitrógeno en el suelo, potenciando las pérdidas por lixiviación (Haque, 1999).

### **2.5.3 Efectos en el medio ambiente**

La agricultura intensiva ha requerido cantidades cada vez mayores de fertilizantes, hasta el punto que ha provocado alarmantes aumentos en su concentración en los cuerpos de aguas subterráneas, lo que representa un peligro potencial para los usuarios, si es que el agua no recibe el tratamiento adecuado.

La presencia de  $N-NO_3^-$  en las aguas subterráneas, por sobre la normativa vigente, puede inducir a problemas sanitarios y ambientales. En la Región Metropolitana existen zonas que se encuentran mayormente vulnerables a la contaminación por nitratos, debido al riego de estas áreas con aguas servidas y por lo tanto aumentan considerablemente las cargas contaminantes que llegan a las aguas subterráneas de la región, de manera tal, que es importante conocer la dinámica de los procesos que intervienen en la dispersión y flujo de los compuestos nitrogenados para así conocer las zonas más vulnerables a la contaminación de los acuíferos.

En la Figura 2 se observa un mapa que muestra las zonas de la Región Metropolitana que concentran las mayores cargas contaminantes con nitratos.



<sup>3</sup>Gentileza CONAMA R.M. . Departamento Recursos Naturales.

### 2.5.3.1 Aspectos sanitarios (OPS, 1998)

Normalmente, de 1 a 2% de la hemoglobina del organismo se halla en forma de metahemoglobina, pero cuando la proporción excede el 10%, es posible detectar los efectos clínicos (la metahemoglobinemia); 30 a 40% da lugar a casos de anoxia. El consumo habitual de agua con cantidades elevadas de  $\text{N-NO}_3^-$  en solución, favorece la aparición de la metahemoglobinemia y de muerte en infantes. Los alcances de este problema han sido estudiados por la OMS y se ha recomendado que los abastecimientos de agua que contienen niveles altos de nitratos (10 mg de  $\text{NO}_3^-$  / L) no debería usarse para preparación de alimentos en infantes. Se atribuye la susceptibilidad de los infantes al nitrato a: su alta ingesta en relación con su peso corporal, la presencia de bacterios reductores de nitrato en la parte superior del tracto gastrointestinal, y a la mayor facilidad de oxidación de la hemoglobina. Los infantes a diferencia de los adultos, tienen también deficiencia de dos enzimas específicas que pueden convertir la metahemoglobina de nuevo en hemoglobina.

Se ha llevado a cabo un gran número de estudios de los niveles de nitrato en el agua que produce metahemoglobinemia; sin embargo, hay discrepancias en cuanto a las conclusiones relativas al nivel umbral para que se produzca un efecto. No se tiene conocimiento de casos con una concentración menor de 10 mg de  $\text{NO}_3^-$  / L. Ahora bien, aunque las manifestaciones clínicas de la metahemoglobinemia infantil pueden no ser aparentes en estos niveles, si se producen incrementos inconvenientes en los niveles de metahemoglobina en la sangre.

Por otro lado, cuando los nitratos que se ingieren pueden convertirse fácilmente en nitritos, ya sea por la boca o en parte del organismo donde la acidez es relativamente baja (alto pH), es posible que se produzcan nitrosaminas, algunas de las cuales podrían ser carcinógenas. Los estudios epidemiológicos han demostrado que existe un mayor riesgo de padecer cáncer en zonas expuestas a mayores contenidos tanto de nitrato como de nitrito en agua de consumo potable, por tal motivo es fundamental conocer las zonas de alto riesgo par tomar medidas preventivas.

### *2.5.3.2 Aspectos ambientales.*

En lugares tales como lagos, pantanos o mares, en donde el movimiento del agua es reducido, un aumento de la concentración de nitrógeno, transportado por ríos o drenes hasta ellos, da lugar a un crecimiento explosivo de las algas. El desarrollo puede ser tan grande que impida que la luz llegue a las zonas más profundas, donde las algas morirán. Al descomponerse utilizan el oxígeno disuelto en el agua. Las poblaciones de peces y otros seres vivos disminuyen por esta causa y por la reducción de alimentos disponibles en las cadenas tróficas. Con el tiempo los diferentes organismos van desapareciendo, hasta llegar a desaparecer completamente la vida, convirtiéndose en un lugar contaminado y eutroficado de forma irreversible (Díaz y col 1990).

Los abonos orgánicos (sin ningún tipo de tratamiento) pueden contaminar las aguas superficiales con bacterias y otros microorganismos nocivos para la salud humana y otros seres vivos. El riesgo de contaminación, es mayor en zonas donde el subsuelo es impermeable. Si no se realiza bien la mezcla del abono con el suelo, o la aplicación se realiza en períodos de lluvia, se darán pérdidas del abono por escorrentía. Este peligro puede resultar significativo en zonas donde se estercolan praderas de montaña con elevadas pendientes.

La contaminación de aguas subterráneas por microorganismos patógenos provenientes de abonos orgánicos es casi siempre inexistente, ya que en el suelo no se dan las condiciones de desarrollo que requieren los microorganismos patógenos.

Al realizar aplicaciones tanto de fertilizantes orgánicos como inorgánicos se producen cambios en la ecología del suelo. Las poblaciones de organismos aumentan o disminuyen según el caso, junto con cambios en las características químicas del suelo.

En un suelo agrícola no se puede considerar a estas transformaciones como contaminación propiamente tal, ya que realmente no existe un equilibrio ecológico

establecido. Sin embargo, algunas veces los efectos causados por exceso en la aplicación pueden ser graves, causando fitotoxicidades o contaminando alimentos.

Cuando se aplican micronutrientes hay peligro de producir fitotoxicidad, ya que la mayoría son peligrosos para las plantas al sobrepasarse los máximos admitidos. La aplicación de fertilizantes con un elevado contenido de elementos pesados origina la adsorción de éstos en los sitios de intercambio catiónico y su posible asimilación por los cultivos.

## **2.6 LEGISLACION SOBRE BIOCIDAS EN CHILE<sup>4</sup>**

Los biocidas son insumos que permiten controlar las plagas, malezas y enfermedades que ocasionan pérdidas a los cultivos y con ello una disminución de los rendimientos.

En Chile, el Ministerio de Agricultura, a través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), tiene la misión de reglamentar y controlar los diversos aspectos que se relacionan con la fabricación, importación, envasado, distribución y aplicación de los biocidas de uso agrícola. En virtud de ello, ha dictado diversas disposiciones que norman esta materia. El objetivo de estas medidas es propender el empleo correcto y eficiente de los plaguicidas de uso agrícola en la protección de los cultivos, con riesgo mínimo para la salud humana, la fauna y el medio ambiente.

La definición de biocida vista anteriormente, considerada de carácter general, se acota posteriormente en la resolución N° 1.178, la cual dispone el Registro de los biocidas de Uso Agrícola. La normativa establece que para efectos de esta resolución, es plaguicida de uso agrícola cada formulación comercial de los insecticidas, acaricidas, nematocidas, molusquicidas, rodenticidas, avicidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas,

---

<sup>4</sup> Gentileza Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. Departamento Protección Agrícola. Subdepartamento Defensa Agrícola.

defoliantes, desecantes, fitorreguladores, acondicionantes, atrayentes, feromonas, repelentes, y otros que el SAG determine, mediante Resolución Exenta, que se emplee con fines agrícolas.

El Decreto Ley N° 3.557 del Ministerio de Agricultura, denominado de Protección Agrícola, contiene la legislación básica sobre esta materia.

El conjunto de Resoluciones que emanan, principalmente, de la facultad que confiere al SAG el artículo 35° del Decreto Ley mencionado, y que están dirigidas a establecer las regulaciones, restricciones, prohibiciones y otras que se consideren necesarias para el buen manejo de los biocidas de uso agrícola.

## **2.6.1 Disposiciones relativas al registro de los plaguicidas de uso agrícola**

### *2.6.1.1 Resolución N°1.178*

Esta normativa establece que todos los biocidas de uso agrícola que se fabriquen, importen o usen en el país deben estar inscritos en el Registro biocidas Agrícolas que lleva el Departamento de Protección Agrícola del SAG.

Esta resolución, basada en las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, sobre la materia, considera la necesidad de que el SAG, en su papel de regulador y fiscalizador, deba disponer de información detallada sobre las características de cada uno de los productos que se usan en el país. Esto, porque de acuerdo a la definición establecida por la FAO, registro “es el proceso por el cual la autoridad nacional competente aprueba la venta y utilización de un biocida, previa evaluación de datos científicos completos que demuestren que el producto es eficaz para el fin a que se destina, y no entraña riesgos indebidos para la salud humana o el ambiente.”



### *2.6.1.2 Resolución N° 2.054*

Tomando en consideración el Programa de Corporación Técnica de FAO, mediante el cual se ha diseñado un Sistema Integral de Informática de biocidas, el que permite computarizar el sistema de registro de biocidas de uso agrícola, y, los acuerdos alcanzados en el Grupo de Trabajo Permanente de Plaguicidas (GTP-P), del comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur (COSAVE), del cual Chile es miembro, esta normativa modifica los numerales 7.1 y 7.2 de la Resolución N° 10.178. En estos puntos se establece el listado de antecedentes que deben consignarse para solicitar la inscripción de un biocida de uso agrícola en el Departamento de Protección Agrícola del SAG.

De esta manera, en esta nueva normativa el punto 7.1. corresponde a los antecedentes del ingrediente activo, con las propiedades físicas y químicas, de utilidad, la metodología analítica, de residuos, aspectos sobre seguridad, datos toxicológicos, ecotoxicológicos y sus efectos ambientales.

El punto 7.2. corresponde a los antecedentes generales del producto formulado, donde se consideran aspectos que tienen relación con la descripción del producto, con su composición, propiedades físicas y químicas, propiedades físicas relacionadas con el uso, datos sobre la aplicación y manejo del producto, los envases, residuos, datos ecotoxicológicos y efectos sobre el medio ambiente.

### *2.6.1.3 Resolución N°19*

Para los efectos de cumplir con los requisitos que establece el punto 4 de la Resolución N°1.178, en el sentido de que para el registro de determinados plaguicidas es necesario contar con antecedentes en que se demuestre la eficacia del producto para los fines recomendados, los cuales deben obtenerse mediante experiencias efectuadas o supervisadas por estaciones experimentales públicas o privadas nacionales, reconocidas

para el objeto, por el SAG. La Resolución N°19 señala los requisitos para reconocer idoneidad de las estaciones experimentales destinadas a probar biocidas.

#### *2.6.1.4 Resolución N°415*

Esta normativa complementa la Resolución N°1.178. En ella se considera la situación de los biocidas utilizados por las empresas multiplicadoras de semillas de exportación, los cuales, aún cuando no son empleados en el país, son exigidos por los países importadores. Bajo estas circunstancias, la resolución permite la importación de estos plaguicidas sin exigir para ello su inscripción en el Registro de Biocidas de Uso Agrícola. Sin embargo, para proceder a su internación debe elevarse una solicitud al Departamento de Protección Agrícola, en la cual se indicarán una serie de antecedentes relacionados con el producto. El Departamento de Protección Agrícola autorizará la internación mediante una resolución, detallándose en ella, las condiciones que regularán el ingreso y manejo del producto en el territorio nacional.

#### **2.6.2 Disposiciones relativas al envasado y etiquetado de los biocidas de uso agrícola.**

La normativa legal sobre esta materia esta contenida en el artículo 32° y 34° del Decreto Ley N°3.557.

El artículo 32° en su inciso primero dispone que “todo biocida deberá distribuirse en envases cerrados y con etiquetas en que se indique, en forma indeleble, la composición del producto, las instrucciones para su uso, las precauciones que deben adoptarse, y el nombre del fabricante o importador”.

El artículo 34° en su primer inciso establece que “los usuarios de biocidas deberán emplearlos de acuerdo con las normas técnicas señaladas en la etiqueta, adoptando las medidas de seguridad en ella indicadas y respetando los plazos que deben transcurrir

entre la última aplicación y la cosecha. Sólo con autorización expresa del servicio podrá dárseles un uso distinto”.

#### *2.6.2.1 Resolución N° 1.178*

En el Numeral 7.37. de esta normativa, se establece la presentación del proyecto de etiqueta con que se expenderá el biocida en el país, dentro de los documentos solicitados para la inscripción de un producto en el Registro de biocidas de Uso Agrícola. Este proyecto de etiqueta debe realizarse de acuerdo a:

#### *2.6.2.2 Resolución N° 1.179*

Basada en las directrices establecidas por la FAO para el etiquetado correcto de los biocidas, el objetivo de esta resolución es que se den a conocer a los usuarios los elementos esenciales, no solamente para el control de los organismos dañinos, sino también las precauciones que deben observarse para que el producto resulte lo más seguro posible.

Según lo acordado, todo biocida de uso agrícola debe distribuirse en envases cerrados y con etiquetas indelebles. De acuerdo a esto, la Resolución N°1.179 establece que:

- Las etiquetas deben estar escritas en español.
- El campo de la etiqueta debe dividirse en 3 sectores verticales paralelos debiendo consignarse en el sector izquierdo los aspectos de precaución relativos al uso del producto, al almacenamiento, junto con los síntomas de intoxicación, primeros auxilios, antídotos y tratamiento médico. También debe indicar el tiempo de reingreso al área tratada.
- El sector central se reserva para la identificación del producto, señalándose el nombre comercial, la clase y formulación, la composición porcentual, el N° de Registro en el SAG y emblemas de peligro y palabras de prevención de acuerdo a la categoría toxicológica.

- En el sector derecho van indicadas las instrucciones de uso, la compatibilidad, la fitotoxicidad y el periodo de carencia.
- En todo el borde de la etiqueta, una franja de color indica la categoría toxicológica a la que pertenece el producto.

La categoría toxicológica de los plaguicidas de uso Agrícola está establecida en:

### 2.6.2.3 Resolución N°1.177

Esta normativa, basada en la Clasificación de los biocidas según sus riesgos, de la Organización Mundial de la Salud, OMS, categoriza los productos formulados de acuerdo a su toxicidad aguda oral (por ingestión) y/o dermal (por aplicación cutánea).

La toxicidad aguda se mide por la Dosis Letal 50 (DL50) que corresponde a la dosis única de producto que administrada por la boca o absorbida a través de la piel, produce la muerte del 50% de una población de animales en ensayo. Se mide en miligramos de producto por kilo de peso corporal (mg/Kg).

Según esto, los productos formulados se dividen en 4 categorías que se expresan en la etiqueta como una banda de color en todo el borde inferior de la misma, y en emblemas de peligro y palabras de prevención de acuerdo a lo siguiente:

- Categoría I: Extremadamente tóxico, banda roja, emblema calavera y tibias cruzadas y las palabras Peligro-Veneno.
- Categoría II: Altamente tóxico, banda amarilla, emblema calavera y tibias cruzadas y las palabras Cuidado-Veneno.
- Categoría III: Moderadamente tóxico, banda azul y la palabra Cuidado.
- Categoría IV: Tóxico, banda verde y la palabra Precaución.

Las etiquetas deben ser de fondo blanco con las letras negras y no debe aparecer ningún otro color excepto el de la franja correspondiente a la categoría toxicológica, y en ciertos casos el logotipo de la empresa.

Se debe tener siempre presente, que el buen empleo de un biocida de uso agrícola depende, principalmente, de la buena información que del mismo se posea, y para ello es la etiqueta que lleva el envase el elemento principal, y a veces único de que dispone el usuario para obtener esta información.

#### *2.6.2.4 Resolución N°938*

Complementa la resolución N°1.179, al establecer la obligación de incluir en la etiqueta, o en las etiquetas complementarias, las tolerancias de residuos, establecidas para ese biocida, en los países o áreas económicas que son mercado de exportación de productos vegetales chilenos.

#### *2.6.2.5 Resolución N°412*

Complementando la Resolución N°1.179, esta normativa incorpora el uso de pictogramas en la etiqueta, los cuales deben ir ubicados en la franja de color, correspondiente a la categoría toxicológica, de acuerdo con las normativas FAO/GIPAG. Los pictogramas son dibujos simples que comunican un mensaje sin palabras. Su función es ayudar a entender las advertencias e indicaciones que aparecen en la etiqueta, complementando los textos que figuran en ella, sin sustituirlos.

La FAO en cooperación con el Grupo Internacional de Asociaciones de Fabricantes de Productos Fitosanitarios (GIPAG), ha diseñado una serie de pictogramas que representan las precauciones e indicaciones relacionadas con las situaciones en las que el agricultor debe tomar medidas especiales: cuando almacena el producto, cuando

manipula el concentrado, cuando lo aplica y las advertencias que tienden a proteger el ambiente.

### **2.6.3 Disposiciones relativas a la fiscalización del envasado, etiquetado, distribución y comercialización de biocidas.**

Las disposiciones sobre esta materia están contenidas, básicamente, en los siguientes artículos de Decreto Ley N°3.557.

#### **2.6.3.1 Artículo 32°**

Establece el control que el SAG ejerce sobre los envases, el etiquetado y la composición química de los biocidas. En su inciso primero indica: “todo biocida deberá distribuirse en envases cerrados y con etiquetas en que se indique, en forma indeleble, la composición del producto, las instrucciones para su uso y las precauciones que deben adoptarse y el nombre del fabricante o importador”. Esto de acuerdo a lo que establecen la Resolución N°1.179 y la Resolución N°938.

El inciso segundo establece, “El SAG podrá captar muestras de los biocidas en cualquier etapa de su comercialización, aplicando las sanciones pertinentes sí a través del análisis respectivo se compruebe que la composición química del producto no corresponde a la leyenda estampada en el envase.

#### **2.6.3.2 Artículo 33°**

Establece la prohibición de “fabricar, almacenar o transportar biocidas en locales o vehículos en que puedan contaminarse productos vegetales o cualesquiera otros que estén destinados al consumo del hombre o de animales domésticos”

### **2.6.3.3 Artículo 34°**

En su primer inciso obliga a “los usuarios de biocidas a emplearlos de acuerdo con las normas técnicas señaladas en la etiqueta, adoptando las medidas de seguridad en ella indicadas y respetando los plazos que deben transcurrir entre la última aplicación y la cosecha. Sólo con autorización expresa del Servicio Agrícola y Ganadero podrá dárseles un uso distinto.”

El inciso segundo establece; “ el SAG podrá prohibir la utilización o venta de los vegetales que resulten contaminados con biocidas o con residuos de ellos superiores a los permitidos, o retenerlos temporalmente. Asimismo, podrá ordenar su destrucción o decomiso si las circunstancias así lo requieren”.

### **2.6.4 Prohibiciones de plaguicidas de uso agrícola**

Haciendo uso de la facultad otorgada al SAG por el artículo 35° del decreto Ley N°30557, mediante el cual, éste puede por resolución exenta publicada en el Diario Oficial, y fundada en razones técnicas o sanitarias regular, restringir o prohibir la fabricación, importación, distribución, venta y aplicación de biocidas, ha dictado las siguientes resoluciones que prohíben la importación, fabricación, venta y uso de biocidas.

#### **2.6.4.1 Resolución N°1.720**

Prohíbe la importación, fabricación y uso del monofluoracetato de sodio o compuesto 1080.

#### **2.6.4.2 Resolución N°639**

Prohíbe la importación, fabricación, venta, distribución y uso del biocida DDT.

#### **2.6.4.3 Resolución N°107**

Prohíbe el uso del dibromuro de etileno en fumigación de productos hortofrutícolas.

#### **2.6.4.4 Resolución N°2.142**

Prohíbe la importación, fabricación, venta, distribución y uso de plaguicidas dieldrín, endrín, haptacoloro y clordán.

#### **2.6.4.5 Resolución N°2.003**

Prohíbe la importación, fabricación, venta, distribución y uso de aldrín.

#### **2.6.4.6 Resolución N°1.573**

Prohíbe la importación, distribución, venta y aplicación del fitoregulator daminozide.

#### **2.6.4.7 Resolución N°996**

Prohíbe la importación, fabricación, distribución, venta y uso de biocidas que contienen sales orgánicas e inorgánicas de mercurio.

#### **2.6.4.8 Resolución N°3.195**

Prohíbe la importación, fabricación, venta, distribución y uso del biocida mevinfos. Estas resoluciones son válidas hasta el año 1997.

### **2.7 IMPORTACIONES DE BIOCIDAS DE USO AGRÍCOLA**

La importación de los biocidas de uso agrícola esta normada por el Decreto de Ley N° 3.557, la resolución N° 1178 y la Ley N°18.164 del Ministerio de Hacienda. En esta última se establece que la recepción de los biocidas de uso agrícola de importación se realiza, en primera instancia, por el servicio de Aduanas quien, previo a autorizar la internación aduanera de algún producto, debe obtener la aprobación del SAG. Esta autorización se otorga solamente a aquellos biocidas que se encuentran inscritos en el Registro de biocidas de Uso Agrícola.



Las resoluciones fueron consideradas válidas hasta el año 1997 con el objeto de mantener coherencia con los documentos utilizados para la realización del estudio.

## **2.8 INSTITUCIONES RELACIONADAS CON LA NORMATIVA SOBRE BIOCIDAS**

### **2.8.1 Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)**

El SAG está facultado por ley para regular, restringir o prohibir la fabricación, importación, distribución, venta y aplicación de biocidas de uso agrícola. Sin embargo, debido a la estrecha relación que presentan estos productos con la agricultura, con el hombre y el medio ambiente, se han constituido dos instancias de trabajo relacionadas con el tema.

### **2.8.2 Comisión Mixta Salud-Agricultura**

Constituida en 1982, esta comisión de carácter institucional esta integrada por representantes de los Ministerios de Salud y Agricultura. Tiene acción permanente con carácter resolutivo, y está destinada al estudio y proposición de las soluciones que correspondan cuando la aplicación de los biocidas de uso agrícola constituya un problema para la salud de las personas, para el ecosistema u otras actividades relacionadas.

### **2.8.3 Comisión Asesora en el Uso y Aplicación de biocidas en la Agricultura**

Convocada por el Ministerio de Agricultura, esta conformada por todos los sectores públicos y privados vinculados con esta materia. La acción de esta comisión esta circunscrita a asesorar a las organizaciones institucionales, que tienen relación con el tema de biocidas de uso agrícola, en el análisis y propuesta de acciones concretas tendientes a mejorar la normativa existente y a desarrollar un programa de educación y capacitación en el sector rural.

El programa general de acción de esta comisión se divide en 3 áreas temáticas: educación y capacitación; normativa legal en relación con los registros, distribución, comercialización y residuos; y normativa legal-laboral.

#### **2.8.4 FAO Y LOS BIOCIDAS**

La organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, con la cooperación de la industria agroquímica y otras organizaciones internacionales, ha preparado un Código Internacional de conducta para la distribución y utilización de biocidas. Este Código tiene como objetivos principales:

- Establecer normas de conducta, de carácter voluntario, destinadas a todos los que están relacionados con la distribución y utilización de biocida, particularmente en los casos en que no existe una legislación nacional para regular los biocidas o cuando los controles existentes son insuficientes.
- Plantea la necesidad de un esfuerzo de cooperación entre todos los sectores involucrados para fomentar prácticas que aseguren el uso eficaz de los biocidas, reduciendo al mínimo los riesgos para la salud y el ambiente que pueden derivar de una manipulación o utilización impropias.
- Esta dirigido, entre otras entidades, a las organizaciones internacionales, los gobiernos de los países exportadores e importadores, la industria (fabricantes, asociaciones comerciales, formuladores y distribuidores), los usuarios y organizaciones como grupos ecologistas, de consumidores y sindicatos.

Chile, al igual que el resto de los países de la Organización de las Naciones Unidas, ONU, ha adquirido a este Código de Conducta. De la misma forma lo han hecho diversas empresas del sector privado, porque, aún cuando este es un código de carácter voluntario sirve de punto de referencia, no solamente a los países en el sentido de orientar en el establecimiento de normas, sino también a otros sectores relacionados con la materia, porque ayuda a definir a las actividades y responsabilidades que competen a las distintas partes que intervienen en la preparación, distribución y utilización de biocidas.

Este Código está compuesto por 12 artículos que entregan lineamientos de carácter general, sin embargo, el detalle de éstos se encuentra en una serie de directrices, editadas por FAO, cuya finalidad es precisamente la de impartir orientadores a la práctica cada uno de estos artículos.

#### *2.8.4.1 Principio de Información y Consentimiento Previos (PICP)*

El artículo 9, del Código Internacional de Conducta para la distribución y utilización de biocidas de la FAO, se refiere al Intercambio de Información y Principio de Información y Consentimiento Previos. En él describen las disposiciones sobre procedimientos para la aplicación del PICP.

El PICP corresponde a un programa conjunto de la FAO y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y consiste en que de acuerdo con las razones relacionadas con la salud humana o el medio ambiente, deberá existir un acuerdo previo entre las autoridades pertinentes, de los países involucrados en la importación de un productos.

Para asegurar que este principio se cumpla, se ha establecido el procedimiento de ICP, cuyo fin es crear un sistema internacional por el que los países importadores participantes obtengan información sobre los biocidas de uso prohibido o severamente limitado en otros países y así decidir si permitirán, registrarán o prohibirán las importaciones futuras de tales productos.

El gobierno de un país cualquiera que adopte disposiciones para prohibir o limitar severamente el uso o la manipulación de una biocida, con objeto de proteger la salud o el medio ambiente, deberá notificar a la FAO, las medidas adoptadas. La FAO, informará a las autoridades nacionales competentes de otros países, las medidas adoptadas por el gobierno.

La finalidad de la notificación en lo que respecta a las medidas de control, es dar a las autoridades competentes de otros países la oportunidad de evaluar los riesgos relacionados con el biocida y de tomar decisiones oportunas e informadas respecto a la

importación y utilización de los biocidas en cuestión, teniendo en cuenta las condiciones económicas, administrativas, ambientales y de salud pública del propio país.

Las notificaciones de las medidas adoptadas por un gobierno participante del procedimiento de ICP, para prohibir, denegar el registro o limitar el uso de un biocida, debe ser comunicada a la FAO a través de la Autoridad Nacional Designada (ADN), igualmente dicha autoridad es la encargada de recibir y comunicar las notificaciones sobre las decisiones acerca de si su país recibirá importaciones de biocidas incluidos en el procedimiento de ICP. Chile participa del procedimiento de Información y Consentimiento Previos, siendo la autoridad nacional, designada por el Director Nacional del SAG.

Una vez que se determina que un producto debe someterse al procedimiento ICP, se envía un documento de orientación para la toma de decisiones a cada país participante. Este documento de orientación tiene por objeto servir de guía a los gobiernos en el proceso de decisión.

A la fecha, el programa Conjunto FAO/PNUMA para la Aplicación del Principio de Información y Consentimiento Previos (ICP) ha preparado y distribuido a las ADN correspondientes, los siguientes documentos de orientación.

- Documentos de orientación para la toma de decisiones: Aldrin, DDT, Dieldrin, Dinoseb, Fluoroacetamida y HCH (mezcla de Isómeros).
- Documentos de orientación para la toma de decisiones: Clordano, Cihexatin, Dibromuro de Etileno, Heptacloro, Clordimeform y compuestos de mercurio. Estos documentos son válidos hasta el año 1997.

#### *2.8.4.2 Codex Alimentarius*

El *Codex Alimentarius* es un código de normas alimentarias, de carácter voluntario, para todos los países. Tal como lo establece el propio codex, su objeto es servir de guía y a su vez, fomentar la elaboración y el establecimiento de definiciones y

requisitos aplicables a los alimentos para facilitar su armonización y, de esta forma, facilitar igualmente el comercio internacional.

La FAO y la OMS, al reconocer la necesidad de contar con normas internacionales que servirán de orientación a la industria alimentaria e igualmente, protegerán la salud de los consumidores, convinieron en establecer la Comisión del *Codex Alimentarius*, la cual esta integrada por los estados miembros de la FAO y la OMS.

La comisión ha establecido 28 comités de trabajo que abarcan temas sobre asuntos generales y de productos.

Dentro de estos grupos se encuentra el Comité del Codex sobre residuos de biocidas. Chile es miembro de la Comisión del *Codex Alimentarius* y en el caso de los biocidas, ha adherido a las normas sobre límites máximos de residuos, las que se aplican para los alimentos de consumo interno.

El Ministerio de Salud, entidad a quien compete el control de residuos de biocidas en los productos de consumo nacional, regula esta materia de acuerdo a la Resolución N°1.450 del propio ministerio. En esta normativa están considerados los límites máximos permitidos de 66 biocidas en diversos productos alimenticios. Para aquellos biocidas no considerados en esta resolución, se hacen efectivas las recomendaciones del *Codex Alimentarius*.

Para el caso de los productos hortofrutícolas de exportación, los límites máximos de residuos que se deben considerar son los que establece el país importador. En este sentido, la Resolución N°938, obliga a indicar en la etiqueta las tolerancias establecidas para ese plaguicida en los países o áreas económicas que son mercado de exportación de los productos hortofrutícolas.

**CAPITULO III**  
**Materiales y Métodos**

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo, con una duración aproximada de nueve meses, en el Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y en la Comisión Nacional del Medio Ambiente, (CONAMA R.M.).

El estudio se centró en la R. M., ubicada aproximadamente entre los 32° 55' y los 34° 17' de latitud sur y entre los 69° 47' y los 71° 43' de longitud oeste, la que comprende una superficie de 15.554,51 Km<sup>2</sup>.

#### 3.2 METODOLOGÍA

Se realizó una caracterización de la agricultura regional, para ello se consideró la Geografía Agraria de la R. M. (CORFO, 1998) y se realizó una descripción de la zona de estudio.

Se realizó una prospección de las fuentes agrícolas que generan impacto en el medio ambiente, mediante un análisis de los factores que determinan el efecto de la actividad agrícola en la contaminación de los acuíferos. Para evaluar este efecto fue necesario disponer de información relativa al manejo de los cultivos en la zona, al uso del suelo y a las características climáticas del área de estudio.

Se seleccionó, según su importancia, un conjunto de 14 especies hortícolas y de 10 especies frutícolas cultivadas en la Región Metropolitana.

El manejo de estos cultivos, en los aspectos que dicen relación con los volúmenes de aplicación de biocidas y de fertilizantes, corresponde a la información descrita en el texto

“Coeficientes técnicos de producción de frutales y hortalizas para la R. M.” del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) del Ministerio de Agricultura (1988).

La información de uso del suelo por provincias y por especie cultivada, corresponde a la señalada en el VI Censo Agropecuario de la ODEPA, del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), 1997.

La determinación de los volúmenes totales de insumos agrícolas aplicados, tanto de fertilizantes como de biocidas, corresponde al producto entre las dosis recomendadas para la zona de estudio y las superficies cultivadas, según las fuentes de información señaladas anteriormente.

### **3.2.1 Balance hídrico**

Se realizaron balances hídricos para cada uno de los cultivos estudiados, con el objeto de determinar los volúmenes de agua que percolan en profundidad, como factor determinante en la contaminación de los acuíferos. Los balances hídricos de los distintos cultivos, están detallados en el APENDICE I.

Los datos de precipitación ( $P_p$ ) y de evapotranspiración potencial ( $ET_o$ ), tomados como base para el cálculo, correspondieron a los del distrito agroclimático 65.2, descrito por Santibáñez y Uribe (1990), el que se caracteriza por abarcar una gran parte de la superficie regional.

Los valores de los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ), correspondieron a los señalados por Doorenbos y Pruitt, (1979). La capacidad de retención de humedad (CRH), utilizada, fue de 100 mm. La evapotranspiración máxima ( $ET_{m\acute{a}x.}$ ) corresponde a las pérdidas de agua desde una superficie cultivada, por evapotranspiración, en las condiciones óptimas de humedad en el suelo y en las condiciones sanitarias y nutricionales apropiadas para el



desarrollo del cultivo, su valor se obtiene a partir del producto entre los valores de los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) y el valor de la evapotranspiración potencial ( $ET_o$ ).

El valor de  $r_1$  corresponde a la cantidad de agua disponible para el cultivo en el suelo, al principio del mes considerado en el cálculo, esta cantidad es equivalente al valor de  $r$  al final del mes anterior.

La cantidad de agua disponible ( $HD$ ) para el cultivo durante el mes considerado en el cálculo, corresponde a la suma del valor de  $r_1$  y el monto de precipitación caída durante el mes ( $P_p$ ). Su valor equivale a la suma de ambas variables, cuando ésta no excede la capacidad de retención de humedad del suelo ( $CRH$ ) y es igual a este último valor cuando la suma de  $r_1$  y  $P_p$  exceden a la capacidad de retención de humedad del suelo.

La evapotranspiración real ( $ET_r$ ), corresponde a la evaporación de agua desde una superficie cultivada, en las condiciones reales de disponibilidad de agua para el cultivo. Su valor es equivalente a  $HD$  cuando  $ET_{máx.}$  es mayor que  $HD$  y es igual a  $ET_{máx.}$  cuando no se cumple esta condición.

La cantidad de agua disponible para el cultivo al final del mes considerado ( $R_{final}$ ), equivale a la humedad disponible ( $HD$ ) menos el valor de evapotranspiración real ( $ET_r$ ).

El excedente de humedad ( $Exc.$ ) corresponde a las pérdidas de agua desde el suelo, que incluye la suma de la percolación profunda y del escurrimiento superficial. Su valor es equivalente a la suma de  $r_1$  y  $P_p$ , menos  $CRH$ , cuando esta operación arroja un resultado positivo.

El déficit mensual de agua del cultivo ( $Déf.$ ) corresponde a la cantidad de agua que es necesario incorporar al suelo, para satisfacer la  $ET_{máx.}$ , su valor es equivalente a  $ET_{máx.}$  menos  $HD$ , cuando  $HD$  es menor que  $ET_{máx.}$ . No existe un déficit hídrico cuando la cantidad de agua disponible satisface la evapotranspiración máxima.

La percolación profunda corresponde a la pérdida de agua que ocurre cuando existe un excedente de humedad en el suelo. Para efectos de este estudio se estima que el valor de percolación profunda equivale a la suma de una fracción del déficit (Déf.) y del excedente de humedad (Exc.), correspondiendo al 15 y al 30% , respectivamente. Esta estimación incorpora un valor de eficiencia de aplicación del riego promedio de un 50%. (Whitmore, A.P, 1993).

El cálculo de la percolación profunda, se representa en la siguiente Figura

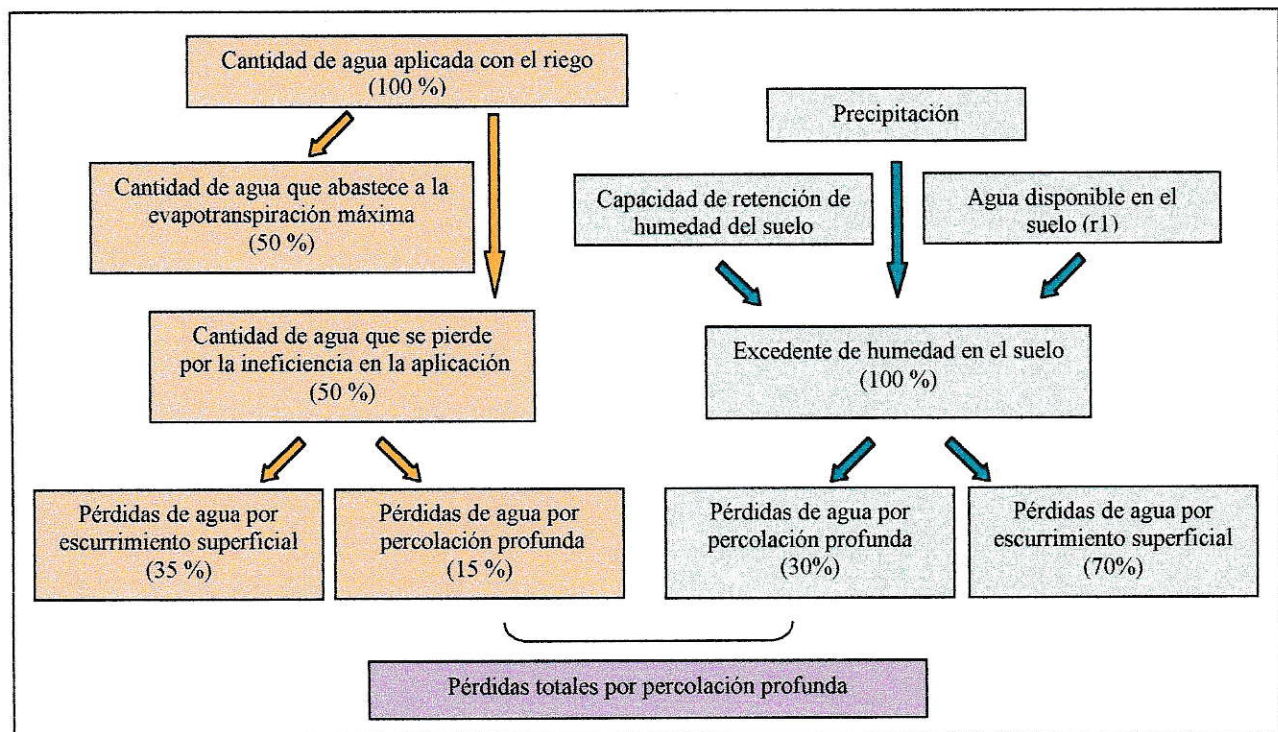


Figura 3. Diagrama conceptual utilizado para estimar las pérdidas de agua por percolación profunda.

### 3.2.2 Estimación de la contaminación por nitratos

Para estimar la fracción del nitrógeno aplicado, que anualmente es arrastrado en profundidad hacia las napas, se considera que el total del nitrógeno aplicado se disuelve en un volumen de agua equivalente a la humedad aprovechable de la capa arable de un suelo. Este volumen se estima a partir de las siguientes variables:

- humedad aprovechable del suelo, cuyo valor corresponde a la diferencia entre los contenidos de humedad a capacidad de campo y punto de marchitez permanente de un suelo, se consideraron valores promedio de 20 y 10%, respectivamente.
- densidad aparente del suelo, el valor considerado es de  $1,3 \text{ Mg m}^{-3}$ .
- volumen de la capa arable, que equivale a  $2.000 \text{ m}^3$ .

La concentración media de nitrógeno en el agua aprovechable para el cultivo corresponde al cociente entre la cantidad de nitrógeno aplicado vía fertilización y el volumen de agua equivalente a la humedad aprovechable del suelo.

Para estimar el aporte de nitrógeno que llega a las napas subterráneas se consideró en el cálculo una eficiencia de lixiviación de los nitratos de un 10%, esto quiere decir, que el agua de percolación arrastra nitratos en una concentración equivalente al 10% de la concentración de nitrógeno en el agua del suelo (Whitmore y col, 1993).

En el cálculo se aplicó un factor de corrección por eficiencia de aplicación del fertilizante de un 75%. Este último valor corresponde a un promedio de la fracción de nitrógeno disuelto en el suelo, expuesta a las pérdidas por lixiviación. El cual asume que en el momento de la aplicación, el 100% del nitrógeno está expuesto a las pérdidas por lixiviación, en tanto que al final del período de tiempo considerado en el cálculo, el 50% del nitrógeno aplicado ha sido absorbido por las plantas.

La determinación de la concentración media de nitratos en aguas de percolación profunda de los cultivos, resulta del cociente entre la fracción de los insumos aplicados

que es potencialmente arrastrada en profundidad y los volúmenes de agua de percolación profunda, determinados en el balance hídrico de cada cultivo.

### **3.2.3 Estimación de la contaminación por pesticidas**

Se seleccionaron 3 productos fitosanitarios, de uso común en la agricultura regional (Azinfosmetil, Captan y Carbofurano). En éstos se consideró una eficiencia de lixiviación de un 5% (Saltzman y col, 1986). Para calcular la cantidad de agua de percolación profunda durante la residencia, es decir el período de tiempo en que permanece el pesticida en el suelo, se requiere conocer la fecha de aplicación del producto, la que depende de la prospección de las plagas agrícolas a las cuales están dirigidos los controles. Las fechas utilizadas en el cálculo, corresponden a las señaladas en los programas fitosanitarios, usados en algunos predios de la Región Metropolitana (Sazo<sup>5</sup>)

El agua percolada durante el período de residencia del plaguicida en el suelo, corresponde a una ponderación entre la cantidad mensual de agua que percola en profundidad, durante la época del año en que es aplicado el producto fitosanitario y la residencia del plaguicida en el suelo. La percolación profunda fue determinada en el balance hídrico y el período de residencia del plaguicida en el suelo corresponde al señalado en las curvas de degradación de algunos pesticidas (González, 1991).

La fracción lixiviable de plaguicida corresponde al 5% de la cantidad media de biocida presente en el suelo durante el período de residencia, esto quiere decir que el agua de percolación arrastra biocidas en una concentración equivalente al 5% de la concentración de biocida en el agua del suelo. Esta cantidad corresponde al producto entre la dosis aplicada y la carga media de biocida durante la residencia, la que a su vez representa una fracción de la carga inicial.

---

Luis Sazo. Ingeniero Agrónomo. Profesor de la Cátedra de Entomología Frutal. Universidad de Chile. Departamento de Sanidad Vegetal, 1999 (Comunicación Personal).

La carga media se obtiene a partir de una ponderación de la evolución de la concentración del biocida durante el período que tarda en degradarse el producto, los valores se obtienen a partir de las curvas de degradación de Azinfosmetil, Carbofurano y Captan. Las curvas de degradación de los biocidas estudiados se encuentran detallados en el Anexo I.

La concentración media de biocida en el agua de percolación profunda, durante este período, corresponde a un cociente entre la fracción lixiviable de biocida y el volumen de agua que percola en profundidad.

La contaminación de las aguas subterráneas por lixiviación de los pesticidas estudiados, depende de la superficie cultivada para los frutales y hortalizas en los cuales se aplican los productos estudiados. La superficie tratada por cultivo y por provincia, corresponde a una fracción de la superficie total cultivada, esta fracción depende directamente de la frecuencia de uso de los distintos productos, útiles en el control de cada plaga. El volumen de contaminantes que potencialmente contribuye a la contaminación de las aguas subterráneas corresponde al producto entre la superficie tratada y la fracción lixiviable del biocida.

La Figura 4-a y 4-b muestran un diagrama conceptual de la Contaminación Agraria Difusa, el que sirvió de base para la elaboración del presente estudio. En la figura 4-a se presentan el esquema de general de desarrollo del estudio y el esquema 4-b incluye todos los parámetros estudiados y analizados para estimar el aporte de la actividad agrícola a las aguas subterráneas de la Región Metropolitana.

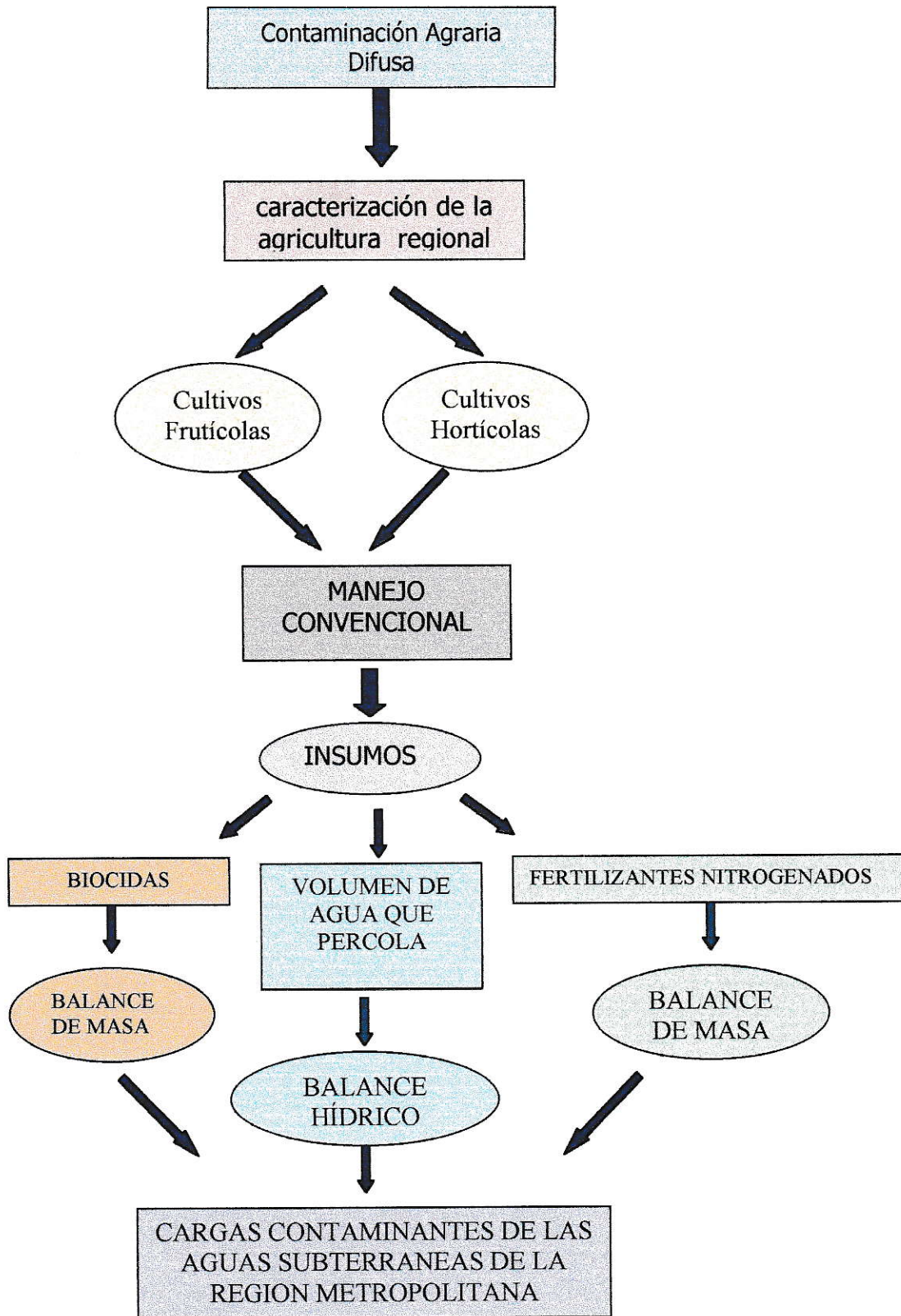


Figura 4-a. Diagrama Global de la Metodología Aplicada.

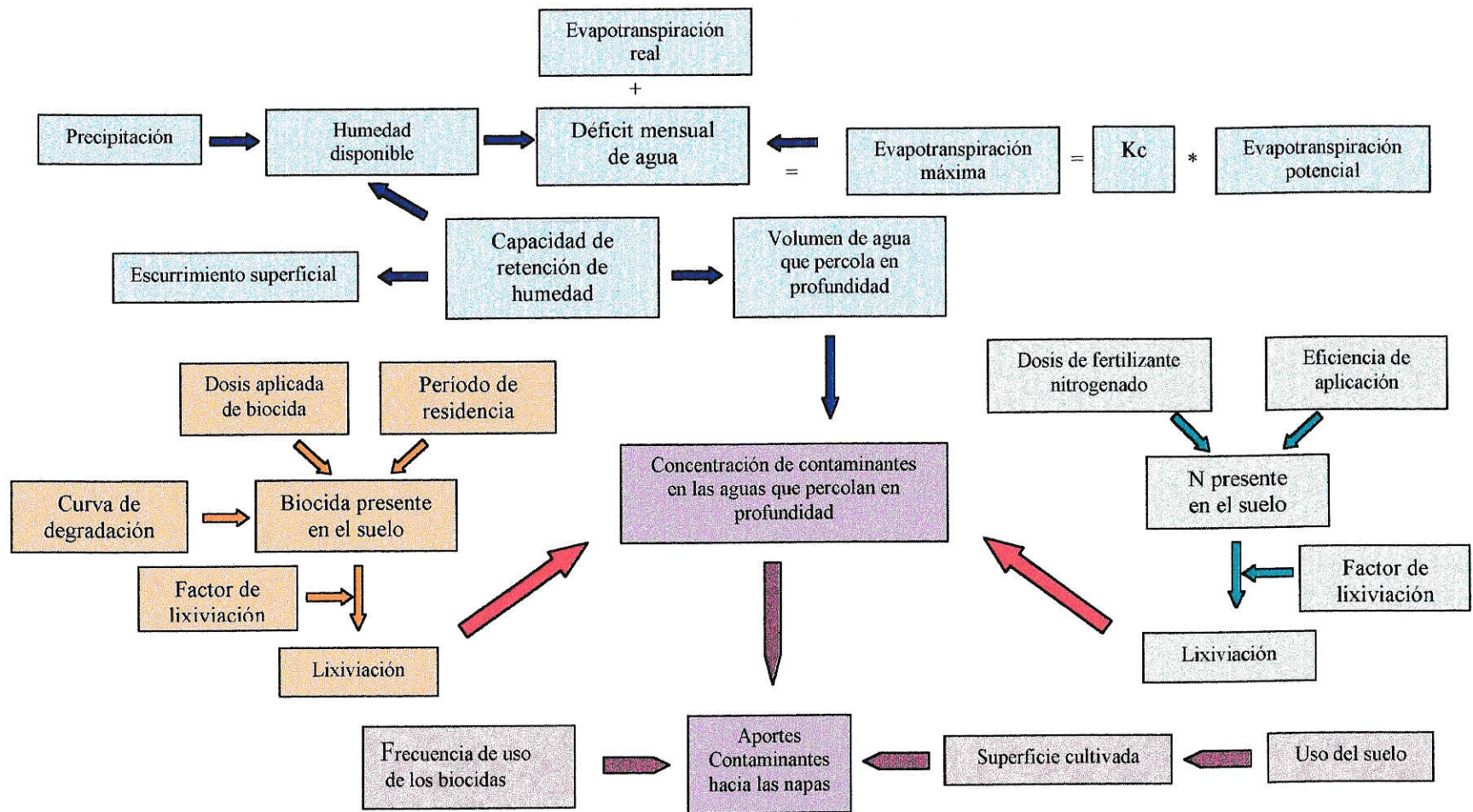


Figura 4-b. Diagrama Conceptual de la Metodología Aplicada en este Estudio

**CAPITULO IV**  
**Resultados y Discusión**



---

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

### 4.1 GEOGRAFÍA AGRARIA DE LA REGIÓN METROPOLITANA

#### 4.1.1 Ubicación geográfica

La Región Metropolitana se localiza aproximadamente entre los 32° 55' y los 34° 17' de latitud sur, y entre los 69° 47' y los 71° 43' de longitud oeste. Comprende una superficie de 15.554,51 Km<sup>2</sup> que comparada con la superficie del país (excluyendo el Territorio Antártico), sólo representa el 2,05% del total nacional, constituyéndose en la región más pequeña de la nación. En la Figura 3 se representa en un mapa la Región Metropolitana con sus respectivas provincias.

La R. M. deslinda al norte y oeste con la Región de Valparaíso, con la cual desarrolla una intensa interacción, como resultado de flujo nacional e internacional de mercancías movilizadas a través de los puertos de Valparaíso y San Antonio. Por el sur, limita con la VI Región, la que destina gran parte de sus exportaciones agropecuarias a la R. M., específicamente a la de Santiago. Finalmente, el límite este de la región lo constituye la frontera con la República de Argentina.

Por otra parte, de la superficie mencionada, un 85,7% corresponde a terrenos montañosos, el 3,3% a espacios urbanizados y aproximadamente el 11%, a superficie agrícola.

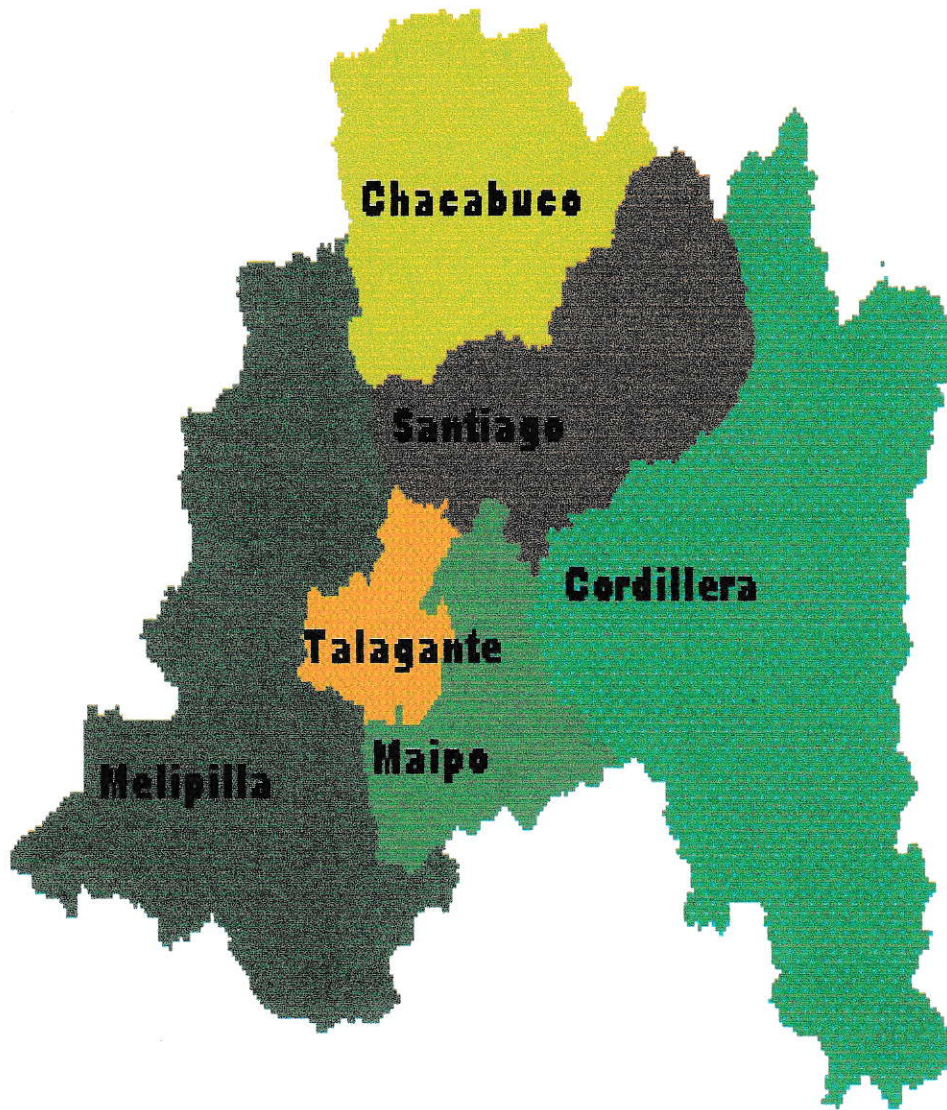


Figura 5 Mapa de la Región Metropolitana desagregado por provincias. <sup>6</sup>

<sup>6</sup> Gentileza CONAMA R.M. Departamento Recursos Naturales.

#### 4.1.2 Sistema natural y sus recursos

Una de las características morfológicas más notables de la región, es la presencia de una cuenca tectónica cuya superficie aproximada alcanza los 3.000 Km<sup>2</sup>. Esta cuenca se hundió hace alrededor de 2 o 3 millones de años, proceso que aún continúa, provocando en forma simultánea la separación de la Cordillera de la Costa de la Cordillera de los Andes. La mencionada cuenca tectónica se ha transformado en el nivel de base para los sedimentos acarreados a través del tiempo por los ríos Maipo y Mapocho. Por otro lado, su relleno sedimentario ha permitido a la R.M. contar en general con buenos suelos de fundación para el asentamiento humano. Además, la riqueza en minerales de estos sedimentos explica la existencia de suelos agrícolas de gran fertilidad, los que se encuentran constantemente amenazados por la expansión urbana, principalmente en el caso del Gran Santiago.

La tasa anual de expansión urbana del Gran Santiago, calculada para el período histórico 1985 – 1998, es de 768,74 ha/año, esta tasa es la más alta registrada hasta hoy. De la superficie de suelos ocupados por expansión urbana del Gran Santiago, el 37 % corresponde a suelos de Clase I, el 33% a la Clase II, el 23% a la Clase III y un 4% a la Clase IV. de capacidad de uso (Santibáñez, y García,1999), esto sugiere que la ciudad continúa expandiéndose sobre suelos de un gran potencial productivo, que podría ser destinado al uso agrícola.

El clima de la R. M. es del tipo mediterráneo, con una temperatura media anual de 14°C, un promedio térmico para el mes más frío (julio) de 8,1°C y para el mes más cálido (enero) de 20°C. La precipitación media anual es de 360 mm. El 77% de las lluvias se concentra en el período mayo y agosto, mientras que el 23% restante se distribuye durante la estación seca, que se extiende entre los meses de septiembre y abril. Así las lluvias se concentran en invierno y están prácticamente ausentes en verano, cuando el ciclo vegetativo de las plantas requiere de mayor humedad. En este sentido, la concentración estacional de las precipitaciones pone de manifiesto la necesidad de utilizar,

durante la estación seca, el agua procedente de la cordillera con el objeto de programar el riego, que constituye el factor condicionante de la agricultura regional (Instituto Geográfico Militar, 1993).

El régimen pluviométrico presenta una distribución anual irregular, experimentando a veces atrasos considerables y en otras ocasiones las lluvias se concentran en un corto período, fluctuaciones que provocan incertidumbre entre los agricultores de esta región.

El sistema hidrográfico regional está constituido por la hoya del río Maipo, la que con sus 15.400 Km<sup>2</sup> de superficie, es una de las más extensas del país. Este río drena la totalidad del territorio regional mediante sus principales tributarios: ríos Volcán, Yeso, Colorado, y Mapocho, y por medio de los esteros de Angostura y Puangue. La hidrografía representa un gran poder erosivo, producto de la topografía desnivelada que debe recorrer en un corto trecho, dando origen a canales terrenosos. Por otro lado, la concentración de las precipitaciones y deshielos en cortas épocas del año, determina un régimen torrencial que forma lechos de dimensiones desproporcionadas en relación con el caudal que escurre la mayor parte del año. El régimen nival, de los ríos de la región, provoca un aumento del caudal entre noviembre y febrero, aporte que resulta beneficioso para el regadío durante la estación seca.

La presencia del sistema hidrográfico del Maipo significa no sólo asegurar la provisión de niveles adecuados de agua para el desarrollo de la actividad agrícola, sino que también lo es para las actividades industriales y mineras, además de asegurar el imprescindible abastecimiento de agua para el consumo humano.(CORFO, 1998).

### 4.1.3 Factores agroecológicos

La región es una zona de características mediterráneas de agricultura múltiple, favorecida por sus condiciones de suelo y clima para una intensificación futura, pero existen limitantes importantes a considerar en su desarrollo.

#### 4.1.3.1 Problemas ambientales

Existen dos factores importantes: la contaminación ambiental general y, en forma especial la contaminación de las aguas. Al respecto el río Maipo tiene tres secciones de captaciones de agua y solamente una, la primera, está considerada como de baja contaminación. El río Mapocho, sin embargo, en sus cuatro secciones presenta altos índices de contaminación, siendo uno de los principales receptores de aguas servidas con un 35% del total de aguas servidas en la Región Metropolitana (SISS, 1999<sup>7</sup>). Estos son los cursos de agua más importantes de la Región; otros menores, como el estero Puangue, también presenta altos índices de contaminación. Entre las consecuencias inmediatas está la limitación de cultivos de hortalizas, lo que tiene consecuencias en el abastecimiento para el consumo fresco y en el abastecimiento a las agroindustrias.

Otro problema dice relación con la degradación creciente de la vegetación nativa, tanto en la Cordillera de los Andes como en la Cordillera de la Costa y cordones intermedios. Esto lleva a significativas pérdidas de suelo por erosión. No menos importante es el deterioro del paisaje, que se observa en todas partes, especialmente en la precordillera andina y en la Cordillera de la Costa. Las causas están ligadas en algunas zonas a los incendios de cerros con vegetación arbórea y herbácea; en otras, a la fabricación de carbón vegetal y a la destrucción por la intervención humana. En cualquier circunstancia, esto ha llevado, además de lo señalado, a que se sequen quebradas y fuentes de agua en estas áreas.

---

<sup>7</sup> Superintendencia de Servicios Sanitarios. Comunicación personal.

#### **4.1.4 Infraestructura regional: efectos sobre el desarrollo agrícola.**

La R. M. se considera la mejor dotada de infraestructura básica del país. Aún así algunos lugares, especialmente en la provincia de Melipilla, presentan carencias de importancia.

##### *4.1.4.1 Infraestructura hidráulica*

La R. M. no dispone de grandes embalses para el regadío. Su infraestructura está básicamente compuesta por redes de canales matrices, secundarios y terciarios, que salen de sus cursos de agua principales: ríos Maipo y Mapocho, esteros Puangue, Angostura. La red de canales es una de las más antiguas de Chile; su conservación es de regular a buena, con problemas de destrucciones parciales en períodos de lluvia. Hay algunos tranques, como Rungue y Huechún, que tienen efectos reguladores en años lluviosos, pero que en aquellos de sequía, hacen un aporte nulo o insignificante. En general, en condiciones normales, la red de canales abastece las necesidades de riego de la actual zona.

Crecientemente hay competencia por los mismos caudales entre los usos urbanos e industriales y el uso agrícola. A largo plazo este será un problema mayor, si no se toman medidas de regulación y de infraestructura de almacenamiento y distribución.

Debido a la contaminación de los cauces superficiales, crecientemente se han perforado pozos profundos para aprovechar las aguas subterráneas, principalmente en el riego de hortalizas y en la ampliación de áreas de frutales. (CORFO, 1998)

## 4.2 SITUACION ACTUAL DE LA PRODUCCION AGROPECUARIA

Hasta los años setenta, la estructura agraria de la región mantenía sistemas de producción en los que la presencia de cultivos anuales tradicionales y ganadería de carne era dominante. Desde ahí en adelante, se inicia un proceso de intensificación productiva, donde la fruticultura y la producción hortícola comienzan un desarrollo importante, este proceso se altera en los años ochenta y noventa.

Gradualmente disminuyen su importancia los cereales principalmente trigo y cebada, desaparece el arroz, y la ganadería de carne disminuye en forma progresiva. Se mantiene como producción pecuaria de importancia la lechería y emerge con fuerza la producción avícola y porcina.

El proceso de intensificación productiva se inicia en las provincias de Maipo y Talagante, expandiéndose sucesivamente a las otras provincias de la región, siendo tal vez Melipilla la que evoluciona más tardíamente. El cambio en el uso del suelo de la Región Metropolitana se muestra la tabla 2.

Tabla 2. Cambios en el uso del suelo en la Región Metropolitana

RUBROS PRODUCTIVOS	TEMPORADA AGRÍCOLA 1975-1976	TEMPORADA AGRÍCOLA 1996-1997
	Superficie (ha)	
Cultivos Anuales	67.391	31.784
Hortalizas y Flores	23.686	25.885
Frutales	28.411	43.506
Viñas viníferas	2.985	6.703
Semilleros	N.D. <sup>1/</sup>	5.898
Fonrajeras anuales	28.979	30.619
Total	151.452	144.359

1/ No determinado

Fuente: VI Censo Agropecuario, 1997.

La evolución indicada en el Tabla 2 muestra tendencias evidentes de reducción de los cultivos anuales, la que se acelera en la década pasada; de una cierta mantención de la extensión hortícola, la que debido al cólera de principios de los noventa se reduce en casi 4 mil hectáreas y después se recupera desplazando las siembras del área poniente de la R.M. hacia las comunas del sur y norte; y de un crecimiento notable de las plantaciones frutales y de vides viníferas.

De acuerdo al Censo Agropecuario 1997, la superficie de riego en la R.M. alcanza a 143.671 ha, cifra bastante aproximada a la de los cultivos agrícolas anuales y permanentes que totaliza el mismo Censo.

Ello es otra demostración de que los cultivos de secano en la región, todavía significativos a mediados de los años setenta, en la actualidad han desaparecido prácticamente. El uso actual del suelo regional se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Uso del suelo en la Región Metropolitana, por provincias.

RUBROS PRODUCTIVOS	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Total Regional
	Superficie (ha)						
Cultivos Anuales	1.716	1.148	921	7.599	15.930	4.434	31.748
Frutales	1.361	5.719	2.249	17.536	9.384	7.256	43.506
Vides Viníferas	380	93	1.009	2.328	972	1.920	6.703
Hortalizas	3.008	6.783	404	4.890	6.087	4.469	25.641
Flores	29	11	71	99	8	25	244
Semilleros	449	1.081	104	1.444	2.049	771	5.898
Viveros	45	20	6	372	40	33	516
Forrajeras	2.590	3.891	2.323	3.662	13.522	4.632	30.619

Fuente: VI Censo Agropecuario, 1997.

Los cultivos anuales han disminuido en forma generalizada, como puede apreciarse en la Tabla 4, con la excepción de la papa, que aún mantiene una rentabilidad promedio competitiva con otros rubros más intensivos.



En la década de los noventa, la disminución de la superficie sembrada ha sido más acentuada debido a la reducción de precios reales, principalmente en cereales, leguminosas y oleaginosas.

En 1997 los cultivos de secano habían desaparecido prácticamente, con sólo 2.465 ha, en su gran mayoría de trigo en la provincia de Melipilla(46%) y en Maipo(26%) respecto del total regional

Tabla 4. Evolución de la superficie de cultivos anuales en la Región Metropolitana.

CULTIVOS	TEMPORADAS AGRÍCOLAS		
	1990-91 <sup>1/</sup>	1995-96 <sup>1/</sup>	1996-97 <sup>2/</sup>
	Superficie(ha)		
Trigo	29.930	16.469	16.432
Avena	1.490	38	276
Cebada	720	271	99
Maíz	15.280	11.607	9.419
Frejoles	1.120	1.205	485
Garbanzos	780	172	54
Papas	4.500	3.552	4.874
Maravilla	2.960	760	5
Otros	80	35	111
Suma	56.860	34.099	31.755

1/ Encuesta Maestra Agropecuaria. INE, 1990-91 y 1995-6

2/ Censo Agropecuario 1997

#### 4.2.1 Hortalizas

La superficie hortícola de la R. M. es de 25.682 hectáreas, las cuales se distribuyen geográficamente según muestra la siguiente Tabla:

Tabla 5 Distribución de la superficie hortícola por provincia

PROVINCIA	SUPERFICIE (ha)	SECTORES
Santiago	3.010	Maipu
Chacabuco	6.795	Colina-Lampa
Cordillera	404	Pirque
Maipo	4.873	Paine-Buin
Melipilla	6.087	Melipilla-María Pinto-Curacaví
Talagante	4.459	El Monte-Talagante
Total	25.682	

Fuente: Censo Agropecuario 1997 INE.

Los cultivos hortícolas considerados en el estudio se señalan en la Tabla 6.

En las hortalizas aparentemente, se produjo una apreciable baja de la superficie cultivada en la R.M. durante la década de los noventa. Este comportamiento obedecería a cuatro causas principales:

- El cólera que se manifestó a principios de la década y que restó una importante extensión de la superficie hortícola tradicional en las comunas del poniente, regadas con aguas servidas. Este factor de contaminación de los cursos de agua sigue presente y sólo se resolverá en la medida que las plantas de tratamiento de aguas servidas entren en servicio.
- Un elemento más coyuntural corresponde a la sequía de la temporada 1996-1997, la que restó importantes superficies de toda la R.M. a estos cultivos.
- La diversificación hortícola en otras regiones y el desplazamiento de las compras agroindustriales hacia las regiones ubicadas más al sur, estarían también contribuyendo a esta reducción.

- La expansión urbana hacia áreas previamente hortaliceras. Mayor incidencia habrían tenido las caídas en ciertas especies, entre los cuales sobresalen los apios, choclos, cebollas, melones, sandías, tomate industrial y zanahorias.

Por el contrario, tendieron a crecer las áreas con habas, lechugas y tomate fresco; mientras se mantenían estables las de porotos granados y verdes, y zapallos de guarda.

Tabla 6 Superficie cultivada de las hortalizas consideradas en el estudio

CULTIVO	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Superficie Regional
	Superficie (ha)						
Ajo	142,9	2.004,6	11,5	105,3	743,6	2.655,1	5.663,0
Apio	696,8	494,3	0,0	152,8	1.210,2	179,6	2.733,7
Cebolla	1.468,8	3.355,3	4.123,2	2.700,9	10.431,2	5.433,2	27.512,6
Choclo	345,3	11.720,1	4.006,6	10.181,1	12.563,1	2.526,2	41.342,4
Coliflor	1.233,5	549,4	70,5	912,8	3.663,3	771,5	7.201,0
Lechuga	1.192,4	30.055,2	42,3	3.470,2	2.186,7	299,7	37.246,5
Melón	562,5	14.128,1	76,5	1.523,4	8.807,9	351,3	25.449,7
Poroto granado	1.141,8	1.958,6	223,8	2.563,2	4.631,7	4.115,8	14.634,9
Poroto verde	1.385,8	5.628,4	349,5	2.514,7	4.736,4	5.055,3	19.670,1
Sandía	22,3	2.601,7	11,3	7.072,3	2.158,4	655,9	12.521,9
Tomate fresco	936,7	4.557,9	4.085,9	6.136,0	4.909,2	1.364,4	21.990,1
Tomate industrial	139,1	3.398,6	66,7	1.825,6	9.195,8	9,3	14.635,1
Zanahoria	834,7	10.105,5	158,6	216,9	1.669,1	136,4	13.121,2
Zapallo guarda	366,3	254,8	40,3	9.413,6	17.086,3	1.313,3	28.474,6

Fuente: ODEPA y Censo Agropecuario, INE.

#### 4.2.1.1 Mercado hortícola

Se trata de un mercado diversificado y en expansión, ya que el consumo fresco nacional, con la ventaja que representa la proximidad al mayor centro de consumo, el mercado de exportación de productos frescos que se abre y crece en los últimos años, el Mercosur y la agroindustria, representan importantes destinos de la producción de hortalizas para abastecer tanto el mercado interno como el mercado internacional.

El cambio en los hábitos de consumo de la población ha significado una incorporación creciente de las hortalizas en la dieta, lo que sumado a las buenas condiciones para producirlas deberían permitir aumentar la exportación de productos de consumo fresco.

La actual demanda industrial parece consolidarse y muy probablemente expandirse, no sólo en lo interno, sino en la exportación a América del Sur, especialmente MERCOSUR, a los países de Asia y con algunos productos, aumentar las actuales exportaciones hacia el hemisferio norte. Los volúmenes de hortalizas exportadas para tres temporadas agrícolas se señalan en la Tabla 7.

Las exportaciones en fresco son muy inestables, dependiendo del comportamiento de los mercados de la cebolla y el ajo, productos determinantes en el volumen total. Lo interesante es que las especies exportadas se diversifican.

Al margen de estas hortalizas en estado fresco, también son significativas las exportaciones de productos procesados, como pimientos deshidratados, espárragos congelados y tomate en pasta. No está considerado el origen de estas materias primas, lo que impide determinar el volumen proveniente de la R.M.

Tabla 7. Exportaciones de Hortalizas en estado fresco, R. M.

CULTIVO	TEMPORADA AGRÍCOLA		
	1994-1995	1995-1996	1996-1997
	Numero de cajas		
Espárragos	231.178	296.333	206.842
Ajos	61.198	81.973	54.994
Tomates	15.243	17.566	29.730
Radicchio	299.195	267.188	195.476
Alcachofas	28.721	33.163	14.076
Melones	42.149	N.D	5.511
Pimientos	423	524	14.055
Apio	N.D. <sup>1/</sup>	N.D.	1.888
Achicoria	N.D.	N.D.	2.079
Brocoli	N.D.	N.D.	1.652
Cebollas	909.499	508.858	275.490
Total	1.587.606	1.205.605	801.793

1/ No Determinado

Fuente: Asociación de Exportadores, 1 septiembre a 31 de Agosto, 1998

#### 4.2.2 Frutales

El sostenido crecimiento de la superficie de frutales de la R.M. entre los años 60 y mediados de los 90 pareciera haberse detenido, según lo demuestran los datos del último Censo Agropecuario, que registran un total de 43.506 ha frutícolas en 1997, contra 45.359 hectáreas que señaló el último catastro de CIREN (1994).

La reducción se debe principalmente a menores superficies de parronales de uva de mesa y de perales, aun cuando otras especies también decayeron. Algunas de estas plantaciones habrían sido arrancadas en plena producción, de acuerdo al estado productivo de los huertos, indicado por CIREN en 1994, lo que podría ser motivado por

urbanizaciones y parcelas de agrado, como también por pérdidas de rentabilidad de ciertas variedades.

Los últimos antecedentes del Censo muestran una tendencia hacia la expansión de los huertos de almendros, ciruelos europeos, limoneros, naranjos y paltos; tendencia coincidente con la que se aprecia en regiones vecinas. Las superficies cultivadas con frutales en las temporadas agrícolas correspondientes a los años 1994 y 1997 se muestran en la Tabla 8. La superficie cultivada con frutales en formación y en producción, de los cultivos estudiados, se indican en las tablas 9 y 10

Tabla 8 Evolución de la superficie cultivada con frutales en la Región Metropolitana

ESPECIE	TEMPORADA AGRÍCOLA		VARIACIÓN (%)
	1994	1997	
	Superficie (ha)		
Almendro	2.172	2.796	29
Ciruelo Europeo	1.842	2.699	36
Ciruelo Japonés	2.625	2.207	-16
Duraznero	4.008	3.331	-17
Nectarino	3.047	2.412	-21
Limonero	2.803	3.377	20
Naranja	1.602	1.969	23
Peral	3.114	1.800	-42
Vid de mesa	12.679	9.262	-27
Kiwi	1.356	1.088	-20
Nogal	3.419	3.671	7
Palto	2.803	3.772	35
Total	45.359	43.506	-4

Fuente: 1994, CIREN-CORFO; Censo Agropecuario, INE

Tabla 9 Superficie plantada de los frutales en formación, incluidos en el estudio

CULTIVO	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Total
	Superficie (ha)						
Ciruelo Europeo	3,9	81,4	81,6	285,0	87,1	122,0	661,0
Ciruelo Japonés	0,0	34,3	10,0	334,0	41,4	63,2	482,9
Duraznero	0,8	75,2	46,1	276,3	43,7	120,3	562,4
Nectarín	0,0	66,8	0,0	238,4	34,1	47,7	387,0
Limonero	0,2	5,1	1,1	68,4	454,4	247,4	776,6
Naranja	0,3	0,3	0,2	97,6	304,9	49,1	452,4
Peral	0,0	55,5	1,1	57,8	6,7	29,4	150,5
Uva de Mesa	34,1	141,4	0,1	404,0	78,6	144,9	803,1
Kiwi	0,0	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	13,5
Palto	0,5	7,0	2,2	201,2	780,3	475,5	1.466,7

Fuente: VI Censo Agropecuario

Tabla 10 Superficie plantada de los frutales en producción, incluidos en el estudio

CULTIVO	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Total
	Superficie (ha)						
Ciruelo Europeo	4,9	188,4	423,4	1.109,5	89,7	222,6	2.038,5
Ciruelo Japonés	0,0	222,6	54,5	998,0	243,4	234,1	1.752,6
Duraznero	66,5	252,4	102,6	1.531,6	234,9	583,4	2.771,4
Nectarín	23,5	261,4	77,2	1.152,7	221,7	288,6	2.025,1
Limonero	10,6	6,3	2,9	284,0	1.870,2	518,3	2.692,3
Naranja	5,0	20,1	1,8	344,5	1.002,3	215,4	1.589,1
Peral	35,3	133,5	42,6	615,4	261,1	453,3	1.541,3
Uva de Mesa	701,3	2.373,2	159,7	3.367,5	578,1	1.298,3	8.478,1
Kiwi	20,2	47,9	25,0	700,1	117,6	166,1	1.076,9
Palto	18,1	13,2	8,0	408,0	1.147,2	792,2	2.386,7

Fuente: VI Censo Agropecuario

#### 4.2.2.1 Mercado frutícola

El destino principal de la fruta nacional es la exportación a los EE.UU. y Europa, seguida por los envíos al Asia y América Latina.

En la última temporada, las exportaciones originarias de la R.M cayeron un 11% con respecto a la de la temporada anterior, fenómeno que en menor medida sucedió con toda la fruta nacional y que se ha sido atribuido muy en especial a la sequía.

Por otra parte en la temporada 1997-98 esto volvió a suceder, ahora por exceso de agua en periodos inapropiados (fenómeno del Niño) y por las repercusiones de la crisis asiática en los mercados externos.

Responsable de la menor exportación ha sido principalmente la uva de mesa y, en menor medida, duraznos y nectarines; todas especies que habrían tenido disminuciones de superficie. Destaca la importancia del kiwi, que conforma 34% de las exportaciones nacionales de esta especie y que en la R.M. alcanza casi la misma significación de la uva de mesa.

Las exportaciones regionales de fruta fresca han llegado a representar en el último trienio una cuarta parte de lo que el país en total ha embarcado hacia el exterior, siendo muy gravitantes los envíos regionales de ciruelos, nectarines y duraznos, los cuales en la temporada 1996-1997 representaron 45%, 49% y 44% de los embarques nacionales, respectivamente. Los volúmenes de fruta fresca de exportación para tres temporadas agrícolas se señalan en la Tabla 11.



Tabla 11 Exportaciones fruta fresca, temporada agrícola 1994-1995 a 1998-1999

Especie Frutícola	TEMPORADAS AGRÍCOLAS		
	1994-95	1996-97	1998-99
Miles de cajas			
Uva de mesa	16.250	17.699	13.831
Kiwi	11.344	12.093	12.858
Ciruelas	3.615	3.915	3.724
Nectarines	3.843	3.760	3.216
Peras	1.848	1.949	1.825
Duraznos	2.346	2.001	1.735
Manzanas rojas	711	945	914
Manzanas verdes	402	711	674
Paltas	735	516	591
Limonos	290	249	455
Cerezas	223	189	266
Damascos	280	345	212
Peras asiáticas	173	206	188
Arándanos	29	157	166
Frambuesas	287	274	132
Otros	303	1.139	101
Totales	42.679	46.148	40.888

Fuente: Asociación de Exportadores.

### 4.2.3 Vinicultura

La R. M. desarrolla tempranamente, desde fines del siglo XX, las plantaciones de vides viníferas en el valle del río Maipo. El crecimiento de la viña fue creciente en esta Región, con excepción de la década de los ochenta, cuando se arrancan viñedos por la crisis del vino. No obstante, ha retomado un vigoroso auge en los años noventa, orientándose principalmente a la producción de vinos finos de calidad.

El Censo de 1997 registra una superficie total de 6.703 hectáreas de viñas viníferas en la R.M., de las cuales 6.684 hectáreas serían de riego, con la siguiente distribución varietal (tabla 12 y 13).

Tabla 12 Superficie cultivada de variedades blancas de vid vinífera

VARIETADES	SUPERFICIE (ha)	APORTE REGIONAL (%)
Chardonay	799	18
Sauvignon	372	6
Semillón	103	4
Torontel	120	11
Otras	108	1
Total	1.502	7

Fuente: SAG 1996 y VI Censo Agropecuario 1996-1997.

Tabla 13 Superficie cultivada de variedades tintas de vid vinífera en la Región Metropolitana.

VARIETADES	SUPERFICIE (ha)	APORTE REGIONAL (%)
Cabernet	3.518	27
Merlot	627	19
Pinot Noir	95	33
Tintorera	85	19
Otras	77	-
Suma	4.402	13

Fuente: SAG 1996 y VI Censo Agropecuario 1996-1997.

Al comparar estos resultados con las cifras de Censos Agropecuarios y estudios anteriores, se observa que la superficie hortícola de la R. M. ha disminuido especialmente por el desplazamiento urbano a zonas agrícolas.

## 4.3 CONTAMINACION AGRARIA DIFUSA

### 4.3.1 Contaminación por nitratos

Para estimar la contaminación potencial de las aguas subterráneas, por lixiviación de los nitratos se realizó un balance de masa, en el cual se supone que el 10% del nitrógeno aplicado al suelo, disuelto en la humedad aprovechable para el cultivo, es arrastrado por las aguas que percolan en profundidad (Whitmore,1993). Con la aplicación de este criterio se determinaron las cargas totales de nitrato que aportaría el manejo del conjunto de los cultivos estudiados a las aguas subterráneas, el que depende en cada uno de los casos del uso del suelo y de los aportes potenciales de  $N-NO_3^-$  a las napas, los resultados de estas estimaciones se señalan en las tablas 14 y 15. En el ANEXO II se encuentran los rangos de las dosis de fertilizante nitrogenado consideradas en el estudio,(se tomaron valores promedios).

Tabla 14. Aporte de  $N - NO_3^-$  de los cultivos hortícolas a las aguas subterráneas de la R.M.

HORTALIZAS	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Regional
Toneladas de $N-NO_3^-$							
Ajo	3,5	48,9	0,3	2,6	18,1	64,7	138,0
Apio	23,0	16,3	0,0	5,0	40,0	5,9	90,3
Cebolla	43,2	98,8	121,4	79,5	307,0	159,9	809,7
Choclo	13,7	465,4	159,1	404,3	498,9	100,3	1.641,6
Coliflor	30,0	13,4	1,7	22,2	89,1	18,8	175,2
Lechuga	16,7	420,0	0,6	48,5	30,6	4,2	520,4
Melón	11,1	280,0	1,5	30,2	174,5	7,0	504,3
Poroto granado	12,2	21,0	2,4	27,5	49,7	44,1	156,9
Poroto verde	12,6	51,1	3,2	22,8	43,0	45,9	178,7
Sandía	0,6	72,7	0,3	197,7	60,3	18,3	350,0
Tomate fresco	30,7	149,5	134,0	201,2	161,0	44,7	721,2
Tomate industrial	4,6	111,5	21,7	59,9	301,6	0,3	499,5
Zanahoria	14,8	179,5	2,8	3,9	29,6	2,4	233,0
Zapallo	6,9	4,8	0,8	178,6	324,1	24,9	540,1
Total Provincial	223,8	1932,7	449,7	1.283,8	2.127,6	541,6	6.559,1

Tabla 15. Aporte de N - NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de los cultivos frutícolas a las aguas subterráneas de la R..M.

CULTIVO	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Regional
	Toneladas de N-NO <sub>3</sub>						
Ciruelo europeo	0,2	8,6	19,3	50,5	19,3	10,1	108,0
Ciruelo Japonés	0,0	33,0	8,1	147,7	23,3	34,7	246,7
Duraznero	9,8	37,4	15,2	226,7	9,7	86,4	385,2
Nectarín	2,9	32,1	9,5	141,8	3,5	35,5	225,3
Limón	0,9	0,5	0,2	24,2	8,2	44,1	78,2
Naranja	0,3	1,1	0,1	19,0	64,5	11,9	96,9
Peral	2,8	10,6	3,4	49,1	0,0	36,1	102,0
Uva de mesa	30,4	103,0	6,9	146,2	0,0	54,2	340,7
Kiwi	1,1	2,5	1,3	36,4	0,0	8,6	49,9
Palto	0,6	0,4	0,3	13,7	0,0	26,7	41,8
Total Provincial	49,1	229,3	64,3	855,4	128,6	348,3	1674,9

De acuerdo al criterio utilizado en el cálculo del aporte de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a las aguas subterráneas, la contaminación de éstas, depende directamente de la dosis de fertilizante requerida por el cultivo y del uso del suelo, de manera tal, que en aquellas zonas en donde se concentre la producción de cultivos que requieran de mayores dosis de nitrógeno y el acuífero sea más vulnerable, existe potencialmente un mayor riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.

El uso del suelo por provincias y las dosis de fertilizantes aplicadas a cada especie, permite determinar el aporte relativo de cada una de las provincias de la R. M. al proceso global de contaminación de las aguas subterráneas por nitratos. Esta idea se representa en la Figura 6.

En la Figura 6 es posible observar que las provincias de Chacabuco, Melipilla y Maipo son las que aportan más del 80% de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> agrícola a las aguas subterráneas, constituyéndose en las áreas potencialmente más contaminantes. Esto se relaciona directamente con la actividad económica de cada provincia. Es así como, la provincia de Santiago genera el menor aporte relativo de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, proveniente de la aplicación de fertilizantes nitrogenados a los cultivos, debido a que su actividad predominante es de tipo urbana.

Si se comparan los aportes relativos de  $\text{N-NO}_3^-$  a las aguas subterráneas de los cultivos estudiados, según tipo (hortalizas y frutales), se observa que en términos generales los frutales tienen un mayor impacto ambiental en comparación con las hortalizas. Esta tendencia general se observa claramente en cada una de las provincias.(Figura 7).

La observación de la Figura 7, muestra claramente que las 10 especies frutales estudiadas generan una mayor contribución potencial de  $\text{N-NO}_3^-$  a las aguas subterráneas, respecto a las 14 hortalizas, pese a que estas últimas representan un mayor número de especies. Sin embargo, se observa que en las provincia de Talagante y Maipo las hortalizas generan un mayor aporte relativo a la contaminación de las aguas subterráneas con nitratos, esto se debe a que existe un mayor porcentaje de cultivos hortícolas en comparación con las demás provincias. El manejo de los cultivos frutícolas en general requieren de mayores volúmenes de fertilizantes nitrogenados, respecto de las hortalizas.

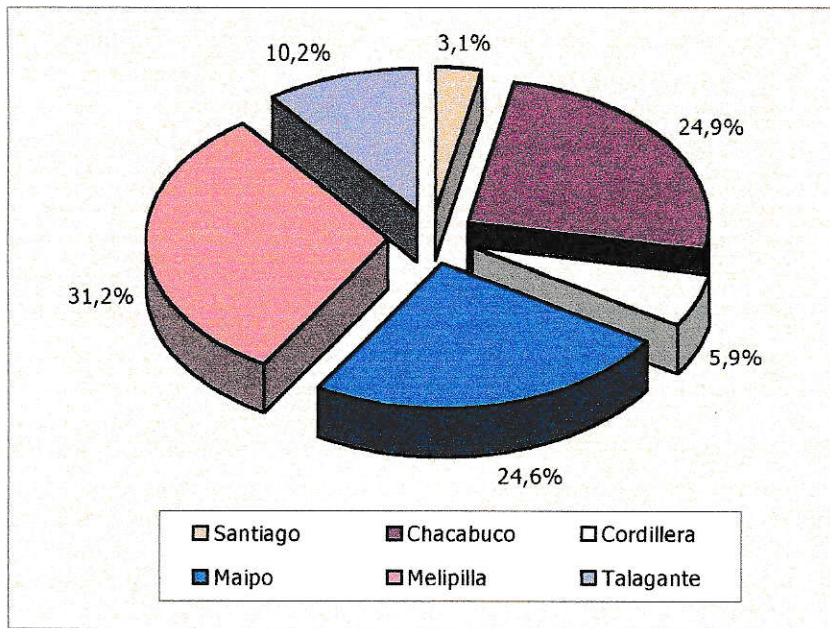


Figura 6. Distribución de los aportes de  $N-NO_3^-$ , por provincias, a las aguas subterráneas de la Región Metropolitana, para el conjunto de cultivos estudiados.

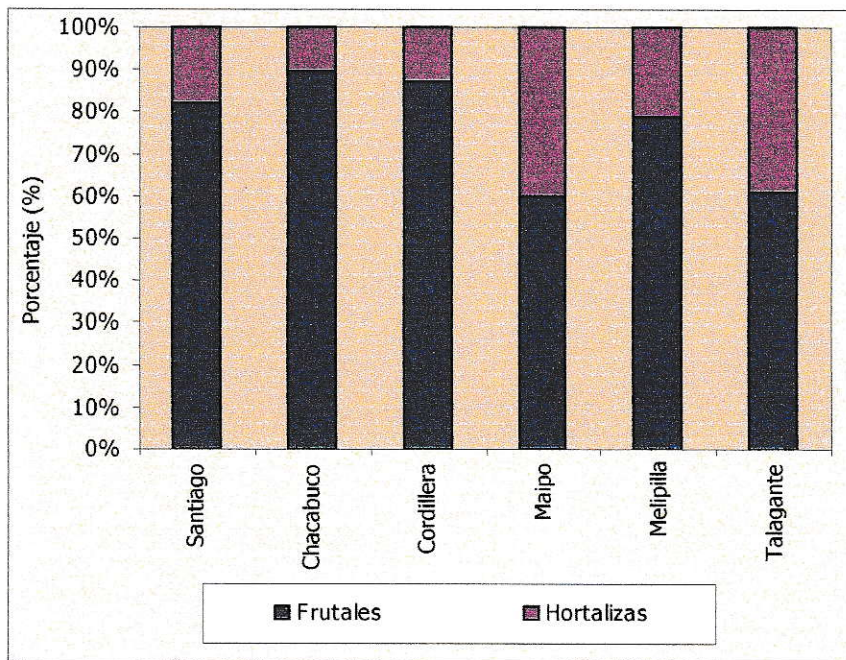


Figura 7. Aporte porcentual de las hortalizas y de los frutales a la contaminación de las aguas subterráneas con  $N-NO_3^-$ , por provincia.

Es posible calcular las concentraciones medias de  $\text{N-NO}_3^-$  en las aguas de percolación profunda de los cultivos, dividiendo la fracción de nitrógeno potencialmente lixiviable por el volumen de agua que percola en profundidad. La profundidad de suelo considerada es de aproximadamente 50 metros. El volumen de agua de percolación profunda se obtiene a partir de un balance hídrico aplicado a cada uno de los cultivos. La cantidad de agua que percola en profundidad depende de los excedentes de humedad en el suelo y de los volúmenes de agua aplicados con el riego.

Las figuras 8 y 9 muestran, respectivamente, las concentraciones medias de  $\text{N-NO}_3^-$  en las aguas de percolación profunda y su relación con las dosis de nitrógeno aplicadas, para el conjunto de cultivos frutícolas estudiados. Las concentraciones medias, representadas por las barras, superan ampliamente el parámetro de calidad señalado en la Norma Chilena 409 de calidad de aguas, que establece un límite máximo de  $\text{N-NO}_3^-$  en las aguas de consumo potable de 10 mg/L (valor representado por la línea roja). Según este parámetro, las aguas que percolan en profundidad representarían una carga contaminante considerable por lo que podrían presentar un riesgo ambiental importante en caso de tratarse de sitios inmersos en una zona de cultivo. Cabe señalar, además, que el  $\text{N-NO}_3^-$  presenta una alta solubilidad lo que le confiere una mayor movilidad y dispersión, por lo que no sólo afectaría la zona tratada con este tipo de insumo. De acuerdo a lo anterior, la problemática de este estudio se plantea sobre la base de la estimación de los volúmenes de agua que percolan en profundidad y que serían equivalentes a las descargas de una fuente de contaminación fija, la cual al llegar al acuífero se transformaría en un tipo de contaminación difusa, donde existe una dispersión de los contaminantes de acuerdo a la trayectoria de las masas de agua que conforman la napa subterránea.

Para evaluar la contaminación de los acuíferos se debe tener presente que la concentración de los residuos derivados de la actividad agrícola, depende de la acumulación de contaminantes en las napas subterráneas, de la velocidad de renovación del acuífero, del volumen del acuífero y de la intensidad de la actividad agrícola local.

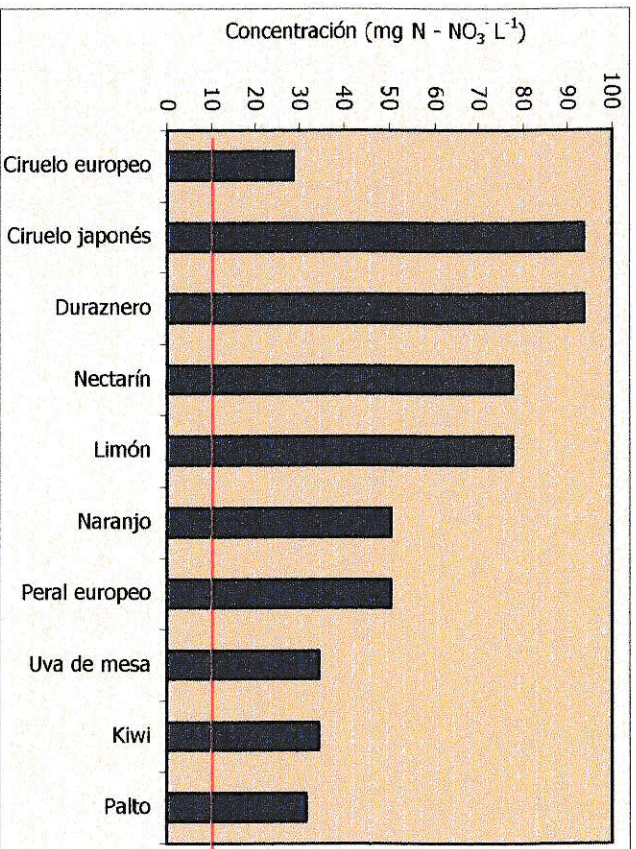


Figura 8. Concentraciones medias de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en las aguas de percolación profunda de los frutales estudiados (teóricas)

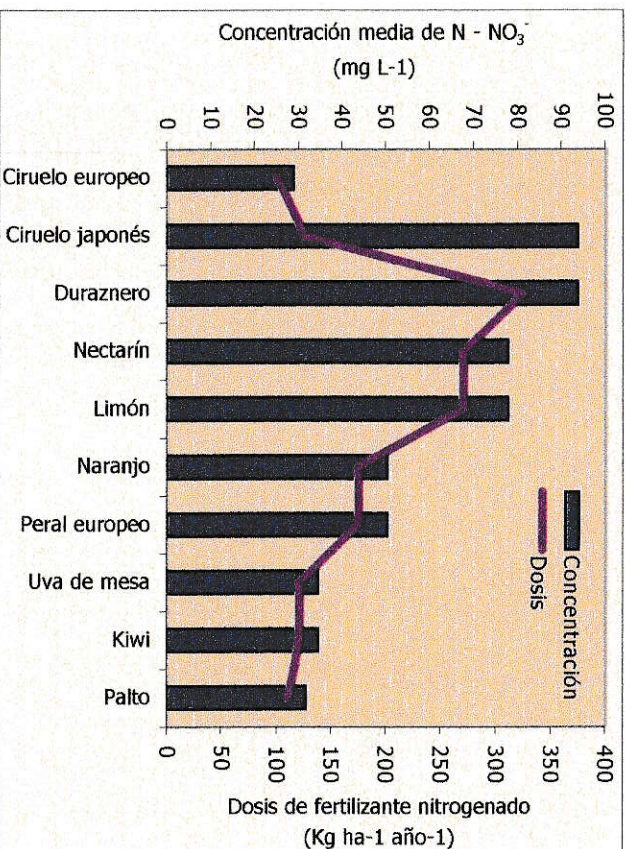


Figura 9 Relación existente entre la concentración N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de las aguas de percolación profunda y la dosis anual de N aplicado de frutales estudiados.



La observación de la Figura 9 permite identificar una relación estrecha entre las concentraciones de  $\text{N-NO}_3^-$  y las dosis de nitrógeno aplicado a estos cultivos. Es así como en el duraznero las concentraciones de nitrato son directamente proporcionales a la dosis de fertilizante aplicado (la mas alta de los cultivos analizados), en otras especies como el palto la concentración de nitrato en las aguas va a depender de los volúmenes de agua que percolan en profundidad, los que tenderán a ser menores en la medida en que la especie presente un follaje activo durante todo el año.

Las figuras 10 y 11 muestran, respectivamente, las concentraciones medias de  $\text{N-NO}_3^-$  en las aguas de percolación profunda y su relación con las dosis de nitrógeno aplicadas para el conjunto de las hortalizas estudiadas. En forma análoga a las especies frutales, las concentraciones de  $\text{N-NO}_3^-$  en las aguas de percolación profunda representan una carga contaminante importante. Esto denota un gran riesgo para la población debido a las consecuencias sanitarias que estos contaminantes pudieran presentar a mediano plazo. Por otra parte se observa que las concentraciones medias de  $\text{N-NO}_3^-$  en el caso de las especies hortícolas son menores que las presentadas por las especies frutales, esto implica un menor impacto ambiental por parte de los cultivos hortícolas pese a que sobrepasan la norma establecida, pudiendo generar no sólo problemas sanitarios que causan un gran deterioro en la calidad de vida, sino también serios problemas ambientales.

En la Figura 11, se observa una relación más estrecha entre la dosis aplicada y la concentración de  $\text{N-NO}_3^-$  que presentan las aguas de percolación para el caso de los cultivos hortícolas.

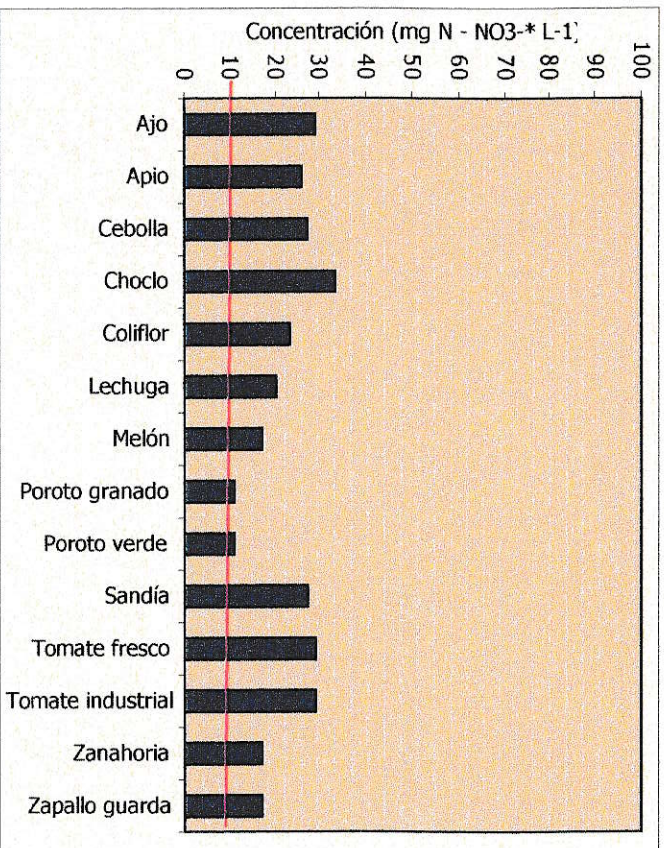


Figura 10. Concentraciones medias de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en las aguas de percolación profunda de las hortalizas estudiadas (teóricas).

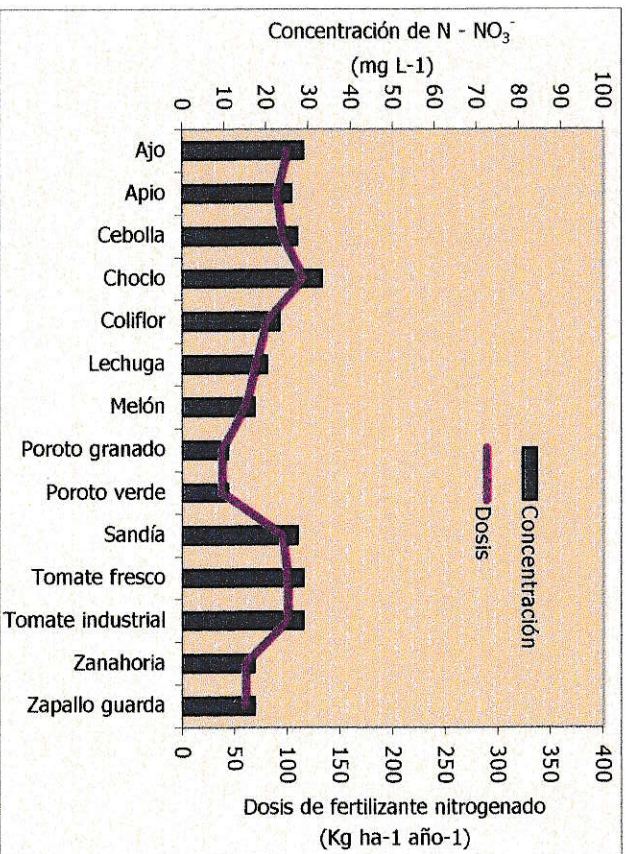


Figura 11 Relación existente entre la concentración N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en las aguas de percolación profunda y la dosis anual de N aplicado para el conjunto de hortalizas estudiadas.

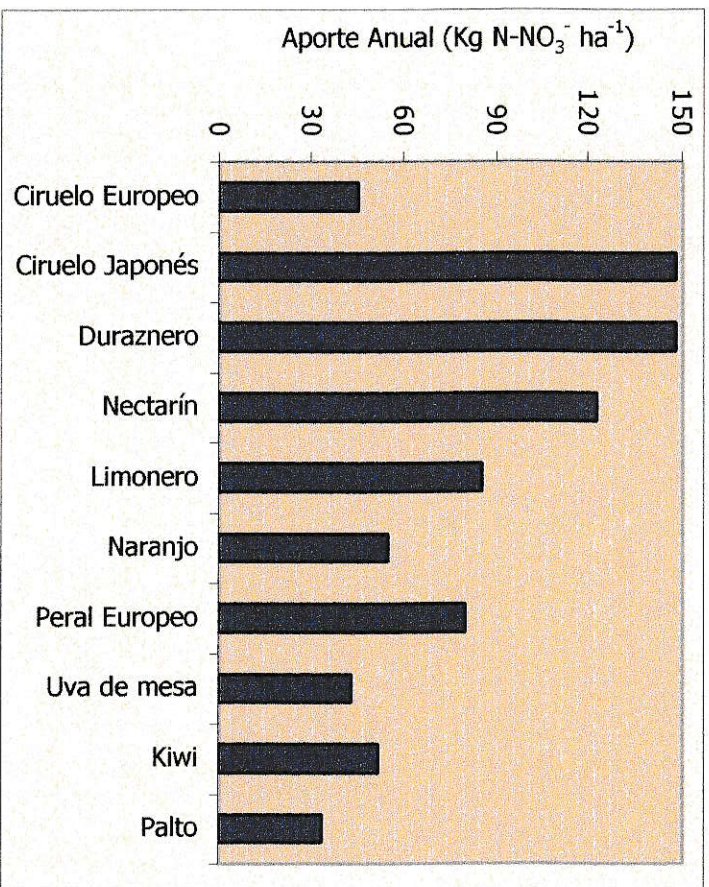


Figura 12 Aporte anual de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a las aguas subterráneas para los frutales estudiados.

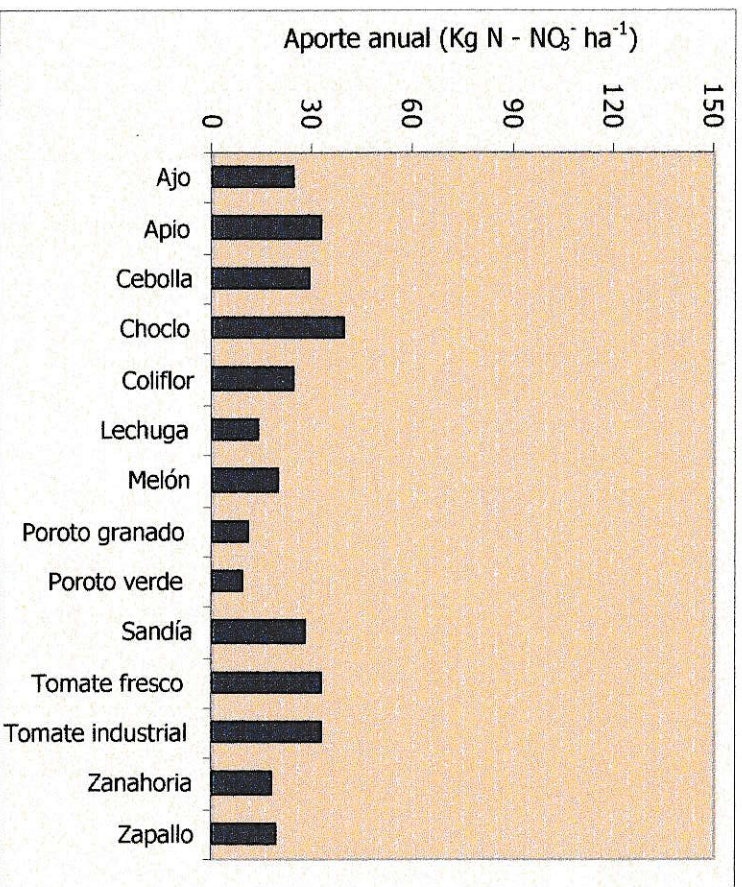


Figura 13. Aporte anual de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a las aguas subterráneas para las hortalizas estudiadas.

Las figuras 12 y 13 muestran los aportes anuales de  $\text{N-NO}_3^-$  a las aguas subterráneas por lixiviación para los frutales y las hortalizas estudiadas.

En la Figura 12 se observa que el cultivo de especies como el duraznero y el ciruelo japonés representan un riesgo de contaminación importante, dada la magnitud de las cargas contaminantes que llegan a las aguas subterráneas. Las cargas contaminantes de cada cultivo dependen directamente de la demanda de fertilizante nitrogenado y de las dosis aplicadas a cada cultivo.

La contaminación de aguas subterráneas por nitratos es mayoritariamente una consecuencia del manejo ineficiente del riego y de las prácticas inadecuadas de fertilización, estas presentan un impacto ambiental, puesto que al intensificar las aplicaciones de fertilizantes, éstas contribuyen a la contaminación de las aguas, por efecto del arrastre de nitratos hacia las aguas subterráneas o superficiales.

Al comparar la figura 12 y 13 se observa claramente que en general, el cultivo de especies frutales incidiría en una mayor carga contaminante a las aguas subterráneas respecto de las especies hortícolas.

Para el conjunto de los cultivos estudiados se deduce que una hectárea cultivada con frutales aportaría en promedio entre tres y cuatro veces lo que aportaría igual superficie cultivada con hortalizas. Las especies frutícolas aportan en promedio  $81,4 \text{ Kg de N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , mientras que las especies hortícolas estudiadas aportan  $23,9 \text{ Kg de N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . Estos valores representan un promedio por cultivo estudiado.

El detalle de los datos obtenidos del balance de masa para la obtención de estos resultados se encuentra en el APENDICE II.

## 4.3.2 Contaminación por biocidas

### 4.3.2.1 Volúmenes totales de biocidas aplicados

Los volúmenes de biocidas aplicados, corresponden al producto entre las dosis de los distintos biocidas, útiles en el control de las distintas plagas y enfermedades que atacan a cada uno de los cultivos, según los programas fitosanitarios aplicables a cada especie y la superficie correspondiente a cada uno de los cultivos, por provincias. Estos valores se detallan en el APENDICE III.

#### 4.3.2.1.1 Insecticidas

Conociendo los volúmenes totales de insecticidas aplicados, por provincia y por ingrediente activo, es posible agrupar los 23 productos técnicos identificados, a un nivel de generalidad mayor según el grupo químico al que pertenecen, pudiendo identificarse cuatro tipos de productos. La contribución porcentual de cada uno de los grupos identificados a los volúmenes totales de producto aplicado en la R. M., se presentan en la Figura 14.

En la Figura 14 es posible distinguir que casi el 90% de los productos aplicados son insecticidas organofosforados los cuales se caracterizan por presentar una gran persistencia en el suelo (González, 1994). Esto no implica que no exista un aporte considerable a las napas subterráneas, por el contrario, son compuestos hidrosolubles, lo que le confiere la capacidad de contaminante por ser potencialmente arrastrado por las aguas que percolan en profundidad. El segundo grupo en importancia corresponde a los carbamatos cuya persistencia es menor que la de los organofosforados, aunque no menos importante desde el punto de vista sanitario, debido, a que su acción biológica en seres vivos se encuentra relacionada con la alteración del sistema nervioso central. En general el aporte de los piretroides a los volúmenes totales de insecticidas aplicados es menor a un 5%. Esto se puede explicar, dado que frente al ataque de una plaga se requieren menores

cantidades netas de piretroides, respecto a los insecticidas pertenecientes a otros grupos, por lo tanto las soluciones de insecticidas a aplicar son mas diluidas, de manera que al analizar el aporte de los volúmenes totales de insecticidas aplicados, es probable que el grupo de los piretroides presente un escaso o ningún aporte relativo.

En la actualidad en la R. M. no se usan insecticidas organoclorados en la gama de cultivos estudiados y esto se debe a que presentan una gran persistencia en el medio, debido a esto en la mayoría de los países los productos que pertenecen a esta familia han sido prohibidos.

En la figura 15 están representados aportes relativos de los tipos de insecticidas aplicados en las distintas provincias. Se observa que en todas las provincias los insecticidas organofosforados corresponden al grupo de mayor importancia, esta situación es aún más acentuada en la provincia del Maipo. Los aportes relativos de los distintos grupos de insecticidas dependen fundamentalmente del uso del suelo en cada una de las provincias, dado que para efectos de este estudio, se considera que el manejo para un mismo cultivo es el mismo en cada una de las provincias.

Pese a que el aporte relativo de cada grupo de insecticidas depende del uso del suelo, es posible distinguir a la provincia de Santiago como aquella que presenta los más altos volúmenes relativos de insecticidas piretroides aplicados, los que se caracterizan por ser los menos persistentes en el suelo y por lo tanto presentar un menor impacto ambiental. Este fenómeno podría considerarse beneficioso dado que en esta provincia se concentra la mayor densidad poblacional y por lo tanto existe un menor riesgo potencial de contaminación a las aguas subterráneas.

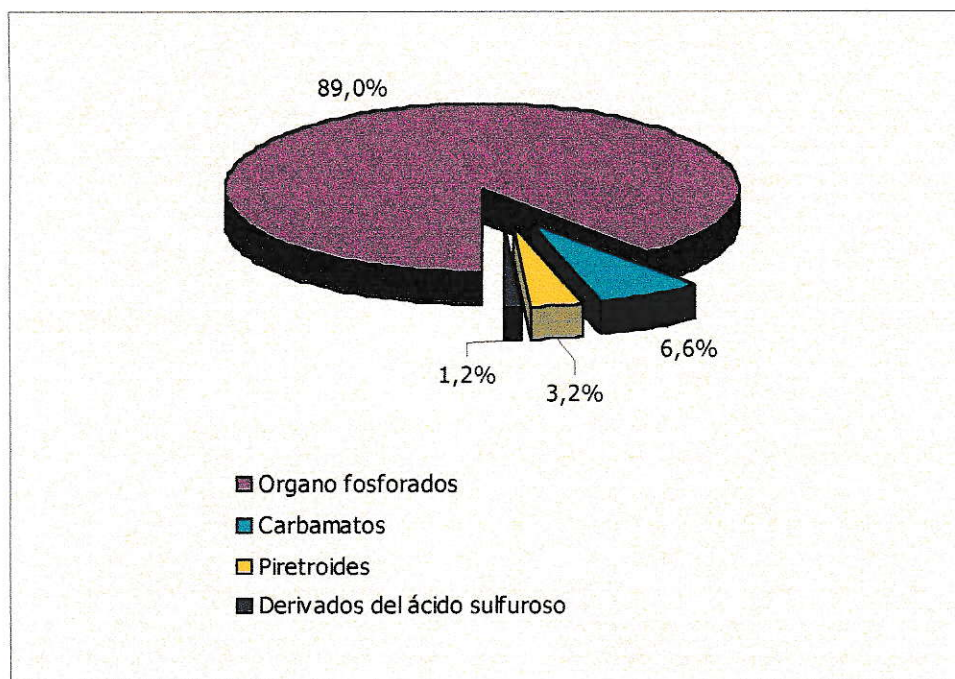


Figura 14. Grupos químicos a los que pertenecen los insecticidas usados en la Región Metropolitana.

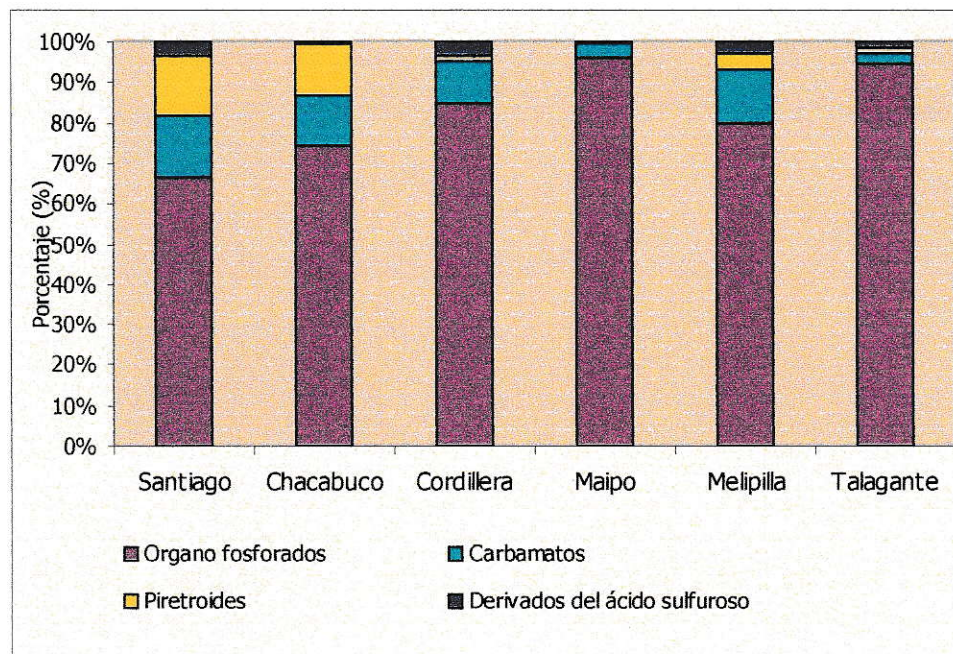


Figura 15. Distribución de los insecticidas usados en la Región Metropolitana, según el grupo químico al que pertenecen, por provincias.

#### 4.3.2.1.2 Fungicidas

En la figura 16 se representan los volúmenes de los fungicidas usados para el conjunto de los cultivos estudiados para la R. M. y se observa que más del 60% corresponde a la suma de los ditiocarbamatos junto con los benzimidazoles y el menor volumen lo presentan los compuestos de la familia de los triazoles. Los fungicidas corresponden en general a un tipo de biocidas de baja toxicidad, correspondiendo en la mayoría de los casos al grupo IV (ligeramente tóxicos).

La distribución de los fungicidas en las provincias de la R. M. (Figura 17), muestra que la provincia de Cordillera presenta el mayor porcentaje de compuestos del grupo de los ditiocarbamatos y es la provincia que presenta una mayor proporción de compuestos cupricos. Mediante la aplicación de los productos cupricos es posible generar, sin un buen manejo del producto, cuadros de toxicidad, dado que el cobre es un microelemento que es demandado en pequeñísimas cantidades por los cultivos por lo cual la toxicidad de cobre se genera con pequeñas concentraciones de este elemento. El  $\text{Cu}^{2+}$  es adsorbido por los coloides del suelo, dada su baja movilidad en el perfil lo que contribuye a su acumulación en el suelo a través del tiempo.



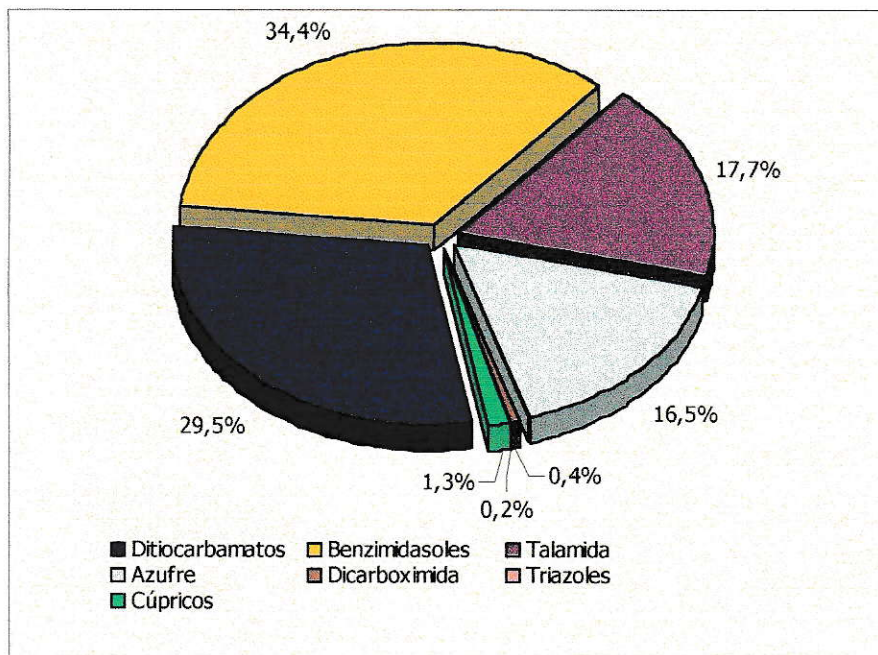


Figura 16 Distribucion de los fungicidas usados en la Región Metropolitana, según el grupo químico al que pertenecen.

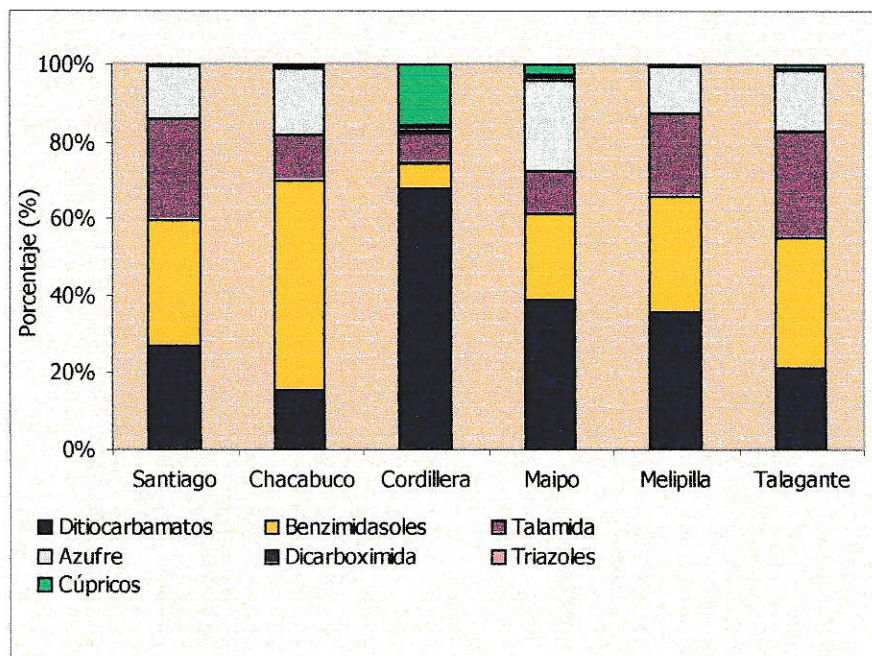


Figura 17 Grupos químicos a los que pertenecen los fungicidas usados en la Región Metropolitana, por provincias.

#### 4.3.2.1.3 Herbicidas

En el caso de los herbicidas una gran fracción de los volúmenes aplicados de estos productos llegan efectivamente al suelo, sin embargo, a diferencia de los demás biocidas este grupo no constituyen un gran riesgo ambiental debido a que son intrínsecamente menos tóxicos y de mayor selectividad. Las figuras 18 y 19 muestran la tendencia de los herbicidas utilizados en los cultivos de la R. M. y se observa que más de la mitad de los productos corresponden a la familia de las triazinas.

En la Figura 19 se muestra la distribución de los herbicidas usados en las provincias de la R. M. y en ella se observa que la provincia de Chacabuco presenta el mayor porcentaje de triazina seguido de la provincia de Cordillera y Melipilla. Además la provincia de Maipo muestra el porcentaje más alto de volúmenes de compuestos difenilos, así como Santiago se distingue por presentar los volúmenes más altos de compuestos derivados de la urea.

#### 4.3.2.1.4 Acaricidas

En la Figura 20 se observa que más del 50% de los volúmenes aplicados de acaricidas, corresponden al tipo de los organoclorados, los que se distinguen por ser los biocidas que presentan una mayor persistencia en el suelo y por ser fuertemente bioacumulados por los organismos de las cadenas tróficas más altas, por lo que su uso en el control de las plagas se encuentran prácticamente prohibido en la mayoría de los países. Sin embargo en este caso, el ingrediente activo utilizado es el dicofol, perteneciente al grupo IV (ligeramente tóxico), lo que implica que no existe un riesgo sanitario importante para la población.

En la figura 21, se observa que la provincia de Cordillera presenta mayor porcentaje de compuestos organosulfurosos en comparación con las otras provincias, se distingue la provincia de Santiago, Chacabuco y Cordillera como aquellas en que se aplica los menores porcentajes relativos de carbinol y carbamato.

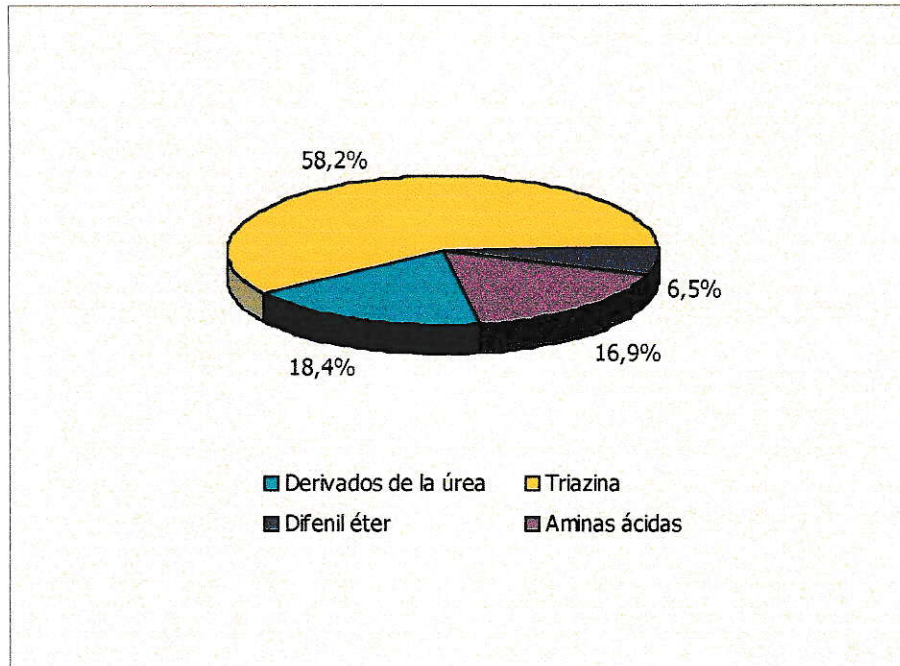


Figura 18. Distribución de los herbicidas usados en la Región Metropolitana, según el grupo químico al que pertenecen.

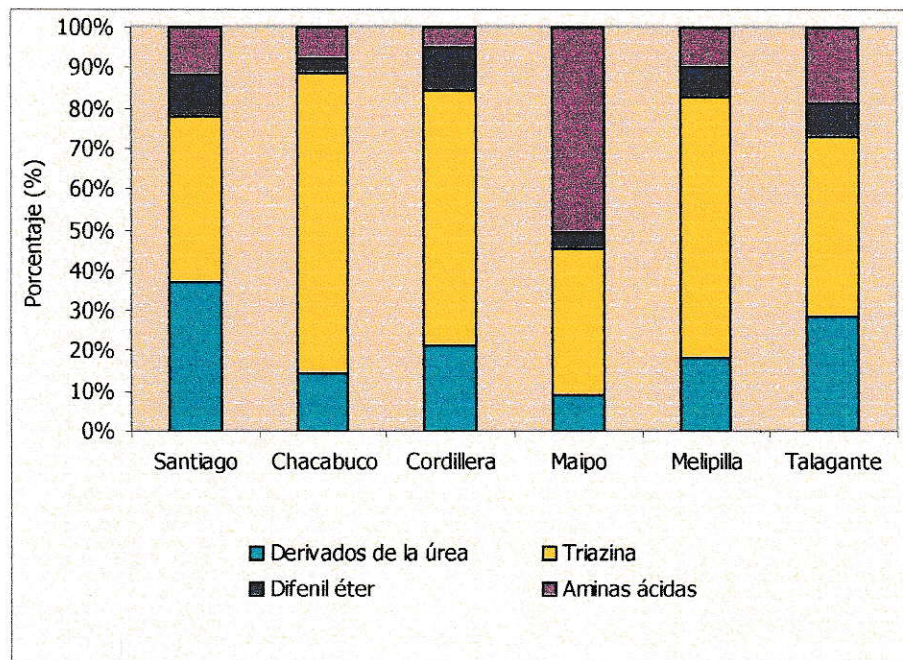


Figura 19 Grupos químicos a los que pertenecen los herbicidas usados en la Región Metropolitana.

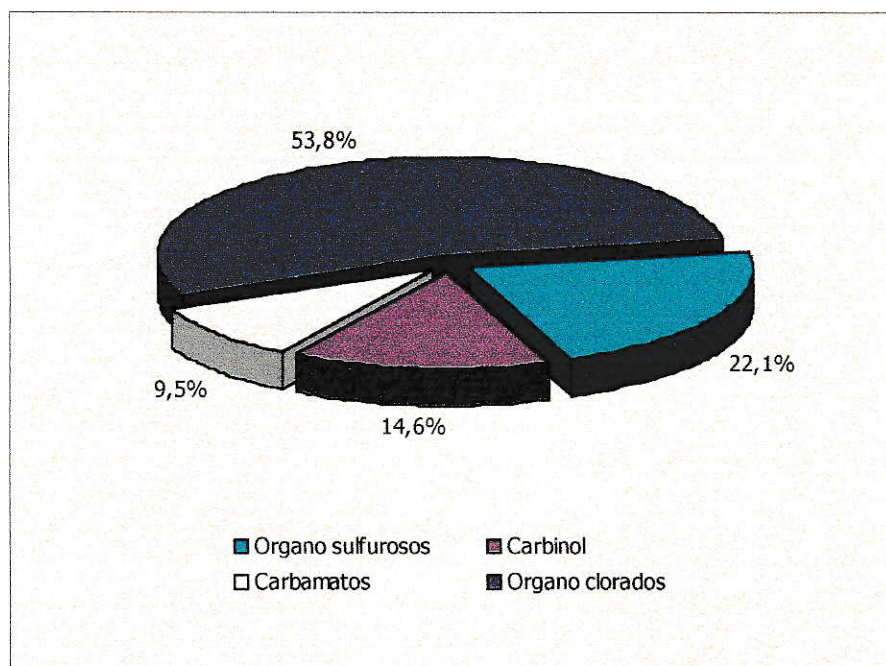


Figura 20. Grupos químicos a los que pertenecen los acaricidas usados en la Región Metropolitana.

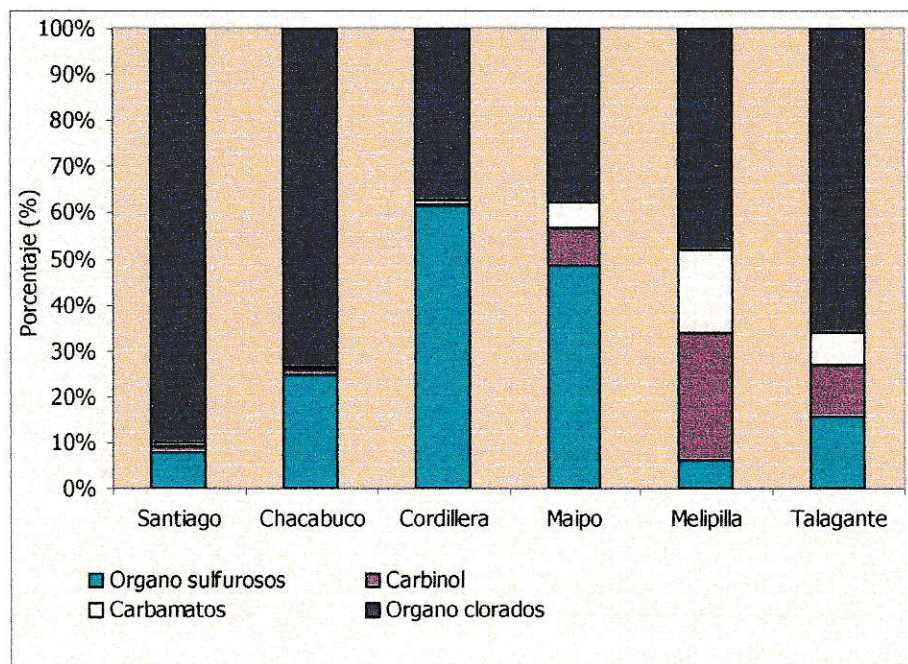


Figura 21. Distribución de los acaricidas usados en la Región Metropolitana, según el grupo químico al que pertenecen, por provincias.

#### *4.3.2.2 Toxicidad de los biocidas usados en la Región Metropolitana*

El conjunto de biocidas usados en la agricultura puede ser clasificado desde distintos puntos de vista, contemplando distintos aspectos. Uno de estos aspectos es la toxicidad del producto en base a la cual se distinguen cuatro grupos. La clasificación de los biocidas basándose en su toxicidad permite hacer una abstracción del tipo de problema al cual está dirigido su uso. En la figura 22 y 23 se han agrupado los biocidas según grupo de toxicidad para los frutales y las hortalizas estudiadas.

En las especies frutales estudiadas más de un 90% de los productos usados son altamente tóxicos (Categoría II), en tanto que en el resto de los productos una fracción importante corresponde a los ligeramente tóxicos. (Categoría IV). El manejo de los frutales debiera apuntar al uso de una mayor fracción de productos de menor toxicidad. Los frutales son especies que permanecen por mucho tiempo en un mismo espacio, lo que favorece el ataque de las plagas y de las enfermedades en forma permanente e intensiva. Este fenómeno puede repercutir en el uso y en el desarrollo de productos de mayor toxicidad para el control efectivo de las plagas y enfermedades. El cultivo de los frutales limita considerablemente el desarrollo de algunas prácticas como la rotación de cultivos, que limitan la incidencia de los problemas fitopatológicos. Cabe señalar que existe probabilidad de que las plagas adquieran resistencia hacia estos productos lo que potencia el uso de productos de toxicidad progresivamente mayores.

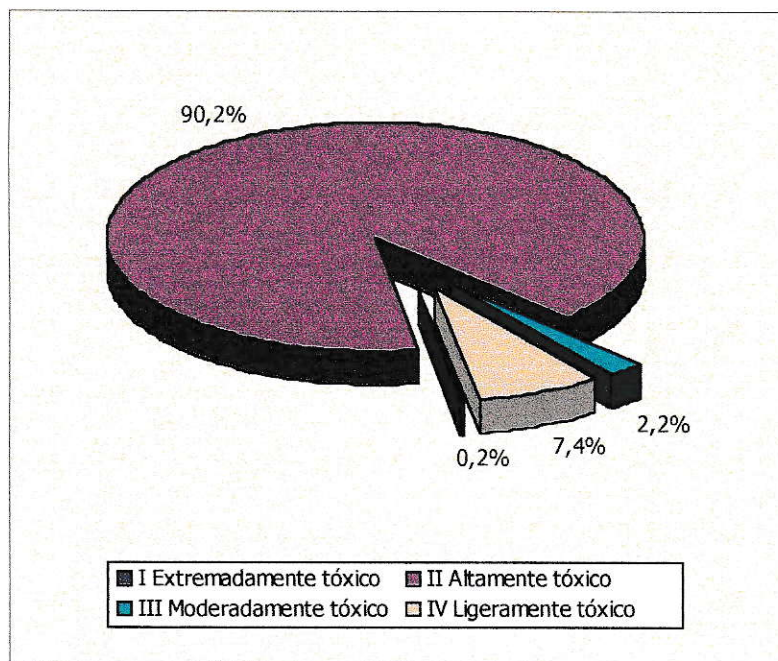


Figura 22. Distribución porcentual de los volúmenes totales de biocidas aplicados en frutales de la Región Metropolitana, según categorías de toxicidad.

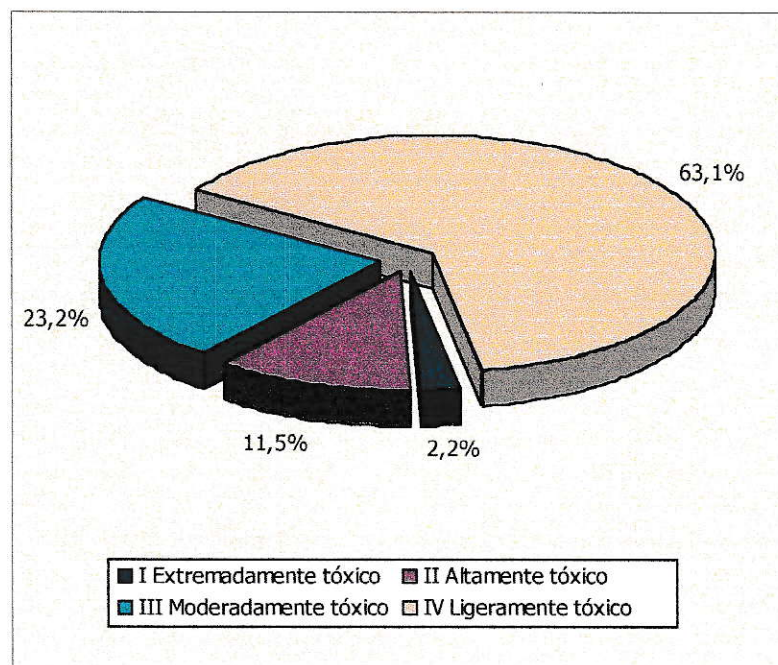


Figura 23 Distribución porcentual de los volúmenes totales de biocidas aplicados en hortalizas de la Región Metropolitana, según categorías de toxicidad.

En el conjunto de hortalizas estudiadas, el aporte porcentual de los biocidas aplicados según categorías de toxicidad presenta un orden decreciente en la medida en que la toxicidad de los productos aumenta. Se puede observar que más de la mitad de los biocidas aplicados en la R. M. corresponden al grupo IV (ligeramente tóxico), esto se puede atribuir a que estas especies presentan un periodo vegetativo menor y esto hace que el producto tenga menos tiempo para degradarse en el medio, lo que se relaciona directamente con el periodo de carencia.

#### 4.3.2.3 Contaminación de las aguas subterráneas por los biocidas estudiados.

A continuación se presentan las características de los biocidas analizados con sus respectivas formulas químicas.

### Características de los biocidas analizados

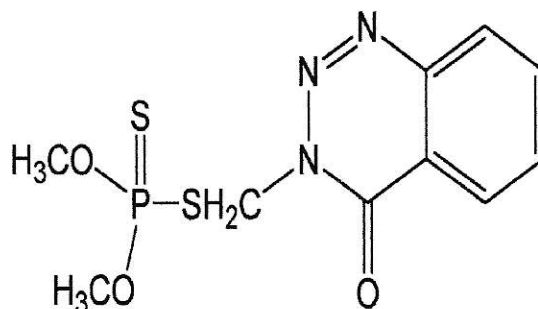
#### 1. Azinfosmetil

**Ingrediente Activo:** Azinfosmetil

**Nombre Químico:** O,O-dimetil-S-((4-oxo-3H-1,2,3-benzotriazina-3-il)metil)ditiofosfato.

**Grupo Químico:** Organo fosforado

**Estructura Química:**



**Nombre Comercial:** Gusathion M 35%, Azifon, Azinfos Metil 35, Cotnion, INIA 82,4

**Concentración y Formulación:** 35% Polvo Mojable

**LD50 dermal:** 714 mg PC/Kg peso vivo

**LD50 oral:** 36 mg PC/Kg peso vivo

**Propiedades Biológicas:** es un insecticida organofosforado, gástrico y de contacto. Posee un amplio espectro de acción, se distingue por su gran eficiencia sobre insectos masticadores.

**Carencia:** 15 a 28 días

**Toxicidad:** Grupo II Altamente tóxico

### **Propiedades Toxicológicas:**

Efectos agudos: Neurotóxico. Como organofosforado inhibe la acetil- colinesterasa sustancia necesaria para el funcionamiento del cerebro y el sistema nervioso. Causa de muerte: fallo respiratorio.

Es uno de los plaguicidas de más alto riesgo en Chile, según registro de intoxicaciones agudas notificadas.

Efectos crónicos: Tóxico para los riñones. Interfiere en la fertilidad masculina y femenina; Testículos atrofiados, pequeños o de forma anormal en aves. Produce malformaciones durante el embarazo y es mutagénico.

Efectos Ambientales: Reduce la vida silvestre.

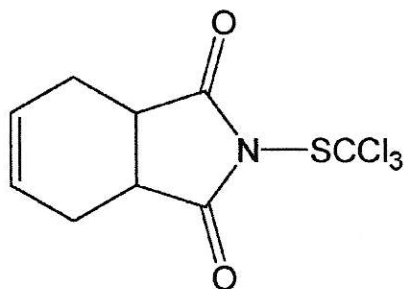
## **2.Captán**

**Ingrediente Activo:** Captan

**Nombre químico:** Cis-N-((triclorometil)thio)-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida

**Grupo Químico:** Ftalamida

**Estructura Química:**





**Nombre Comercial:** Captan Dust, Captan 80, Orthocide

**Concentración y Formulación:** 800 gr/Kg WP (Polvo mojable).

**LD50 dermal:** 2.000 mg PC/ Kg de peso vivo.

**LD50 oral:** 8.400-12.600 mg PC/ Kg de peso vivo.

**Propiedades Biológicas:** Fungicida ftalimida, de contacto, ligeramente tóxico, aunque no está catalogado como un organoclorado tiene tres átomos de cloro por molécula de pesticida. Presenta buena fitocompatibilidad para el control preventivo de enfermedades fungosas en vides, frutales, chacras y hortalizas.

**Carencia:** 1 a 30 días

**Toxicidad:** Grupo IV Ligeramente tóxico.

**Propiedades Toxicológicas:**

Efectos agudos: Baja toxicidad aguda en humanos, irritante de la piel. Por vía dermal es tres y media veces más tóxico.

Efectos crónicos: Extremadamente tóxico. Altera funciones del hígado y riñones, puede producir anemia e hipertensión arterial; Carcinogénico, Mutagénico, provoca aberraciones cromosómicas. Embriotóxico y teratogénico.

Efectos ambientales: Contamina el suelo y aguas subterráneas, es altamente tóxico para los peces y afecta ranas, pájaros y aves. Es uno de los fungicidas más usados en Chile, tanto para uso casero como para uso agrícola.

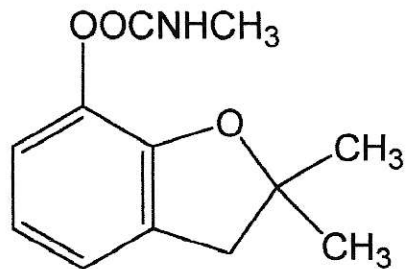
### 3. Carbofurano

**Nombre Técnico:** Carbofurano

**Nombre químico:** 2-3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil-metil-carbamato

**Grupo Químico:** Carbamato

**Estructura Química:**



**Nombre Comercial:** Carbodán, Carbofuran, Curaterr, Furadán

**Concentración y Formulación:** 100 gr/Kg G (Granulado).

**LD50 dermal:** > 10.200 mg PC/ Kg de peso vivo.

**LD50 oral:** 132 mg PC/ Kg de peso vivo.

**Propiedades Biológicas:** Insecticida y nematicida de uso sistémico, granulado de rápida acción y efectivo para el control de insectos chupadores y masticadores, destacándose su acción en una amplia gama de especies de nemátodos.

**Carencia:** 60 días.

#### **Propiedades Toxicológicas:**

Efectos agudos: Extremadamente tóxico por vía oral. Se absorbe por inhalación, por polvo y fumigación y en menor cantidad a través de la piel. Inhibe la acetil-colinesterasa, aunque en forma reversible. Distribuidores recomiendan no usarlo en hortalizas con hojas comestibles.

Efectos crónicos: Afecta el sistema reproductivo; efectos mutagénicos.

Efectos ambientales: Muy tóxico para pájaros, peces y vida silvestre, como también para invertebrados benéficos. Se ha comprobado que es un contaminante de aguas y de napas subterráneas en EE.UU.

En el APENDICE IV se encuentran las características de los plaguicidas utilizados en la Región Metropolitana para combatir las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos de las distintas provincias de la Región Metropolitana.

#### 4.3.2.3.1 Concentraciones medias de biocidas en aguas de percolación profunda

Se realizó una estimación de las concentraciones medias de los tres productos estudiados, en las aguas que percolan en profundidad. El valor depende de la fracción potencialmente lixiviable de biocida, durante el período de residencia en el suelo y la cantidad de agua que percola en profundidad, durante el mismo período, para cada uno de los cultivos en que es requerida su aplicación. En el APENDICE V se encuentra detallado el balance de masa para cada compuesto analizado. Los resultados se indican en las figuras 24, 25 y 26, en las cuales, las columnas de color burdeo y verde representan, respectivamente las concentraciones en los cultivos frutales y hortícolas en que son empleados.

Actualmente no existe en Chile una Norma de Calidad Ambiental para las aguas subterráneas, por tal motivo no podemos tomar una norma comparativa para este estudio, sin embargo, para efectos de esta discusión, las concentraciones obtenidas se debieran considerar como la cantidad de compuesto que se encuentran en las aguas que percolan en profundidad y que llegan a las aguas subterráneas considerándose como una descarga difusa.

Para el caso del azinfosmetil se presentan concentraciones que varían entre los 36-647  $\mu\text{g/L}$ . En la Figura 24 se observa que en términos generales los frutales presentan mayores concentraciones de Azinfosmetil en relación con los cultivos hortícolas en que es aplicado. En este caso y en todos los demás, no existe un parámetro de comparación determinado en una norma primaria de calidad ambiental, lo que repercute en el desconocimiento del riesgo que pudiera significar la presencia de estos compuestos en el medio acuático.

En la Figura 25 y 26 respectivamente se observan concentraciones medias de Carbofurano y Captan en las aguas de percolación profunda de los cultivos, en que es utilizado.

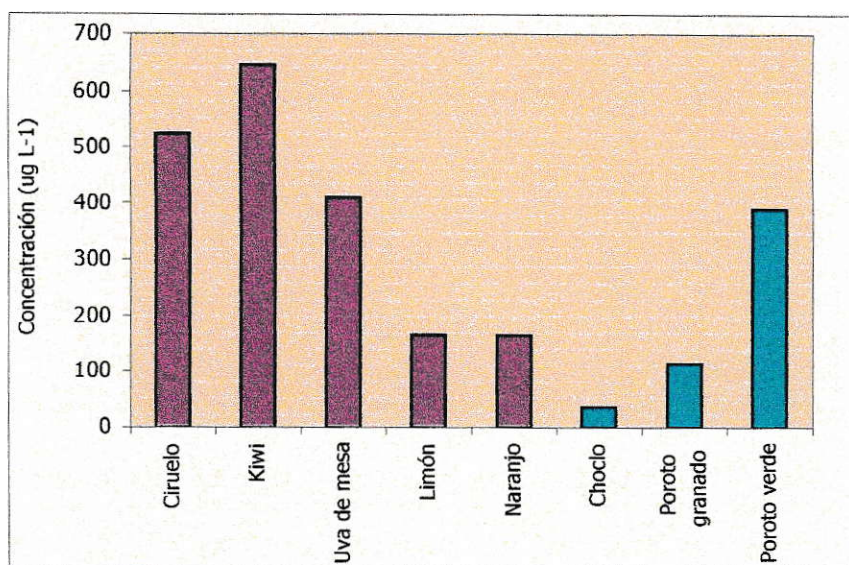


Figura 24. Concentraciones medias de Azinphosmetil en las aguas de percolación profunda de los cultivos, en que es utilizado.

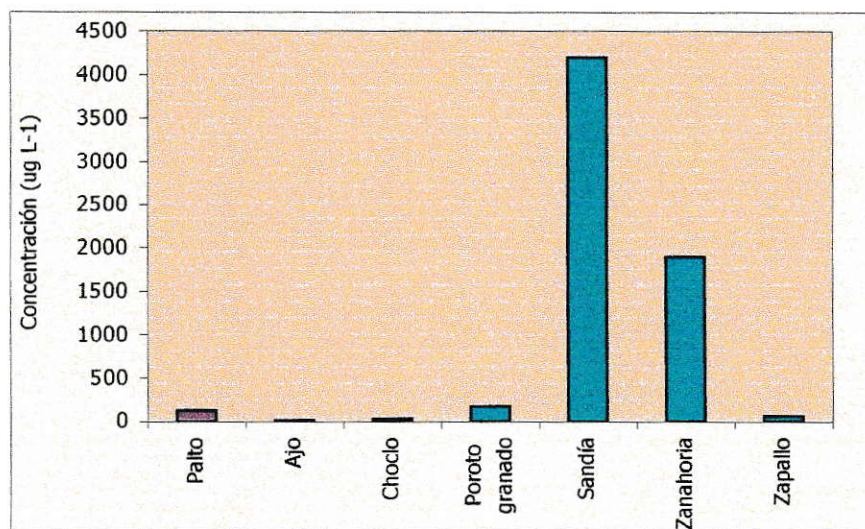


Figura 25. Concentraciones medias de Carbofurano en las aguas de percolación profunda de los cultivos, en que es utilizado.

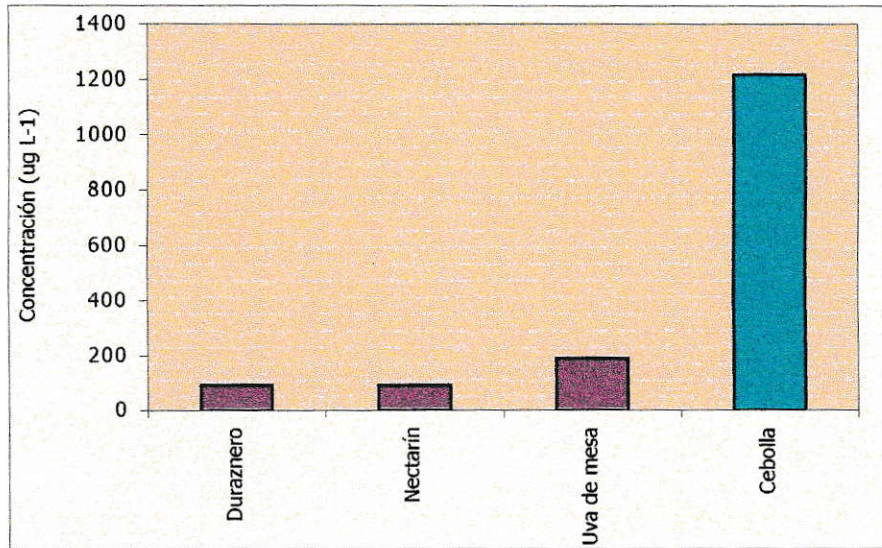


Figura 26. Concentraciones medias de captan en las aguas de percolación profunda de los cultivos, en que es utilizado.

#### 4.3.2.3.2 Aporte provincial de biocidas a la contaminación de las aguas subterráneas

A partir de los volúmenes de biocidas aplicados, que son potencialmente arrastrados en profundidad, de la información del uso del suelo por provincias y la frecuencia de uso de los distintos biocidas en el control fitosanitario, se determinó el aporte provincial de los tres productos estudiados a la contaminación de los acuíferos de la Región Metropolitana. En el caso de Azinfosmetil y Carbofurano (figuras 27 y 28), es posible distinguir a las provincias de Chacabuco, Maipo y Melipilla como aquellas que generan el mayor riesgo potencial de contaminación de las aguas de la región. Sin embargo en el caso del Captan (Figura 29), se distingue la provincia de Talagante como aquella que generaría un mayor impacto a las aguas subterráneas de la región. Esto se debería en parte a que estas provincias presentan una mayor superficie destinada a la agricultura.

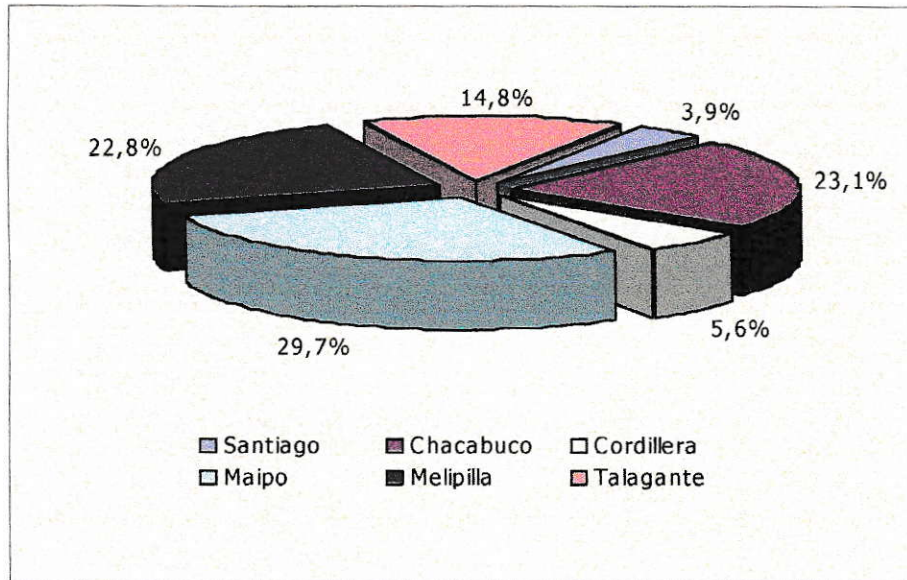


Figura 27. Aporte provincial de Azinfosmetil, a la contaminación de las aguas subterráneas de la Región Metropolitana

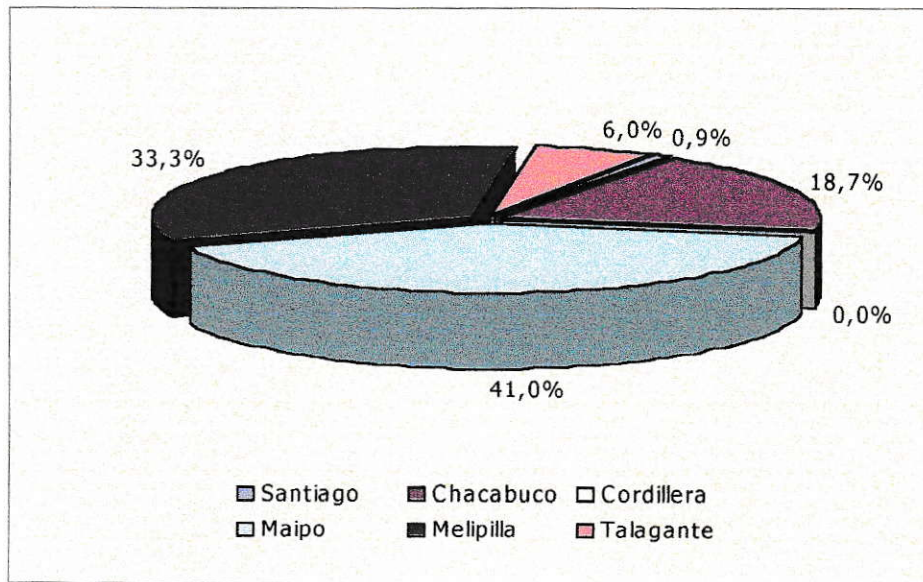


Figura 28. Aporte provincial de Carbofurano a las aguas subterráneas de la Región metropolitana

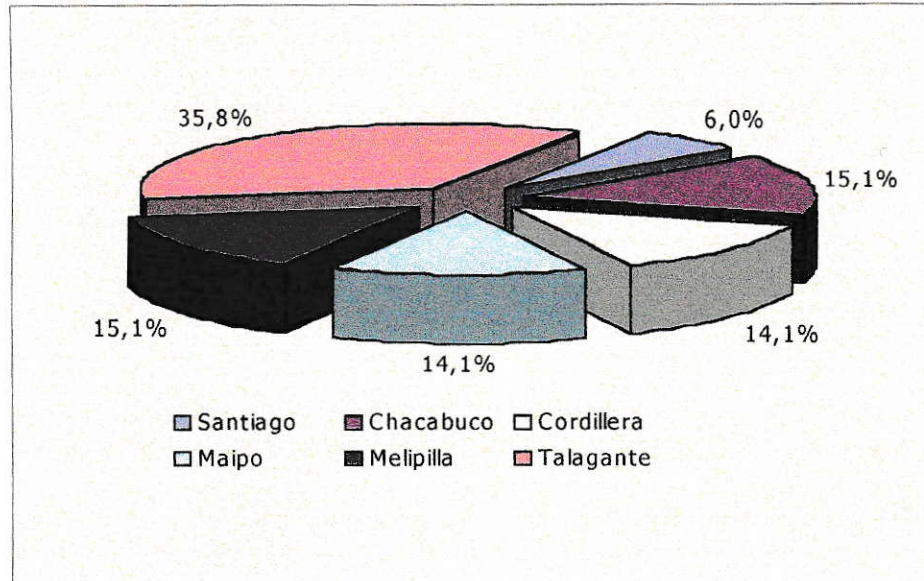


Figura 29. Aporte provincial de Captan, a la contaminación de las aguas subterráneas de la Región Metropolitana

#### 4.3.2.3.3 Aporte de los cultivos a la contaminación de las aguas subterráneas

Se realizó una estimación del aporte de los cultivos a la contaminación de las aguas subterráneas para los tres biocidas estudiados, los resultados se observan en las figuras 30, 31 y 32. En ellas es posible distinguir a las hortalizas como aquel tipo de cultivo que genera los mayores aportes contaminantes (sólo en estos tres casos).

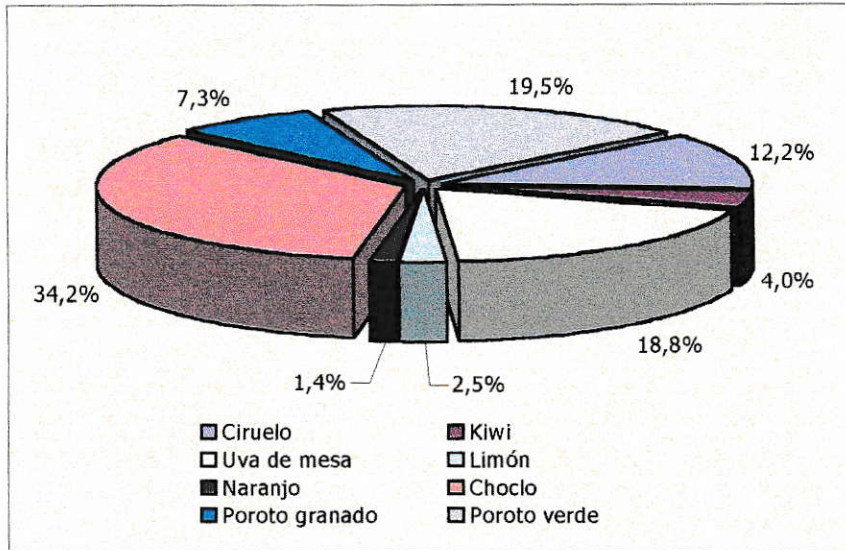


Figura 30. Aporte de Azinphosmetil a las aguas subterráneas de la Región Metropolitana, por cultivo.

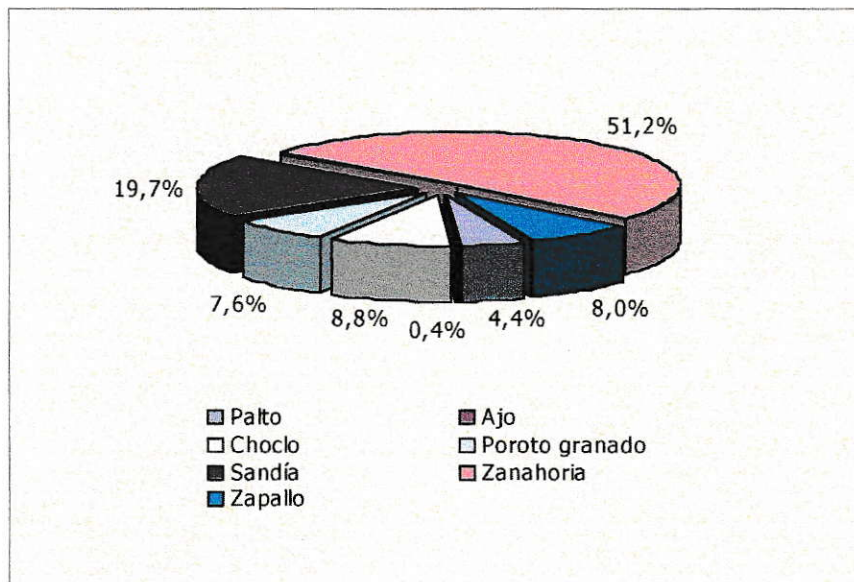


Figura 31. Aporte de Carbofurano a las aguas subterráneas de la Región Metropolitana, por cultivo.



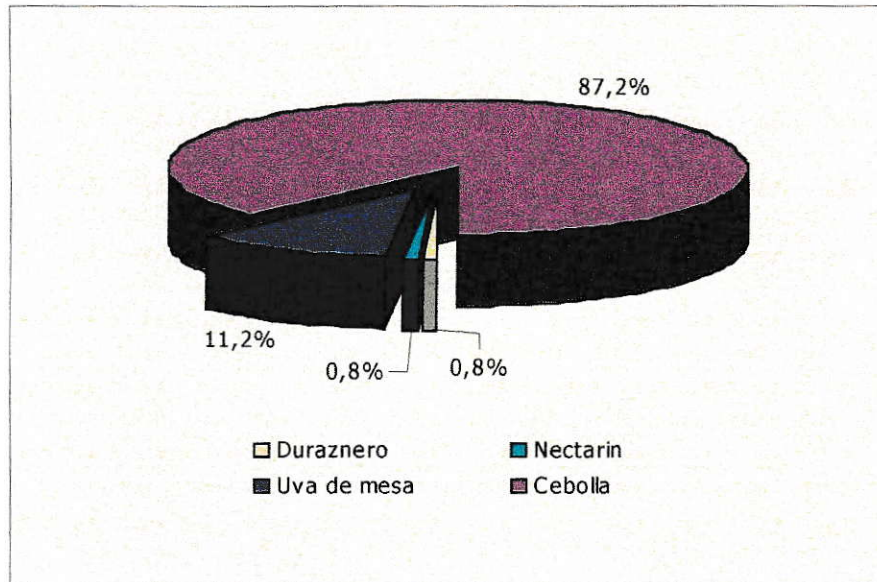


Figura 32. Aporte de Captan a las aguas subterráneas de la Región metropolitana, por cultivo.

De acuerdo con los resultados obtenidos se pueden clasificar tres provincias de la Región Metropolitana como las más susceptibles de ser afectadas por las cargas contaminantes provenientes de la actividad agrícola. Se destacan en ellas la provincia de Melipilla, Maipo, Chacabuco y parcialmente Talagante. En este punto es importante considerar que la vulnerabilidad del acuífero depende principalmente de los siguientes factores:

- Tipo de acuífero; si es confinado, semiconfinado o libre. Un acuífero confinado es menos vulnerable que uno libre.
- Profundidad del nivel del agua subterránea; a mayor profundidad del nivel saturado menor es la vulnerabilidad del acuífero.
- Características del medio entre el nivel del agua subterránea y la superficie; en este caso se considera a la permeabilidad del medio que se ubica por encima del nivel del agua, como la variable representativa de la facilidad que tendrían los biocidas y nitratos para migrar desde la superficie hasta el nivel saturado del acuífero; a mayor permeabilidad mayor es la vulnerabilidad del acuífero.

La importancia del presente estudio radica en que las aguas subterráneas tienen un papel relevante en:

- Mejorar el abastecimiento a poblaciones y núcleos turísticos con un entorno hidrogeológico favorable, con los objetivos de incrementar la garantía de los abastecimientos frente a situaciones de sequías, contingencias de la explotación o eventuales cambios climáticos, diversificando las fuentes de suministro y protegiendo los recursos (en cantidad y calidad) mediante su asignación a usos de abastecimiento humano.
- Conseguir mayores garantías en las zonas regables, disminuyendo las incidencias ambientales por medio del ahorro y uso coordinado de aguas superficiales y subterráneas.
- Mejorar o sustituir las fuentes de suministro de áreas industriales por aguas subterráneas, lo que permitirá en muchos casos liberar recursos de buena calidad para abastecimientos humanos y abaratar costos de producción y mantenimiento.

De acuerdo a lo anterior, es necesario que la Administración hidráulica tome medidas preventivas tendentes a evitar:

- Los usos incontrolados y desordenados, que impidan la utilización racional y eficaz del recurso.
- El deterioro o empeoramiento de la situación de los ecosistemas ligados a las aguas subterráneas.

## **4.4 ALCANCES DE LA METODOLOGÍA APLICADA**

En general las limitaciones propias de la metodología aplicada, derivan de la complejidad y del gran número de relaciones existentes entre las variables que componen el análisis, por lo cual, la cuantificación de los procesos y de los fenómenos que determinan la dinámica del problema puede ser abordada mediante la aplicación de valores estándares o promedios.

A continuación se discuten, en detalle, los alcances de las grandes componentes del diagrama conceptual de la metodología aplicada en este estudio.

### **4.4.1 Balance hídrico**

Los resultados derivados de la aplicación de la metodología utilizada en este estudio no consideran el efecto de la variabilidad espacial de una parte o del conjunto de las variables interrelacionadas, consideradas en este estudio. Es así como este trabajo no contempla las fuertes variaciones de las componentes edáficas que se incluyen en la elaboración de un balance hídrico, tales como la capacidad de retención de humedad, cuyo valor teórico, considerado corresponde a una aproximación y no es la resultante de un análisis físico de suelo que pudiera haberse aplicado a los pedones representativos de las series y las fases de suelo identificables en el área de estudio.

Existen otras variables consideradas en el cálculo de un balance hídrico que también presentan variabilidad espacial y temporal, tales como la precipitación y la evapotranspiración potencial, cuyos valores dependen de la interacción de un conjunto de fenómenos cuya intensidad se manifiesta en diversos grados.

Los valores de los coeficientes de cultivo, considerados en el cálculo, no reflejan el efecto de la variación varietal de las especies cultivadas ni la variación de la fecha de siembra o de plantación, en el caso de las especies hortícolas o anuales.

El cálculo de la lámina de agua que percola en profundidad, depende directamente de los aportes de agua por los riegos y por la precipitación. La cantidad calculada incluye un valor teórico de eficiencia de aplicación que no es sensible al nivel tecnológico y a las prácticas de manejo del riego, por su parte la fracción del agua aplicada con la lluvia que percola en profundidad, no incluye el análisis de la intensidad de precipitación y la variación de la velocidad de infiltración del agua en el suelo, como factores determinantes del proceso.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta que existe una eficiencia extrapredial la que no se ponderó en el cálculo de las aguas que percolan en profundidad. Este parámetro muestra la cantidad de agua que escurre superficialmente y que en algún punto infiltra en el suelo siendo parte del volumen de agua que percola, aportando un volumen de agua que llega al acuífero y es difícil de evaluar debido a la dinámica que presentan los cursos de agua subterráneos.

#### **4.4.2 Contaminación por nitratos**

La fracción del nitrógeno presente en el suelo, que potencialmente es arrastrado en profundidad depende de la dosis de fertilizante nitrogenado que es aplicado al cultivo. El valor considerado corresponde a una situación promedio, la que no considera la realización de un análisis químico que permita determinar la disponibilidad del elemento en el suelo y el cálculo de la demanda de nitrógeno, propia de cada cultivo y que es sensible a la variación varietal. A su vez el análisis incluye un valor de eficiencia de aplicación del fertilizante que no considera las prácticas de manejo, tales como la parcialización de las dosis y la fertirrigación, dependientes a su vez del nivel tecnológico y económico de cada agricultor. Por otra parte el análisis considera un factor teórico de lixiviación, cuyo valor depende de la magnitud de algunos procesos microbianos como la inmovilización y la desnitrificación, que también presentan una variación temporal y espacial. A su vez la intensidad de absorción de nitrógeno por parte del cultivo, también

presenta una variación temporal que depende principalmente de la sucesión de las distintas fases fenológicas del cultivo.

#### **4.4.3 Contaminación por Biocidas**

La cantidad de biocida presente en el suelo depende de la dosis recomendada en los programas fitosanitarios a aplicar en cada cultivo, por lo tanto, el análisis conceptual está referido a una situación de manejo rutinario del cultivo y no considera las variaciones temporales y espaciales de la incidencia de ataque de las distintas plagas y enfermedades que afectan a cada cultivo. En el caso de los frutales, la condición de monocultivo supone una mayor frecuencia e intensidad de ataque de plagas, lo cual repercute en la utilización de mayores dosis y/o frecuencia de aplicación de biocidas; en tanto que en las especies hortícolas, la rotación de los cultivos, puede determinar la utilización de menores dosis o frecuencias de aplicaciones de biocidas, ésto puede verse favorecido por el hecho de que las hortalizas ocupan el suelo un tiempo considerablemente menor en relación con los frutales.

El período de residencia del biocida en el suelo se obtuvo a partir de la información señalada en las curvas de degradación (González, 1988), este período de tiempo puede prolongarse o acortarse, dependiendo del conjunto de propiedades físicas químicas y/o biológicas presentes en el medio edáfico, las que a su vez presentan una variación temporal y espacial, no considerada en este estudio.

La cantidad de biocida que potencialmente es arrastrada en profundidad depende directamente de un factor de lixiviación, que refleja el grado de movilidad del biocida y cuyo valor depende de las características químicas de cada producto en particular.

Frente al control de una plaga o enfermedad en particular existe una gama de productos que potencialmente pueden utilizarse. Estos productos son aplicados de acuerdo a una frecuencia de uso, que refleja las preferencias del consumidor y que depende fundamentalmente del costo y de la efectividad del ingrediente activo, por lo

cual, la frecuencia de uso de los biocidas incide directamente en la contaminación de los acuíferos. La información referente a la frecuencia de uso de los biocidas es escasa y de difícil acceso, por lo cual los valores sugeridos emanan de la basta experiencia de académicos ligados al tema.

#### **4.4.4 Usos del suelo**

El uso del suelo es un factor que determina directamente el efecto de la actividad agrícola en la contaminación de las aguas subterráneas. El uso del suelo reflejado en la distribución de la superficie destinada a los distintos rubros productivos varía según las necesidades del mercado. La distribución de la superficie cultivada para las distintas especies puede verse modificada fuertemente de un año agrícola a otro, por lo cual la información tomada como base para el desarrollo del estudio refleja una realidad puntual que responde a las necesidades económicas propias de ese momento en el tiempo.

Es importante señalar que existe una compleja dinámica que caracteriza los cuerpos de agua subterránea, lo que hace difícil la determinación de todas las variables influyentes en el estudio de la contaminación de estos sistemas, debido a la actividad agrícola, como fuente de tipo difuso, por lo que este modelo presentado en el estudio es válido como una aproximación del impacto que produce la agricultura en la Región Metropolitana. Tomando en cuenta todas las aproximaciones en las cuales se basó el estudio, es importante señalar la importancia del trabajo empírico para validar los resultados y poder desarrollar a futuro un modelo con la metodología planteada tomando muestras reales de agua provenientes de distintas zonas del área de estudio y con ello cuantificar de forma más exacta el aporte de la actividad agropecuaria a las aguas subterráneas de la Región Metropolitana.

De acuerdo a lo planteado anteriormente este trabajo es una primera aproximación de la situación actual que afecta al recurso hídrico subterráneo de la Región Metropolitana.

**CAPITULO V**  
**Conclusiones**

---

## V. CONCLUSIONES

---

A la luz de los resultados obtenidos y considerando el conjunto de criterios utilizados en el desarrollo de este trabajo, es posible afirmar que la actividad agrícola de la Región Metropolitana constituye teóricamente una fuente contaminante, de tipo difuso, de las aguas subterráneas, de manera que la ubicación de las áreas en donde se podría generar un mayor riesgo de contaminación dependería del uso del suelo y de la actividad predominante, como asentamientos humanos, fuentes de agua potable, presencia de flora y fauna.

Los aportes de nitratos y de biocidas, a las aguas subterráneas de la Región Metropolitana, producto de la actividad agrícola, dependen del conjunto de procesos que determinan la dinámica general del movimiento de las aguas que circulan por el subsuelo, del suelo existente sobre los acuíferos y de la intensidad de la actividad agrícola local.

Considerando los supuestos sobre los que se basa este estudio, es posible estimar los volúmenes de agua contaminada con nitratos y biocidas que llegan a los acuíferos regionales y con ello las concentraciones medias teóricas, de nitratos y de biocidas, en las aguas de percolación profunda de los cultivos estudiados, las que presentan concentraciones importantes desde el punto de vista sanitario y ambiental. Este punto es importante ya que un análisis empírico podría mostrar una tendencia similar. Aunque se debe considerar la dilución a la que estas sustancias están sometidas al llegar al acuífero, así como la dinámica de este último, que es la que finalmente determina la calidad del recurso hídrico subterráneo.



La calidad del agua subterránea de la Región Metropolitana es la resultante de la interacción de diversos factores, entre ellos la naturaleza geológica del acuífero y del suelo y el funcionamiento hidrogeológico de la cuenca, este último factor condiciona la capacidad de transporte del flujo hídrico, el que a su vez depende del régimen pluviométrico, que es el que condiciona el proceso de percolación profunda y por tanto, las características del flujo subterráneo y el tiempo de residencia del agua en el acuífero.

El análisis de la contaminación por nitratos permite distinguir a las provincias de Melipilla, Chacabuco y Maipo, como aquellas que presentan los mayores aportes de nitratos a las aguas subterráneas de la región. Para el conjunto de cultivos estudiados, las especies frutícolas presentan un mayor aporte que las hortalizas. Es posible observar, en ambos casos, una estrecha relación entre las demandas de nitrógeno de los cultivos y su potencial contaminante.

En términos globales, la toxicidad de los productos empleados en el control de las plagas y de las enfermedades, permite distinguir dos conductas propias para cada uno de los tipos de cultivos analizados. Es así como en los cultivos frutícolas, predomina el uso de productos de mayor toxicidad, en tanto que en las hortalizas se recurre a la aplicación de productos menos tóxicos.

El análisis parcial de la contaminación por biocidas permite distinguir nuevamente a las provincias de Melipilla, Chacabuco y Maipo, como aquellas que presentan los mayores aportes de biocidas a las aguas subterráneas. Existen casos aislados donde predominan los aportes de biocidas en la provincia de Talagante, pero en forma general sigue la misma tendencia que para el caso de los nitratos.

Es importante destacar que a través de la presente metodología desarrollada, se pueden determinar coeficientes de riesgo, a través de la determinación de zonas vulnerables a la contaminación de las aguas subterráneas de la Región Metropolitana. Este factor dependería de la sensibilidad del acuífero, densidad poblacional, cursos de

aguas subterráneas. A su vez, estos parámetros están relacionados con las concentraciones de insumos agrícolas presentes en el medio subterráneo. Además se pueden calcular índices por cultivo en donde relacione la plaga o enfermedad con la cantidad de tratamientos que ella requiere y poder determinar el factor de riesgo que presenta cada biocida aplicado.

En la normativa existente sobre calidad de aguas y sus disposiciones reglamentarias no se contempla específicamente el deterioro de la calidad de las aguas originado por proceso de contaminación procedentes de fuentes de tipo difuso. Ello constituye una importante laguna en el marco legal de protección de los recursos hídricos subterráneos.

La gestión de los recursos hídricos deberá armonizarse, en un marco medioambiental amplio, con políticas sectoriales que afectan a otros recursos naturales y actividades económicas como la agricultura, la industria, el turismo y el uso del suelo. Dicha armonización se debe articular mediante estrategias planteadas a largo plazo- Planes Reguladores, Políticas Sectoriales, Transferencia Tecnológica- acordes con las necesidades existentes. Como consecuencia de todo ello, la protección de las aguas subterráneas no se debería constituir en una limitante para el desarrollo, sino, por el contrario, como una contribución a las mejoras de la calidad ambiental y de vida, dirigida a ofrecer bienes y servicios que no provoquen disfunciones en los ecosistemas asociados al medio hídrico.

**CAPITULO VI**  
**Bibliografía**

---

## VI. BIBLIOGRAFIA

---

- **AYLMORE, L. and GRAHAM, A.** 1998. Variable recharge and the probabilities of groundwater contamination by pesticides [texto en CD ROM]. In: 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Actes / Proceedings, Montpellier, France. © Cirad, 1998. 1437 pdf.
- **ASOCIACIÓN NACIONAL de FABRICANTES e IMPORTADORES de PRODUCTOS FITOSANITARIOS AGRÍCOLAS.** 1996. Manual Fitosanitario 1996 - 1997. Santiago, Chile, 667p.
- **BARBERÁ, C.** 1990. Pesticidas Agrícolas. Ediciones Omega, Buenos Aires, Argentina. 330p.
- **BEAUJANOT, A. y GUTIÉRREZ, R.** 1994. La contaminación de aguas subterráneas con nitratos: análisis de sus causas, efectos y costos de mitigación. Tesis Ingeniero Agrónomo, Santiago, Chile, Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 71p.
- **BEITZ, H., SCHMIDT, and F.HERZEL.** 1994. Occurrence, toxicological significance of pesticides in groundwater and surface water.. In: Börner, H. (Ed). Pesticides in groundwater and surface water. Chemistry of plant protection 9. Springer-Verlag, Berlin. Pp.1 - 56.
- **BEITZ, W., BEWICK, D., GUYOT, C., HÄFNER, M., HERZEL, F., JAMES, M., MATTHESS, G., SCHMIDT, H.** 1994. Pesticides in ground and surface water. Börner, H. (Ed.). Macmillan. India Ltd. Berlín, Alemania, 297p.

- **BOWAQUI, F., TAO, C., VACHAUD, G.** 1998. Prediction of the effects of climatic and land use management on groundwater resources [texto en CD ROM]. In: 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Actes / Proceedings, Montpellier, France. © Cirad, 1998. 749 pdf.
- **CASTILLO, A. y BULLÓN, J.** 1999 Contaminación ambiental en suelos y aguas subterráneas de Chile [texto en CD ROM]. In: 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón Chile, Noviembre 1999.
- **CEPUDER, P.** 1998. Optimizing soil fertility and plant nutrition to prevent groundwater pollution [texto en CD ROM]. In: 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Actes / Proceedings, Montpellier, France. © Cirad, 1998. 1315 pdf.
- **COMISION NACIONAL del MEDIO AMBIENTE.** 1993 Perfil ambiental en Chile.569p
- **COMISIÓN NACIONAL del MEDIO AMBIENTE.** 1999. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. Fabricación de plaguicidas, insecticidas, pesticidas y fungicidas, Stgo, Chile. 85p
- **COMISIÓN NACIONAL del MEDIO AMBIENTE.** 1999. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. Almacenamiento, transporte y aplicación de plaguicidas, insecticidas pesticidas y fungicidas, Stgo, Chile. 74p
- **CORPORACIÓN de FOMENTO de la PRODUCCIÓN.** 1998. Sector agropecuario nacional, evolución reciente y proyecciones. Resultados de los talleres de planificación Estratégica Regional, Santiago, Chile, 443p

- **CRASWELL, E.** 1998. Fertilizer and sustainable land management [texto en CD ROM]. In: 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Actes / Proceedings, Montpellier, France. © Cirad, 1998. 2584 pdf.
- **DIAZ, M; GARRIDO ,S; ; HIDALGO, R.** 1990. Contaminación Agraria difusa. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo .Madrid, España. 98p.
- **DOORENBOS. J. y PRUITT. W.O.** 1979. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Universidad de California. Davis, California. EE.UU. 95p
- **DRECHEL, P. and QUANSAH, C.** (1998). Sustainable land management with alternative fertilizer. A successful approach of IBSRAM [texto en CD ROM] .In: 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Actes / Proceedings, Montpellier, France. © Cirad, 1998. 1351-pdf.
- **ENVIRONMENTAL PROTECCION AGENCY.** 1997. Guides to Pollution Prevention, The pesticides formulating Industry. Cincinnati, U.S.A. 108p.
- **FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION of the UNITED NATION,** 1972. Effects of intensive fertilizer use on human environment. Soils Bulletin 16. Rome,Italy. 360p.
- **FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION of the UNITED NATION .**1997. Guidelines for integrated control of rice insect pest. Roma, Italia. 115p
- **GONZÁLEZ, R.**1988. Ensayos supervisados sobre degradación y limites máximos de residuos de pesticidas en frutas y hortalizas de exportación. Universidad de Chile, Facultas de ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Sanidad Vegetal. Publicaciones misceláneas agrícolas N° 24.

- **HONG, J., CAMERON, K., MOORE, S.** 1998. Effect of irrigation conditions on nitrate leaching from dairry shed effluent and ammonium fertilizer applied to a pastoral soil [texto en CD ROM]. In: 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Actes / Proceedings, Montpellier, France. © Cirad, 1998. 758 pdf.
- **HAYAKAWA, Y., KANAZAWA, K., KUSABA, T., KARASAWA, T., BAN, T AND MIYAJI, N.** Seasonal changes of nitrate nitrogen concentration of grounwater in relation to toposequence land use [texto en CD ROM]. In: 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Actes / Proceedings, Montpellier, France. © Cirad, 1998. 2529 pdf.
- **INE. CIREN. ODEPA.** Instituto Nacional de Estadisticas. Centro de Investigación de Recursos Naturales. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 1997. Vi Censo Nacional Agropecuario. [ Texto en CD ROM], Chile.
- **INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA.** 1992. Las aguas subterráneas y los plaguicidas. Secretaria general del medio ambiente, Madrid, España. 149p.
- **INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN AGRÍCOLA Y OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS.** 1988. Coeficientes técnicos de producción de frutales y hortalizas en la Región Metropolitana. Santiago de Chile, 196p
- **LOPÉZ, F.** 1993. Contaminación de las aguas subterráneas. Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo, Madrid, España, 96p.
- **LÓPEZ, C.** 1998. Zonificación de los regímenes biohídricos de acuerdo a la mineralización del nitrógeno desde la IV a la IX regiones. Tesis Ingeniero Agrónomo, Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía. 83p.

- **MINISTERIO de OBRAS PÚBLICAS.** 1999 Dirección general de aguas. Política Nacional de recursos hídricos,. Documento de discusión.33p
- **NAVARRO, S., GARCÍA, A., BARBA, A., CÁMARA, M. Y NAVARRO, S.** 1992. Persistencia de los plaguicidas en los suelos agrícolas. Procesos y factores acondicionantes. Universidad de Murcia. España. 105p
- **ORGANIZACIÓN MUNDIAL de la SALUD.** 1992. Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura. OMS, Ginebra, Suiza, 128p.
- **ORGANIZACIÓN MUNDIAL de la SALUD.** 1997. Tecnología de control aplicable a la formulación y envasado de plaguicidas. Ginebra, Suiza, 120p.
- **ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.** 1998 Nitratos, nitritos y compuestos de N-nitroso (Criterios de Salud Ambiental 5). Publicación Científica N° 394, Washington, DC, 30p
- **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN** 1997 Importancia de la agricultura a escala mundial, Italia. 95p.
- **PORRAS, J. y THAUVIN, P.** 1978. Aguas Subterráneas. Problemas generales de contaminación. Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales, Madrid, España, 81p.
- **RAO, P. and DAVISON, J.** 1990. Estimation of pesticides retention and transformation parameters required in nonpoint source pollution models. **In:** Overcash, M. and Davison, J. (Ed.). Environmental impact nonpoint source pollution. Ann Arbor Science Publishers, Michigan. Pp 23 – 67.



- **RAO, P., HORNSBY, A. and JESSUP, R.** 1985. Indices for ranking the potencial for pesticides contamination of growndwater. Soil Crop Science Society (44):1-8.
- **RAYMOND A.** 1989. Producción de semillas de plantas hortícolas. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 325p.
- **RODRÍGUEZ, N** 1995. Producción de cultivos en Chile: Cereales, Leguminosas e Industriales. In: El surco. Editor (Ed.). Publicitaria Torrelodones Ltda., Santiago, Chile. 331p.
- **SALTZMAN, S and YARON, B.** 1986. Pesticides in Soil. Bet Dagan, Israel. 347p.
- **SAIGUSA, M.** 1998. Effective use of controlled avaibability fertilizer on rice cultivation. [texto en CD ROM]. In: 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Actes / Proceedings, Montpellier, France. © Cirad, 1998. 2088 pdf.
- **SANTIBÁÑEZ, F. y GARCÍA, A.** 1999. Situación Actual de los recursos suelos y ecosistemas terrestres, capitulo 5 del informe país. Centro de agricultura y medio ambiente.
- **SANTIBAÑEZ, F. y URIBE, J.** 1990. Atlas Agroclimatico de Chile, regiones V y Metropolitana. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias agrarias y Forestales, Laboratorio de Agroclimatología, Dpto. de Ingeniería y Suelos, Santiago, Chile. 65p.
- **SERVICIO AGRÍCOLA y GANADERO** (1996). Manual de Plaguicidas de Uso Agrícola. Ministerio de Agricultura. 100p.

- **STANGNITTI, F., ALLISON, G., SHERWOOD, Y.** Leaching of nutrients: Performance evaluation of the advective- dispersion-reaction equation and two región preferential flow model. [texto en CD ROM]. In: 16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Actes / Proceedings, Montpellier, France. © Cirad, 1998. 1614 pdf.
- **TISDALE, S.L. y NELSON, W.L.** 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simon, Barcelona, España. 760p.
- **UNITED STATED ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA)** 1997. Waste disposal practices and their effects on growndwater. Report to Congress, Washington, DC. 153p.
- **UNIVERSIDAD DE CHILE.** 1981. Uso y manejo de pesticidas agrícolas. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Depto. de Sanidad vegetal. Santiago, Chile. 169p.
- **WHITMORE, A.P; ADDISCOTT, T.M; and POWLSON, D.S.** 1993. Farming, Fretilizer The Nitrate Problem. Rothamsted Experimental Station. Harpenden. UK. 127p.

## **APÉNDICE I**

### **BALANCE HÍDRICO PARA CADA UNO DE LOS CULTIVOS**

**CULTIVO: CIRUELO, DAMASCO, PERAL, DURAZNO**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,9	0,9	0,8	0,75	0,65	0,3	0,3	0,3	0,5	0,7	0,85	0,9	
ET máx. (mm)	163,8	154,4	114,2	77,6	41,7	10,7	7,5	10,7	32,2	72,5	121,4	154,4	960,8
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,2	89,4	92,5	89,4	67,9	12,1	0,0	387,3
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	84,6	22,1	7,1	636,1
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	41,7	10,7	7,5	10,7	32,2	72,5	22,1	7,1	248,7
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	36,2	89,4	92,5	89,4	67,9	12,1	0,0	0,0	387,3
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,7	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	170,2
Déf. (mm)	157,9	148,1	104,6	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,3	147,3	712,1
Percolación (mm)	23,7	22,2	15,7	8,3	0,0	8,6	20,0	17,2	5,2	0,0	14,9	22,1	157,9

**CULTIVO: KIWI**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,87	0,87	0,84	0,77	0,64	0,3	0,3	0,43	0,44	0,48	0,8	0,87	
ET máx. (mm)	158,3	149,2	119,9	79,7	41,1	10,7	7,5	15,3	28,3	49,7	114,2	149,2	923,0
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,8	89,4	92,5	84,7	71,7	38,7	0,0	413,8
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	88,4	48,7	7,1	666,5
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	41,1	10,7	7,5	15,3	28,3	49,7	48,7	7,1	252,7
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	36,8	89,4	92,5	84,7	71,7	38,7	0,0	0,0	413,8
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,3	66,8	57,4	12,7	0,0	0,0	0,0	166,2
Déf. (mm)	152,4	142,9	110,3	57,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,5	142,1	670,3
Percolación (mm)	22,9	21,4	16,5	8,6	0,0	8,8	20,0	17,2	3,8	0,0	9,8	21,3	150,4

**CULTIVO: LIMONERO, NARANJO, NECTARIN**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,55	0,55	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45	0,5	0,5	0,5	0,55	
ET máx. (mm)	100,1	94,3	78,5	56,9	32,1	17,8	11,3	16,0	32,2	51,8	71,4	94,3	656,5
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,8	82,3	88,8	84,0	67,9	32,8	0,0	401,5
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	84,6	42,8	7,1	656,8
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	32,1	17,8	11,3	16,0	32,2	51,8	42,8	7,1	255,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	45,8	82,3	88,8	84,0	67,9	32,8	0,0	0,0	401,5
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,3	59,7	53,7	12,0	0,0	0,0	0,0	163,6
Déf. (mm)	94,2	88,0	68,9	34,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6	87,2	401,3
Percolación (mm)	14,1	13,2	10,3	5,1	0,0	11,5	17,9	16,1	3,6	0,0	4,3	13,1	109,3

**CULTIVO: UVA DE MESA**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,7	0,65	0,55	0,45	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,45	0,6	0,7	
ET máx. (mm)	127,4	111,5	78,5	46,6	22,5	10,7	7,5	10,7	19,3	46,6	85,7	120,1	686,8
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,4	89,4	92,5	89,4	80,7	50,8	0,0	458,2
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	60,8	7,1	687,6
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	22,5	10,7	7,5	10,7	19,3	46,6	60,8	7,1	229,5
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	55,4	89,4	92,5	89,4	80,7	50,8	0,0	0,0	458,2
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,9	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	189,4
Déf. (mm)	121,5	105,2	68,9	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,8	113,0	457,3
Percolación (mm)	18,2	15,8	10,3	3,6	0,0	14,4	20,0	17,2	5,2	0,0	3,7	16,9	125,4

CULTIVO: PALTO													
Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,55	0,53	0,53	0,54	0,55	0,57	0,56	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	
ET máx. (mm)	100,1	90,9	75,6	55,9	35,3	20,2	14,0	19,5	34,7	55,9	77,1	92,6	671,9
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6	79,8	86,0	80,5	65,3	26,1	0,0	380,2
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	82,0	36,1	7,1	647,5
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	35,3	20,2	14,0	19,5	34,7	55,9	36,1	7,1	267,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6	79,8	86,0	80,5	65,3	26,1	0,0	0,0	380,2
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,1	57,2	50,9	8,5	0,0	0,0	0,0	151,6
Déf. (mm)	94,2	84,6	66,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	85,5	404,7
Percolación (mm)	14,1	12,7	9,9	5,0	0,0	10,5	17,1	15,3	2,5	0,0	6,2	12,8	106,2

CULTIVO: AJO													
Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,48	0,56	0,57	0,3	0,3	
ET máx. (mm)	54,6	51,5	42,8	31,1	19,3	10,7	7,5	17,0	36,0	59,0	42,8	51,5	423,7
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	83,0	64,0	21,7	0,0	409,1
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	80,7	31,7	7,1	641,8
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	17,0	36,0	59,0	31,7	7,1	232,7
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	83,0	64,0	21,7	0,0	0,0	409,1
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	11,0	0,0	0,0	0,0	186,3
Déf. (mm)	48,7	45,2	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	44,4	191,0
Percolación (mm)	7,3	6,8	5,0	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	3,3	0,0	1,7	6,7	84,5

CULTIVO: APIO													
Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,77	0,77	0,77	0,74	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,52	
ET máx. (mm)	140,1	132,1	109,9	76,6	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	31,1	42,8	89,2	689,1
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	66,4	33,5	510,4
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	76,4	40,6	736,7
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	31,1	42,8	40,6	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	66,4	33,5	0,0	510,4
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Déf. (mm)	134,2	125,8	100,3	54,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,6	462,8
Percolación (mm)	20,1	18,9	15,0	8,1	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	0,0	7,3	127,2

CULTIVO: CEBOLLA													
Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	Dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	77,4	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	25	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,56	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,53	0,7	0,61	
ET máx. (mm)	101,9	51,5	42,8	31,1	19,3	10,7	7,5	10,7	22,5	54,9	100,0	104,6	557,2
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	84,7	77,5	39,3	0,0	446,7
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	94,2	49,3	7,1	672,9
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	22,5	54,9	49,3	7,1	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	77,5	39,3	0,0	0,0	446,7
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,5	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Déf. (mm)	96,0	45,2	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,6	97,5	331,0
Percolación (mm)	14,4	6,8	5,0	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	7,6	14,6	107,4

**CULTIVO: COLIFLOR**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,53	0,7	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,32	
ET máx. (mm)	96,5	120,1	99,9	31,1	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	31,1	42,8	54,9	543,6
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	66,4	33,5	510,4
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	76,4	40,6	736,7
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	31,1	42,8	40,6	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	66,4	33,5	0,0	510,4
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Déf. (mm)	90,6	113,8	90,3	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	317,3
Percolación (mm)	13,6	17,1	13,5	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	0,0	2,1	105,4

**CULTIVO: LECHUGA**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,3	0,3	0,3	0,3	0,48	0,7	0,67	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
ET máx. (mm)	54,6	51,5	42,8	31,1	30,8	24,9	16,8	10,7	19,3	31,1	42,8	51,5	407,6
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,1	75,2	83,3	89,4	80,7	66,4	33,5	475,4
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	76,4	40,6	736,7
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	30,8	24,9	16,8	10,7	19,3	31,1	42,8	40,6	261,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	47,1	75,2	83,3	89,4	80,7	66,4	33,5	0,0	475,4
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6	52,6	48,2	17,4	0,0	0,0	0,0	157,6
Déf. (mm)	48,7	45,2	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	146,3
Percolación (mm)	7,3	6,8	5,0	1,3	0,0	11,9	15,8	14,4	5,2	0,0	0,0	1,6	69,2



**CULTIVO: MAIZ CHOCLERO**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,81	0,61	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,53	0,81	
ET máx. (mm)	147,4	104,6	42,8	31,1	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	31,1	75,7	138,9	638,9
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	66,4	0,7	477,6
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	76,4	7,8	703,8
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	31,1	75,7	7,8	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	66,4	0,7	0,0	477,6
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Def. (mm)	141,5	98,3	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	131,1	412,6
Percolación (mm)	21,2	14,7	5,0	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	0,0	19,7	119,7

**CULTIVO: MELON**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,33	0,8	0,9	
ET máx. (mm)	109,2	51,5	42,8	31,1	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	34,2	114,2	154,4	604,6
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	63,3	0,0	473,8
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	73,3	7,1	700,1
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	34,2	73,3	7,1	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	63,3	0,0	0,0	473,8
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Def. (mm)	103,3	45,2	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	147,3	378,3
Percolación (mm)	15,5	6,8	5,0	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	6,1	22,1	114,5

**CULTIVO: POROTO GRANADO**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,39	0,84	0,77	0,3	
ET máx. (mm)	54,6	51,5	42,8	31,1	19,3	10,7	7,5	10,7	25,1	86,9	110,0	51,5	501,4
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	74,9	4,7	0,0	409,4
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	91,6	14,7	7,1	635,7
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	25,1	86,9	14,7	7,1	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	74,9	4,7	0,0	0,0	409,4
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Def. (mm)	48,7	45,2	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,3	44,4	275,1
Percolación (mm)	7,3	6,8	5,0	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	14,3	6,7	99,1

**CULTIVO: POROTO VERDE**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,39	0,84	0,3	0,3	0,3	
ET máx. (mm)	54,6	51,5	42,8	31,1	19,3	10,7	7,5	13,8	54,0	31,1	42,8	51,5	410,5
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	86,2	46,0	31,6	0,0	404,3
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	62,7	41,6	7,1	633,7
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	13,8	54,0	31,1	41,6	7,1	229,5
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	86,2	46,0	31,6	0,0	0,0	404,3
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	14,2	0,0	0,0	0,0	189,4
Def. (mm)	48,7	45,2	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	44,4	181,1
Percolación (mm)	7,3	6,8	5,0	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	4,2	0,0	0,2	6,7	84,0

**CULTIVO: SANDIA**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,49	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,42	0,53	0,7	
ET máx. (mm)	89,2	51,5	42,8	31,1	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	43,5	75,7	120,1	521,0
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	53,9	0,0	464,5
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	63,9	7,1	690,8
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	43,5	63,9	7,1	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	53,9	0,0	0,0	464,5
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Déf. (mm)	83,3	45,2	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	113,0	294,8
Percolación (mm)	12,5	6,8	5,0	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	1,8	16,9	102,0

**CULTIVO: TOMATE**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,71	0,6	0,39	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,47	0,67	
ET máx. (mm)	129,2	102,9	55,7	31,1	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	31,1	67,1	114,9	599,2
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	66,4	9,2	486,2
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	76,4	16,3	712,4
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	31,1	67,1	16,3	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	66,4	9,2	0,0	486,2
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Déf. (mm)	123,3	96,6	46,1	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,6	373,0
Percolación (mm)	18,5	14,5	6,9	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	0,0	14,8	113,7

**CULTIVO: ZANAHORIA**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,51	0,77	0,67	
ET máx. (mm)	54,6	51,5	42,8	31,1	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	52,8	110,0	114,9	524,9
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	44,6	0,0	455,2
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	54,6	7,1	681,4
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	52,8	54,6	7,1	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	44,6	0,0	0,0	455,2
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Def. (mm)	48,7	45,2	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,3	107,8	298,6
Percolación (mm)	7,3	6,8	5,0	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	8,3	16,2	102,6

**CULTIVO: ZAPALLO**

Meses del año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	Octubre	nov.	dic.	Anual
Pp (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	92,5	77,4	64,9	28	16,7	10	7,1	418,9
Eto (mm)	182	171,5	142,7	103,5	64,2	35,5	25	35,5	64,3	103,5	142,8	171,5	1242,0
Kc	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,9	0,9	
ET máx. (mm)	54,6	51,5	42,8	31,1	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	41,4	128,5	154,4	571,5
r1 (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	56,0	0,0	466,6
HD (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	77,9	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	66,0	7,1	692,8
Etr (mm)	5,9	6,3	9,6	22,6	19,3	10,7	7,5	10,7	19,3	41,4	66,0	7,1	226,3
r final (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	89,4	92,5	89,4	80,7	56,0	0,0	0,0	466,6
Exc. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,1	66,8	57,4	17,4	0,0	0,0	0,0	192,6
Def. (mm)	48,7	45,2	33,2	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,5	147,3	345,3
Percolación (mm)	7,3	6,8	5,0	1,3	0,0	15,3	20,0	17,2	5,2	0,0	9,4	22,1	109,6

## **APÉNDICE II**

**Determinación de la Fracción Lixiviable de Nitrógeno  
BALANCE DE MASA.**

Lixiviación de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Agua percolada (mm)	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el agua del suelo (mg /L)	Aporte N a la napa (Kg/ha)	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en aguas de perc. Prof. (mg /L)	Superficie (ha)	Aporte total a la napa (ton)
<b>SANTIAGO</b>	<b>Naplic (Kg/ha)</b>						
<b>Hortalizas</b>							
Ajo	100	84,5	384,6	24,4	28,8	142,9	3,48
Apio	90	127,2	346,2	33,0	26,0	696,8	23,01
Cebolla	95	107,4	365,4	29,4	27,4	1468,8	43,23
Choclo	115	119,7	442,3	39,7	33,2	345,3	13,71
Coliflor	80	105,4	307,7	24,3	23,1	1233,5	30,00
Lechuga	70	69,2	269,2	14,0	20,2	1192,4	16,66
Melón	60	114,5	230,8	19,8	17,3	562,5	11,15
Poroto granado	37,5	99,1	144,2	10,7	10,8	1141,8	12,24
Poroto verde	37,5	84	144,2	9,1	10,8	1385,8	12,59
Sandía	95	102	365,4	28,0	27,4	22,3	0,62
Tomate fresco	100	113,7	384,6	32,8	28,8	936,7	30,72
Tomate ind.	100	113,7	384,6	32,8	28,8	139,1	4,56
Zanahoria	60	102,6	230,8	17,8	17,3	834,7	14,82
Zapallo	60	109,6	230,8	19,0	17,3	366,3	6,95

Lix de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Agua percolada (mm)	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el agua del suelo (mg /L)	Aporte N a la napa (Kg/ha)	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en aguas de perc. Prof. (mg /L)	Superficie (ha)	Aporte total a la napa (ton)
<b>Frutales</b>	<b>N aplicado (Kg/ha)</b>						
ciruelo eur f	95		365,4	0,0		3,9	0,00
ciruelo eur p	100	157,9	384,6	45,5	28,8	4,9	0,22
ciruelo japo f	125		480,8	0,0		0	0,00
ciruelo japo p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	0	0,00
duraznero f	125		480,8	0,0		0,8	0,00
duraznero p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	66,5	9,84
nectarin f	120		461,5	0,0		0	0,00
nectarin p	270	157,9	1038,5	123,0	77,9	23,5	2,89
limón f	120		461,5	0,0		0,2	0,00
limón p	270	109,3	1038,5	85,1	77,9	10,6	0,90
naranja f			0,0	0,0		0,3	0,00
naranja p	175	109,3	673,1	55,2	50,5	5	0,28
peral f			0,0	0,0		0	0,00
peral p	175	157,9	673,1	79,7	50,5	35,3	2,81
uva mesa f	78		300,0	0,0		34,1	0,00
uva mesa p	120	125,4	461,5	43,4	34,6	701,3	30,44
kiwi f	80		307,7	0,0		0	0,00
kiwi p	120	150,4	461,5	52,1	34,6	20,2	1,05
palto f	95		365,4	0,0		0,5	0,00
palto p	110	106,2	423,1	33,7	31,7	18,1	0,61

Lix de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Agua percolada (mm)	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el agua del suelo (mg /L)	Aporte N a la napa (Kg/ha)	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en aguas de perc. Prof. (mg /L)	Superficie (ha)	Aporte total a la napa (ton)
<b>CHACABUCO</b>	<b>N aplicado (Kg/ha)</b>						
<b>Hortalizas</b>							
Ajo	100	84,5	384,6	24,4	28,8	2004,6	48,86
Apio	90	127,2	346,2	33,0	26,0	494,3	16,32
Cebolla	95	107,4	365,4	29,4	27,4	3355,3	98,75
Choclo	115	119,7	442,3	39,7	33,2	11720,1	465,38
Coliflor	80	105,4	307,7	24,3	23,1	549,4	13,36
Lechuga	70	69,2	269,2	14,0	20,2	30055,2	419,96
Melón	60	114,5	230,8	19,8	17,3	14128,1	279,98
poroto gra	37,5	99,1	144,2	10,7	10,8	1958,6	21,00
poroto verde	37,5	84	144,2	9,1	10,8	5628,4	51,14
Sandía	95	102	365,4	28,0	27,4	2601,7	72,72
tomate fres	100	113,7	384,6	32,8	28,8	4557,9	149,49
tomate ind	100	113,7	384,6	32,8	28,8	3398,6	111,47
Zanahoria	60	102,6	230,8	17,8	17,3	10105,5	179,45
Zapallo	60	109,6	230,8	19,0	17,3	254,8	4,83

Lix de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N aplicado	Agua percolada	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el	Aporte N a la	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en	Superficie	Aporte total a
Frutales	(Kg/ha)	(mm)	agua del suelo	napa	aguas de perc. Prof.	(ha)	la napa
			(mg /L)	(Kg/ha)	(mg /L)		(ton)
ciruelo eur f	95		365,4	0,0		81,4	0,00
ciruelo eur p	100	157,9	384,6	45,5	28,8	188,4	8,58
ciruelo japo f	125		480,8	0,0		34,3	0,00
ciruelo japo p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	222,6	32,95
duraznero f	125		480,8	0,0		75,2	0,00
duraznero p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	252,4	37,36
nectarin f	120		461,5	0,0		66,8	0,00
nectarin p	270	157,9	1038,5	123,0	77,9	261,4	32,15
limón f	120		461,5	0,0		5,1	0,00
limón p	270	109,3	1038,5	85,1	77,9	6,3	0,54
naranja f			0,0	0,0		0,3	0,00
naranja p	175	109,3	673,1	55,2	50,5	20,1	1,11
peral f			0,0	0,0		55,5	0,00
peral p	175	157,9	673,1	79,7	50,5	133,6	10,65
uva mesa f	78		300,0	0,0		141,4	0,00
uva mesa p	120	125,4	461,5	43,4	34,6	237,3	103,01
kiwi f	80		307,7	0,0		0	0,00
kiwi p	120	150,4	461,5	52,1	34,6	47,9	2,49
palto f	95		365,4	0,0		7	0,00
palto p	110	106,2	423,1	33,7	31,7	13,2	0,44

#### CORDILLERA

Lix de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N aplicado	Agua percolada	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el	Aporte N a la	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en	Superficie	Aporte total a
Cultivo	(Kg/ha)	(mm)	agua del suelo	napa	aguas de perc. Prof.	(ha)	la napa
Hortalizas			(mg /L)	(Kg/ha)	(mg /L)		(ton)
Ajo	100	84,5	384,6	24,4	28,8	11,5	0,28
Apio	90	127,2	346,2	33,0	26,0	0	0,00
Cebolla	95	107,4	365,4	29,4	27,4	4123,2	121,35
Choclo	115	119,7	442,3	39,7	33,2	4006,6	159,09
Coliflor	80	105,4	307,7	24,3	23,1	70,5	1,71
Lechuga	70	69,2	269,2	14,0	20,2	42,3	0,59
Melón	60	114,5	230,8	19,8	17,3	76,5	1,52
poroto gra	37,5	99,1	144,2	10,7	10,8	223,8	2,40
poroto verde	37,5	84	144,2	9,1	10,8	349,5	3,18
Sandía	95	102	365,4	28,0	27,4	11,3	0,32
tomate fres	100	113,7	384,6	32,8	28,8	4085,9	134,01
tomate ind	100	113,7	384,6	32,8	28,8	660,7	21,67
Zanahoria	60	102,6	230,8	17,8	17,3	158,6	2,82
Zapallo	60	109,6	230,8	19,0	17,3	40,3	0,76

Lix de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N aplicado	Agua percolada	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el	Aporte N a la	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en	Superficie	Aporte total a
Frutales	(Kg/ha)	(mm)	agua del suelo	napa	aguas de perc. Prof.	(ha)	la napa
			(mg /L)	(Kg/ha)	(mg /L)		(ton)
ciruelo eur f	95		365,4	0,0		81,6	0,00
ciruelo eur p	100	157,9	384,6	45,5	28,8	423,4	19,29
ciruelo japo f	125		480,8	0,0		10	0,00
ciruelo japo p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	54,5	8,07
duraznero f	125		480,8	0,0		46,1	0,00
duraznero p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	102,6	15,19
nectarin f	120		461,5	0,0		0	0,00
nectarin p	270	157,9	1038,5	123,0	77,9	77,2	9,49
limón f	120		461,5	0,0		1,1	0,00
limón p	270	109,3	1038,5	85,1	77,9	2,9	0,25
naranja f			0,0	0,0		0,2	0,00
naranja p	175	109,3	673,1	55,2	50,5	1,8	0,10
peral f			0,0	0,0		11	0,00
peral p	175	157,9	673,1	79,7	50,5	42,6	3,40
uva mesa f	78		300,0	0,0		0,1	0,00
uva mesa p	120	125,4	461,5	43,4	34,6	159,7	6,93
kiwi f	80		307,7	0,0		0	0,00
kiwi p	120	150,4	461,5	52,1	34,6	25	1,30
palto f	95		365,4	0,0		2,2	0,00
palto p	110	106,2	423,1	33,7	31,7	8	0,27

<b>MAIPO</b>							
Lix de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N aplicado	Agua percolada	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el	Aporte N a la	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en	Superficie	Aporte total a
Cultivo	(Kg/ha)	(mm)	agua del suelo	napa	aguas de perc. Prof.	(ha)	la napa
Hortalizas			(mg /L)	(Kg/ha)	(mg /L)		(ton)
Ajo	100	84,5	384,6	24,4	28,8	105,3	2,57
Apio	90	127,2	346,2	33,0	26,0	152,8	5,05
Cebolla	95	107,4	365,4	29,4	27,4	2700,9	79,49
Choclo	115	119,7	442,3	39,7	33,2	10181,1	404,27
Coliflor	80	105,4	307,7	24,3	23,1	912,8	22,20
Lechuga	70	69,2	269,2	14,0	20,2	3470,2	48,49
Melón	60	114,5	230,8	19,8	17,3	1523,4	30,19
poroto gra	37,5	99,1	144,2	10,7	10,8	2563,2	27,48
poroto verde	37,5	84	144,2	9,1	10,8	2514,7	22,85
Sandía	95	102	365,4	28,0	27,4	7072,3	197,68
tomate fres	100	113,7	384,6	32,8	28,8	6136	201,25
tomate ind	100	113,7	384,6	32,8	28,8	1825,6	59,88
Zanahoria	60	102,6	230,8	17,8	17,3	216,9	3,85
Zapallo	60	109,6	230,8	19,0	17,3	9413,6	178,57
Lix de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N aplicado	Agua percolada	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el	Aporte N a la	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en	Superficie	Aporte total a
Frutales	(Kg/ha)	(mm)	agua del suelo	napa	aguas de perc. Prof.	(ha)	la napa
			(mg /L)	(Kg/ha)	(mg /L)		(ton)
ciruelo eur f	95		365,4	0,0		285	0,00
ciruelo eur p	100	157,9	384,6	45,5	28,8	1109,5	50,54
ciruelo japo f	125		480,8	0,0		334	0,00
ciruelo japo p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	998	147,74
duraznero f	125		480,8	0,0		276,3	0,00
duraznero p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	1531,6	226,72
nectarin f	120		461,5	0,0		238,4	0,00
nectarin p	270	157,9	1038,5	123,0	77,9	1152,7	141,76
limón f	120		461,5	0,0		68,4	0,00
limón p	270	109,3	1038,5	85,1	77,9	284	24,18
naranja f			0,0	0,0		97,6	0,00
naranja p	175	109,3	673,1	55,2	50,5	344,5	19,01
peral f			0,0	0,0		57,8	0,00
peral p	175	157,9	673,1	79,7	50,5	615,4	49,05
uva mesa f	78		300,0	0,0		404	0,00
uva mesa p	120	125,4	461,5	43,4	34,6	3367,5	146,18
kiwi f	80		307,7	0,0		13,5	0,00
kiwi p	120	150,4	461,5	52,1	34,6	700,1	36,45
palto f	95		365,4	0,0		201,2	0,00
palto p	110	106,2	423,1	33,7	31,7	408	13,75
<b>MELIPILLA</b>							
Lix de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N aplicado	Agua percolada	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el	Aporte N a la	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en	Superficie	Aporte total a
Cultivo	(Kg/ha)	(mm)	agua del suelo	napa	aguas de perc. Prof.	(ha)	la napa
Hortalizas			(mg /L)	(Kg/ha)	(mg /L)		(ton)
Ajo	100	84,5	384,6	24,4	28,8	743,6	18,13
Apio	90	127,2	346,2	33,0	26,0	1210,2	39,96
Cebolla	95	107,4	365,4	29,4	27,4	10431,2	307,01
Choclo	115	119,7	442,3	39,7	33,2	12563,1	498,86
Coliflor	80	105,4	307,7	24,3	23,1	3663,3	89,10
Lechuga	70	69,2	269,2	14,0	20,2	2186,7	30,55
Melón	60	114,5	230,8	19,8	17,3	8807,9	174,55
Poroto gra	37,5	99,1	144,2	10,7	10,8	4631,7	49,65
Poroto verde	37,5	84	144,2	9,1	10,8	4736,4	43,04
Sandía	95	102	365,4	28,0	27,4	2158,4	60,33
Tomate fres	100	113,7	384,6	32,8	28,8	4909,2	161,01
Tomate ind	100	113,7	384,6	32,8	28,8	9195,8	301,60
Zanahoria	60	102,6	230,8	17,8	17,3	1669,1	29,64
Zapallo	60	109,6	230,8	19,0	17,3	17086,3	324,11



MELIPILLA	N aplicado	Agua percolada	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el agua del suelo	Aporte N a la napa	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en aguas de perc. Prof.	Superficie	Aporte total a la napa
Frutales	(Kg/ha)	(mm)	(mg /L)	(Kg/ha)	(mg /L)	(ha)	(ton)
Ciruelo eur f	95		365,4	0,0		87,1	0,00
Ciruelo eur p	100	157,9	384,6	45,5	28,8	89,7	4,09
Ciruelo japo f	125		480,8	0,0		41,4	0,00
Ciruelo japo p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	243,4	36,03
Duraznero f	125		480,8	0,0		43,7	0,00
Duraznero p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	234,9	34,77
Nectarin f	120		461,5	0,0		34,1	0,00
Nectarin p	270	157,9	1038,5	123,0	77,9	221,7	27,26
Limón f	120		461,5	0,0		454,4	0,00
Limón p	270	109,3	1038,5	85,1	77,9	1870,2	159,21
Naranja f			0,0	0,0		304,9	0,00
Naranja p	175	109,3	673,1	55,2	50,5	1002,3	55,30
Peral f			0,0	0,0		6,7	0,00
Peral p	175	157,9	673,1	79,7	50,5	261,1	20,81
Uva mesa f	78		300,0	0,0		78,6	0,00
Uva mesa p	120	125,4	461,5	43,4	34,6	578,1	25,09
Kiwi f	80		307,7	0,0		0	0,00
Kiwi p	120	150,4	461,5	52,1	34,6	117,6	6,12
Palto f	95		365,4	0,0		780,3	0,00
Palto p	110	106,2	423,1	33,7	31,7	1147,2	38,66

#### TALAGANTE

Lix de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Cultivo	N aplicado	Agua percolada	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el agua del suelo	Aporte N a la napa	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en aguas de perc. Prof.	Superficie	Aporte total a la napa
Hortalizas	(Kg/ha)	(mm)	(mg /L)	(Kg/ha)	(mg /L)	(ha)	(ton)
Ajo	100	84,5	384,6	24,4	28,8	2655,1	64,72
Apio	90	127,2	346,2	33,0	26,0	179,6	5,93
Cebolla	95	107,4	365,4	29,4	27,4	5433,2	159,91
Choclo	115	119,7	442,3	39,7	33,2	2526,2	100,31
Coliflor	80	105,4	307,7	24,3	23,1	771,5	18,77
Lechuga	70	69,2	269,2	14,0	20,2	299,7	4,19
Melón	60	114,5	230,8	19,8	17,3	351,3	6,96
Poroto gra	37,5	99,1	144,2	10,7	10,8	4115,8	44,12
Poroto verde	37,5	84	144,2	9,1	10,8	5055,3	45,94
Sandía	95	102	365,4	28,0	27,4	655,9	18,33
Tomate fres	100	113,7	384,6	32,8	28,8	1364,4	44,75
Tomate ind	100	113,7	384,6	32,8	28,8	9,3	0,31
Zanahoria	60	102,6	230,8	17,8	17,3	136,4	2,42
Zapallo	60	109,6	230,8	19,0	17,3	1313,3	24,91

Lix de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N aplicado	Agua percolada	Conc media NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el agua del suelo	Aporte N a la napa	Conc media de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en aguas de perc. Prof.	Superficie	Aporte total a la napa
Frutales	(Kg/ha)	(mm)	(mg /L)	(Kg/ha)	(mg /L)	(ha)	(ton)
Ciruelo eur f	95		365,4	0,0		122	0,00
Ciruelo eur p	100	157,9	384,6	45,5	28,8	222,6	10,14
Ciruelo japo f	125		480,8	0,0		63,2	0,00
Ciruelo japo p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	234,1	34,65
Duraznero f	125		480,8	0,0		120,3	0,00
Duraznero p	325	157,9	1250,0	148,0	93,8	583,4	86,36
Nectarin f	120		461,5	0,0		47,7	0,00
Nectarin p	270	157,9	1038,5	123,0	77,9	288,6	35,49
Limón f	120		461,5	0,0		247,4	0,00
Limón p	270	109,3	1038,5	85,1	77,9	518,3	44,12
Naranja f			0,0	0,0		49,1	0,00
Naranja p	175	109,3	673,1	55,2	50,5	215,4	11,88
Peral f			0,0	0,0		29,4	0,00
Peral p	175	157,9	673,1	79,7	50,5	453,3	36,13
Uva mesa f	78		300,0	0,0		144,9	0,00
Uva mesa p	120	125,4	461,5	43,4	34,6	1248,3	54,19
Kiwi f	80		307,7	0,0		0	0,00
Kiwi p	120	150,4	461,5	52,1	34,6	166,1	8,65
Palto f	95		365,4	0,0		475,5	0,00
Palto p	110	106,2	423,1	33,7	31,7	792,2	26,70

P= etapa de producción

f= etapa de formación

### **APÉNDICE III**

**Volúmenes totales de Biocidas aplicados en la Región Metropolitana  
para el conjunto de cultivos estudiados**

Volúmenes totales de insecticidas aplicados en el conjunto de las hortalizas estudiadas

INGREDIENTE ACTIVO	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Total regional
	Kg i.a.						
Azinfosmetil	763,1	6.386,0	1.482,1	4.789,4	6.833,4	3.595,2	23.849,2
Carbaril	228,0	9.732,9	1.370,3	4.125,2	4.689,7	916,2	21.062,4
Carbofurano	4.546,3	31.030,2	7.427,8	30.574,8	37.903,1	5.974,1	117.456,3
Deltametrina	3.926,0	41.482,7	768,7	2.202,4	9.089,1	2.645,3	60.114,2
Diazinon	2.365,2	26.634,3	827,9	6.344,3	14.801,2	10.613,9	61.586,9
Diazinon S metil	27,9	3.552,1	14,1	8.840,4	2.698,0	52,5	15.185,0
Dimetoato	533,9	3.822,2	109,7	2.292,3	3.434,6	1.755,6	11.948,3
Dimeton S metil	16,7	584,5	2,3	607,5	324,5	73,1	1.608,7
Endosulfan	951,0	2.172,6	2.669,8	1.748,8	6.754,2	3.518,0	17.814,4
Fenvalerato	561,6	1.420,8	409,5	1.383,7	2.667,5	1.143,0	7.586,1
Fonofos	2.426,8	13.701,4	748,7	4.355,8	8.681,4	6.497,1	36.411,3
Metamidofos	2.369,6	8.569,4	2.027,5	16.878,1	13.588,4	5.028,5	48.461,6
Mevinfos	118,4	2.563,0	10,4	6.824,1	1.928,0	171,2	11.615,0
Monocrotofos	1.790,0	5.506,6	1.107,3	2.875,7	7.458,0	2.270,2	21.007,8
Permetrina	170,6	489,8	415,3	796,2	1.410,5	137,4	3.419,6
Phosxim	852,9	2.448,8	2.076,3	3.980,8	7.052,5	686,9	17.098,1
Triclorfon	1.337,9	949,1	0,0	293,4	2.323,6	344,8	5.248,7

Volúmenes totales de fungicidas aplicados en el conjunto de las hortalizas estudiadas

INGREDIENTE ACTIVO	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Total regional
	Kg i.a.						
Azufre	3.371,6	23.368,2	23,4	34.442,6	21.287,8	12.116,6	94.610,2
Benomyl	1.418,8	5.560,7	5,6	7.516,0	12.628,7	1.275,5	28.405,2
Bisditiocarbamato	1.798,4	45.082,8	45,1	5.205,3	3.280,1	449,6	55.861,2
Captafol	1.222,9	867,5	0,9	268,2	2.123,9	315,2	4.798,5
Captan	5.315,9	12.143,5	12,1	9.775,1	37.752,6	19.663,8	84.663,1
Carbendazin	516,4	1.427,7	1,4	1.059,9	1.947,3	1.871,5	6.824,3
Dinocap	127,8	3.474,7	3,5	1.257,6	2.235,9	163,3	7.262,7
Mancozeb	6.280,2	27.956,3	28,0	23.503,4	50.012,5	24.635,9	132.416,3
Propineb	6.239,5	15.366,4	15,4	23.635,7	46.138,3	5.087,6	96.482,9
Triamidefon	96,8	300,5	0,3	7.176,8	1.518,3	351,2	9.443,8

Volúmenes totales de herbicidas aplicados en el conjunto de las hortalizas estudiadas

INGREDIENTE ACTIVO	PROVINCIAS						Total regional
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	
	Kg i.a.						
Atrazina	310,8	10.548,1	3.605,9	916,3	11.306,8	2.273,6	28.961,5
Linuron	404,1	1.028,9	4,5	117,5	895,1	1.125,3	3.575,4
Metabenzthiazuron	531,9	1.424,9	1.444,6	958,5	3.743,9	2.233,5	10.337,3
Oxifluorfen	264,4	604,0	742,2	486,2	1.877,6	978,0	4.952,3
Prometrina	206,3	686,1	529,2	359,2	1.430,4	1.035,3	4.246,5

Volumen total de acaricida aplicado en el conjunto de las hortalizas estudiadas

INGREDIENTE ACTIVO	PROVINCIA						Total Regional
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	
	Kg i.a.						
Dicofol	422,5	724,7	82,8	948,4	1.713,7	1.522,8	3.815,9

Volúmenes totales de insecticidas aplicados a los frutales estudiados

INGREDIENTE ACTIVO	PROVINCIAS						Total regional
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	
	Kg i.a.						
Azinfosmetil	658,1	2.810,5	813,8	7.415,5	2.256,2	2.394,6	16.348,7
Carbofurano	16,0	14,1	10,7	501,2	1.661,5	1.068,0	3271,5
Clorfevinfos	5.855,6	173.897,7	62.940,5	930.233,7	192.970,3	278.105,0	1.644.002,7
Clorpirifos	2,9	46,3	24,2	684,4	113,8	180,7	1.052,3
Diazinon	33,9	226,1	104,8	1.457,5	1.079,4	695,2	3.596,9
Endosulfan	61,9	284,9	137,9	2.146,9	3.195,1	1.956,0	7.782,7
Fenvalerato	1,2	8,1	2,8	40,6	6,8	13,2	72,7
Fluvalinato	3,8	21,6	7,6	112,7	19,2	36,6	201,5
Methidathion	224,8	1.007,0	284,0	3.170,6	1.391,1	1.257,2	7.334,7
Mevinfos	9,0	31,1	29,6	232,1	539,1	158,9	999,7
Monocrotofos	16,3	16,5	7,3	465,4	1.595,7	836,1	2.937,1
Permetrina	0,1	2,2	1,1	32,2	5,4	7,6	48,6
Phosmet	219,6	6.575,7	307,0	2.958,7	497,8	927,1	11.485,8
Quinalphos	1.423,3	1.057,1	69,9	1.609,0	529,1	704,8	5393,2

### Volúmenes totales de fungicidas aplicados a los frutales estudiados

INGREDIENTE ACTIVO	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Total Regional
	Kg i.a.						
Benomil	394,0	1.503,6	258,1	3.208,5	555,7	1.092,4	7.012,3
Captan	1.302,6	4.313,3	378,1	6.783,0	1.324,7	2.561,5	16.663,2
Carbendazin	143,1	486,6	31,9	707,6	122,3	271,9	1.763,5
Ferbam	292,9	2.777,0	1.799,4	14.086,6	2.379,6	4.063,6	25.399,1
Iprodione	19,9	59,9	33,3	743,8	148,7	177,6	1.183,2
Mancozeb	268,6	2.716,6	1.707,9	17.352,0	9.537,4	6.101,3	37.683,9
Oxiclroruro	48,7	771,5	822,1	3.976,7	653,3	902,9	7.175,1
Phirasofos	396,9	1.347,5	89,1	1.947,3	335,9	748,9	4.865,5
Propineb	34,5	75,1	16,6	1.411,4	6.254,2	1.621,3	9.413,1
Thiran	4,0	3,6	2,9	5,6	8,2	3,4	27,7
Triamidedon	80,5	273,5	18,0	397,4	68,7	152,7	990,7
Vinclozolin	3,0	48,1	25,1	713,1	118,2	166,9	1.074,4

### Volúmenes totales de acaricidas aplicados a los frutales estudiados

INGREDIENTE ACTIVO	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Total regional
	Kg i.a.						
Binapacril	44,9	240,4	130,3	1.684,4	2.180,9	1.338,4	5.619,3
Bropropilato	5,4	9,1	1,6	208,5	987,6	252,3	1.464,4
Clorbenzilato	3,0	5,1	0,9	117,5	556,6	142,2	825,4
Cyhexatina	19,2	162,4	111,9	982,0	761,1	640,0	2.676,6
Dicofol	0,3	0,3	0,2	0,4	0,6	0,3	2,2
Dinoseb	1.110,3	3.769,5	249,2	5.445,6	939,3	2.094,3	13.608,1
Oxamilo	3,5	5,9	1,1	136,5	646,4	165,2	958,5
Propargite	37,4	244,7	135,8	1.220,4	219,5	363,3	2.221,0

### Volúmenes totales de herbicidas aplicados a los frutales estudiados

INGREDIENTE ACTIVO	PROVINCIAS						
	Santiago	Chacabuco	Cordillera	Maipo	Melipilla	Talagante	Total regional
	(Kg. i. a./ha)						
Glifosato	301,0	1.379,6	323,3	6.089,0	2.467,9	2.200,6	12.761,4
Simazina	514,1	1.575,3	128,3	3.083,2	3.705,1	1.870,7	10.876,7

## **APÉNDICE IV**

**Características Técnicas de algunos Biocidas usados en la  
Región Metropolitana**

Características técnicas de los insecticidas usados en los cultivos estudiados

INGREDIENTE ACTIVO	GRUPO QUÍMICO	FORMULACIÓN	LD 50 DERMAL	LD 50 ORAL	GRUPO DE TOXICIDAD	REGISTRO SAG
			mg PC/Kg de peso vivo			
Azinfosmetil	Organo fosforado	Polvo mojable	714	36	II	1.233
Carbaril	Carbamato	Polvo mojable	4.700	1.000	IV	1.498
Carbofurano	Carbamato	Gránulo	> 10.200	132	III	1.467
Clorfevinfos	Organo fosforado	Emulsión concentrada	110	46,5	II	1.016
Clorpirifos	Organo fosforado	Emulsión concentrada	> 2.000	300 - 590	III	1.428
Detametrina	Piretroide	Emulsión	-	537	III	1.118
Diazinon	Organo fosforado	Gránulo	2.150	3.360	IV	1.042
Diclorfon	Organo fosforado	-	> 4.598	1.437	III	1.418
Dimetoato	Organo fosforado	Emulsión concentrada	762	791	III	1.075
Endosulfan	Der. ác. sulfuroso	Polvo mojable	500 - 1.000	220	III	1.119
Fenvalerato	Piretroide	Emulsión concentrada	> 4.300	427	III	1.013
Fonofos	Organo fosforado	Emulsión concentrada	316 - 383	14 - 27	II	1.028
Metamidofos	Organo fosforado	Solución líquida	183	25	II	1.007
Methidathion	Organo fosforado	Polvo mojable	2.026	69	III	1.044
Monocrotofos	Organo fosforado	Concentrado soluble	225	16	I	1.046
Permetrina	Piretroide	Emulsión concentrada	16.000	4.000	IV	1.339
Phosmet	Organo fosforado	Polvo mojable	> 10.000	350	III	-
Phosxim	Organo fosforado	Polvo seco	12.500	4.500	IV	1.439
Quinalfos	Organo fosforado	Emulsión concentrada	2.542 - 2.966	131 - 290	II	1.034

Fuente: AFIPA, 1996-97

Características técnicas de los fungicidas usados en los cultivos estudiados

INGREDIENTE ACTIVO	GRUPO QUÍMICO	FORMULACIÓN	LD 50 DERMAL	LD 50 ORAL	GRUPO DE TOXICIDAD	REGISTRO SAG
			mg PC/Kg de peso vivo			
Azufre	Azufre	Polvo seco	5.000	2.000	IV	2.269
Benomil	Benzimidazole	Polvo mojable	2.000	5.000	IV	2.002
Captan	Talamida	Polvo mojable	2.000	8.400 – 12.600	IV	2.041
Carbendazim	Benzimidazoles	Pasta concentrada	> 15.000	75.000	IV	2.236
Ferbam	Ditiocarbamato	Granular	-	> 10.000	IV	2.137
Iprodione	Ditiocarbamato	Polvo mojable	2.500	3.500 – 4.000	IV	2.059
Mancozeb	Ditiocarbamato	Polvo mojable	12.500	6.250	IV	2.291
Oxicloruro de cobre	Cúprico	Suspensión conc.	-	1.500	IV	2.230
Propineb	Ditiocarbamato	Polvo mojable	500	1.515	IV	2.029
Thiram	Ditiocarbamato	Polvo mojable	> 5.000	4.000	IV	2.008
Triamidofon	Triasoles	Polvo mojable	1.000	2.140	IV	2.005
Vindozolin	Dicarboximida	Granular	10.000	30.000	IV	2.050

Fuente: AFIPA, 1996-97



Características técnicas de los herbicidas usados en los cultivos estudiados

INGREDIENTE ACTIVO	GRUPO QUÍMICO	FORMULACIÓN	LD 50 DERMAL	LD 50 ORAL	GRUPO DE TOXICIDAD	REGISTRO SAG
			mg PC/Kg de peso vivo			
Atrazina	Triazina	Suspensión conc.	> 5.000	6.160	IV	3.252
Glifosato	Amina ácida	Líquido soluble	10.416	8.437	IV	3.050
Linuron	Derivado de la úrea	Polvo mojable	> 2.000	4.833	IV	3.250
Metabenzthiazuron	Derivado de la úrea	Polvo mojable	1.428	2.857	IV	3.057
Oxifluorfen	Difenil éter	Emulsión concentrada	5.000	500 – 5.000	IV	3.017
Prometrina	Triazina	Granular	> 4.000	> 3.000	IV	3.309
Simazina	Triazina	Suspensión acuosa	6.200	10.000	IV	3.169

Fuente: AFIPA, 1996-97

Características técnicas de los acaricidas usados en los cultivos estudiados

INGREDIENTE ACTIVO	GRUPO QUÍMICO	FORMULACIÓN	LD 50 DERMAL	LD 50 ORAL	GRUPO DE TOXICIDAD	REGISTRO SAG
			mg PC/Kg de peso vivo			
Propargite	Organo sulfuroso	Poivo mojable	2.000	1.653	III	1.220
Cyhexatina	Derivado del estaño	Pendiente	900	3.333	III	1.216
Dicofol	Organo clorado	Poivo mojable	2.857	1.900	IV	1.337
Bromopropilato	Carbinol	Emulsión concentrada	3.170	7.264	IV	1.049
Oxamilo	Carbamato	Líquido	> 2.960	> 37	II	1.084

Fuente: AFIPA, 1996-97

## **APÉNDICE V**

**Determinación de la Fracción Lixiviable de Biocidas  
BALANCE DE MASA**

N° aplic 1	Superficie control (ha)								Cantidad media de pestic durante R
Suelo	Santiago		agua percolada	agua perc (mm)	Dosis	Días	carga inicial	carga media	g i.a./ha
Insecticida		fecha aplicación	mes (mm)	durante residencia	g i.a./ha	residencia	suelo(gr i.a )	(%)	
Azinfosmetil									
Ciruelo	2,65	17-oct	0	2,5	2340	20	1170	22,3	260,9
Kiwi	1,5	10-sep	3,8	2,5	2938	20	1469	22,3	327,6
Uva de mesa	350,65	05-nov	3,7	2,4	1755	20	877,5	22,3	195,7
Limón	53	03-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Naranja	2,5	05-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Choclo	172,66	26-nov		10,2	650	20	325	22,3	72,5
Poroto granado	114,18	10-nov	14,3	9,5	1950	20	975	22,3	217,4
Poroto verde	277,16	03-sep	4,2	2,80	1950	20	975	22,3	217,4
Azinfosmetil	<b>Chacabuco</b>								
Ciruelo	221,9	17-oct	0	2,5	2340	20	1170	22,3	260,9
Kiwi	23,95	10-sep	3,8	2,5	2938	20	1469	22,3	327,6
uva de mesa	1186,6	05-nov	3,7	2,4	1755	20	877,5	22,3	195,7
Limón	3,15	03-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Naranja	10,05	05-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Choclo	5860,05	26-nov		10,2	650	20	325	22,3	72,5
poroto granado	195,86	10-nov	14,3	9,5	1950	20	975	22,3	217,4
poroto verde	1125,68	03-nov	4,2	2,80	1950	20	975	22,3	217,4
Azinfosmetil	<b>Cordillera</b>								
Ciruelo	258,1	17-oct		2,5	2340	20	1170	22,3	260,9
Kiwi	12,5	10-sep	3,8	2,5	2938	20	1469	22,3	327,6
uva de mesa	49,85	05-nov	3,7	2,4	1755	20	877,5	22,3	195,7
Limón	1,45	03-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Naranja	0,9	05-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Choclo	2003,3	26-nov		10,2	650	20	325	22,3	72,5
poroto granado	22,38	10-nov	14,3	9,5	1950	20	975	22,3	217,4
poroto verde	69,9	03-nov	4,2	2,80	1950	20	975	22,3	217,4

			agua percolada	agua perc (mm)	Dosis	Días	carga inicial	carga media	Cantidad media
		fecha aplicación	mes (mm)	durante residencia	g i.a./ha	residencia	suelo(gr i.a )	(%)	de pestic durante R
Azinfosmetil	<b>Maipo</b>								
Ciruelo	1138,1	17-oct	0	2,5	2340	20	1170	22,3	260,9
Kiwi	350,1	10-sep	3,8	2,5	2938	20	1469	22,3	327,6
uva de mesa	1683,75	05-nov	3,7	2,4	1755	20	877,5	22,3	195,7
Limón	142	03-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Naranja	172,25	05-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Choclo	5090,55	26-nov		10,2	650	20	325	22,3	72,5
poroto granado	256,32	10-nov	14,3	9,5	1950	20	975	22,3	217,4
poroto verde	502,94	03-nov	4,2	2,80	1950	20	975	22,3	217,4
Azinfosmetil	<b>Melipilla</b>								
Ciruelo	179,9	17-oct	0	2,5	2340	20	1170	22,3	260,9
Kiwi	58,8	10-sep	3,8	2,5	2938	20	1469	22,3	327,6
uva de mesa	289,05	05-nov	3,7	2,4	1755	20	877,5	22,3	195,7
Limón	935,1	03-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Naranja	501,15	05-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Choclo	6281,55	26-nov		10,2	650	20	325	22,3	72,5
poroto granado	463,17	10-nov	14,3	9,5	1950	20	975	22,3	217,4
poroto verde	947,28	03-nov	4,2	2,80	1950	20	975	22,3	217,4
Azinfosmetil	<b>Talagante</b>								
Ciruelo	246,6	17-oct	0	2,5	2340	20	1170	22,3	260,9
Kiwi	83,1	10-sep	3,8	2,5	2938	20	1469	22,3	327,6
uva de mesa	649,15	05-nov	3,7	2,4	1755	20	877,5	22,3	195,7
Limón	259,15	03-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Naranja	107,7	05-sep	3,6	2,4	715	20	357,5	22,3	79,7
Choclo	1263,1	26-nov		10,2	650	20	325	22,3	72,5
poroto granado	411,58	10-nov	14,3	9,5	1950	20	975	22,3	217,4
poroto verde	1011,06	03-nov	4,2	2,80	1950	20	975	22,3	217,4

**Santiago**

<b>Insecticida</b>	<b>fracción lixiviable g i.a /ha</b>	<b>Concentración agua de per (mg/L)</b>	<b>Concentración agua de per (ug/L)</b>	<b>Concentración (mg i.a./Kg suelo) en el suelo durante la residencia</b>	<b>Aporte a la napa gr i.a</b>	<b>Aporte a la napa Kg i.a</b>
Azinfosmetil						
Ciruelo	13,05	0,53	525	0,1004	35	0,035
Kiwi	16,38	0,65	647	0,1260	25	0,025
Uva de mesa	9,78	0,41	410	0,0753	3431	3,431
Limón	3,99	0,17	166	0,0307	211	0,211
Naranja	3,99	0,17	166	0,0307	10	0,010
Choclo	3,62	0,04	36	0,0279	626	0,626
Poroto granado	10,87	0,11	114	0,0836	1241	1,241
Poroto verde	10,87	0,39	388	0,0836	3013	3,013

**Chacabuco**

Azinfosmetil						
Ciruelo	13,05	0,53	525	0,1004	2895	2,89
Kiwi	16,38	0,65	647	0,1260	392	0,39
uva de mesa	9,78	0,41	410	0,0753	11610	11,61
Limón	3,99	0,17	166	0,0307	13	0,01
Naranja	3,99	0,17	166	0,0307	40	0,04
Choclo	3,62	0,04	36	0,0279	21235	21,24
poroto granado	10,87	0,11	114	0,0836	2129	2,13
poroto verde	10,87	0,39	388	0,0836	12238	12,24

**Cordillera**

<b>Azinfosmetil</b>					<b>Aporte a la napa gr i.a</b>	<b>Aporte a la napa Kg i.a</b>
Ciruelo	13,05	0,53	525	0,1004	3367,04355	3,367
Kiwi	16,38	0,65	647	0,1260	205	0,205
uva de mesa	9,78	0,41	410	0,0753	488	0,488
Limón	3,99	0,17	166	0,0307	6	0,006
Naranja	3,99	0,17	166	0,0307	4	0,004
Choclo	3,62	0,04	36	0,0279	7259	7,259
poroto granado	10,87	0,11	114	0,0836	243	0,243
poroto verde	10,87	0,39	388	0,0836	760	0,760

<b>Maipo</b>	<b>fracción lixiviable</b>	<b>Concentración</b>	<b>Concentración</b>	<b>Concentración (mg i.a./Kg suelo)</b>	<b>Aporte a la napa</b>	<b>Aporte a la napa</b>
	<b>g i.a /ha</b>	<b>agua de per (mg/L)</b>	<b>agua de per (ug/L)</b>	<b>en el suelo durante la residencia</b>	<b>gr i.a</b>	<b>Kg i.a</b>
Azinfosmetil	13,05	0,53	525	0,1004	14847	14,85
Ciruelo	16,38	0,65	647	0,1260	5734	5,73
Kiwi	9,78	0,41	410	0,0753	16474	16,47
uva de mesa	3,99	0,17	166	0,0307	566	0,57
Limón	3,99	0,17	166	0,0307	687	0,69
Choclo	3,62	0,04	36	0,0279	18447	18,45
poroto granado	10,87	0,11	114	0,0836	2787	2,79
poroto verde	10,87	0,39	388	0,0836	5468	5,47
					<b>Aporte a la napa</b>	<b>Aporte a la napa</b>
					<b>gr i.a</b>	<b>Kg i.a</b>
<b>Melipilla</b>						
Azinfosmetil						
Ciruelo	13,05	0,53	525	0,1004	2347	2,35
Kiwi	16,38	0,65	647	0,1260	963	0,96
uva de mesa	9,78	0,41	410	0,0753	2828	2,83
Limón	3,99	0,17	166	0,0307	3727	3,73
Naranjo	3,99	0,17	166	0,0307	1998	2,00
Choclo	3,62	0,04	36	0,0279	22763	22,76
poroto granado	10,87	0,11	114	0,0836	5035	5,04
poroto verde	10,87	0,39	388	0,0836	10298	10,30
					<b>Aporte a la napa</b>	<b>Aporte a la napa</b>
					<b>gr i.a</b>	<b>Kg i.a</b>
Azinfosmetil						
Ciruelo	13,05	0,53	525	0,1004	3217	3,22
Kiwi	16,38	0,65	647	0,1260	1361	1,36
uva de mesa	9,78	0,41	410	0,0753	6351	6,35
Limón	3,99	0,17	166	0,0307	1033	1,03
Naranjo	3,99	0,17	166	0,0307	429	0,43
Choclo	3,62	0,04	36	0,0279	4577	4,58
poroto granado	10,87	0,11	114	0,0836	4474	4,47
poroto verde	10,87	0,39	388	0,0836	10991	10,99

SUELO n° aplic 1	Superficie control (ha)		agua percolada	agua perc (mm)	Dosis	días	carga inicial	carga media	Cantidad media
<b>Carbofurano</b>	<b>Santiago</b>	fecha aplicación	mes (mm)	durante residencia	g i.a./ha	residencia	suelo	(%)	de pestic durante R g i.a./ha
Palto	12,67	01-nov	6,2 y 12,8	8,26	1000	35	1000	21	210,0
Ajo	142,96	03-sep	3,3 y 0	3,08	24,36	35	24,36	21	5,1
Choclo	207,18	05-nov	0 y 19,7	5,72	150	35	150	21	31,5
Poroto granado	228,36	10-oct	0 y 14,3	6,20	1000	35	1000	21	210,0
Sandía	11,5	02-oct	0 y 1,8	0,30	1200	35	1200	21	252,0
Zanahoria	16,69	05-oct	0 y 8,3	1,11	2000	35	2000	21	420,0
Zapallo	120,9	15-oct	0 y 9,4	5,64	324,8	35	324,8	21	68,2
<b>Chacabuco</b>									
<b>Carbofurano</b>									
palto	9,24	01-nov	6,2 y 12,8	8,26	1000	35	1000	21	210,0
ajo	2004,6	03-sep	3,3 y 0	3,08	24,36	35	24,36	21	5,1
choclo	7032,06	05-nov	0 y 19,7	5,72	150	35	150	21	31,5
poroto granado	391,72	10-oct	0 y 14,3	6,00	1000	35	1000	21	210,0
sandía	1300,85	02-oct	0 y 1,8	0,30	1200	35	1200	21	252,0
zanahoria	2021,1	05-oct	0 y 8,3	2,21	2000	35	2000	21	420,0
zapallo	84,084	15-oct	0 y 9,4	5,64	324,8	35	324,8	21	68,2
<b>Cordillera</b>									
<b>Carbofurano</b>									
palto	5,6	01-nov	6,2 y 12,8	8,26	1000	35	1000	21	210,0
ajo	11,5	03-sep	3,3 y 0	3,08	24,36	35	24,36	21	5,1
Choclo	2403,96	05-nov	0 y 19,7	5,72	150	35	150	21	31,5
poroto granado	44,76	10-oct	0 y 14,3	6,00	1000	35	1000	21	210,0
sandía	5,65	02-oct	0 y 1,8	0,30	1200	35	1200	21	252,0
zanahoria	3172	05-oct	0 y 8,3	2,21	2000	35	2000	21	420,0
zapallo	13,3	15-oct	0 y 9,4	5,64	324,8	35	324,8	21	68,2



	<b>Maipo</b>		<b>agua percolada</b>	<b>agua perc (mm)</b>	<b>Dosis</b>	<b>días</b>	<b>carga inicial</b>	<b>carga media</b>	<b>Cantidad media</b>
<b>Carbofurano</b>		<b>fecha aplicación</b>	<b>mes (mm)</b>	<b>durante residencia</b>	<b>g i.a./ha</b>	<b>residencia</b>	<b>suelo</b>	<b>(%)</b>	<b>de pestic durante R</b>
palto	285,6	01-nov	6,2 y 12,8	8,26	1000	35	1000	21	210,0
ajo	105,3	03-sep	3,3 y 0	3,08	24,36	35	24,36	21	5,1
choclo	6108,66	05-nov	0 y 19,7	5,72	150	35	150	21	31,5
poroto granado	512,64	10-oct	0 y 14,3	6,00	1000	35	1000	21	210,0
sandía	3536,15	02-oct	0 y 1,8	0,30	1200	35	1200	21	252,0
zanahoria	4338	05-oct	0 y 8,3	2,21	2000	35	2000	21	420,0
zapallo	3106,48	15-oct	0 y 9,4	5,64	324,8	35	324,8	21	68,2
									<b>Cantidad media</b>
	<b>Melipilla</b>	<b>fecha aplicación</b>	<b>agua percolada</b>	<b>agua perc (mm)</b>	<b>Dosis</b>	<b>días</b>	<b>carga inicial</b>	<b>carga media</b>	<b>de pestic durante R</b>
<b>Carbofurano</b>			<b>mes (mm)</b>	<b>durante residencia</b>	<b>g i.a./ha</b>	<b>residencia</b>	<b>suelo</b>	<b>(%)</b>	<b>g i.a./ha</b>
palto	803,04	01-nov	6,2 y 12,8	8,26	1000	35	1000	21	210,0
ajo	743,6	03-sep	3,3 y 0	3,08	24,36	35	24,36	21	5,1
choclo	7537,86	05-nov	0 y 19,7	5,72	150	35	150	21	31,5
poroto granado	926,34	10-oct	0 y 14,3	6,00	1000	35	1000	21	210,0
sandía	1079,2	02-oct	0 y 1,8	0,30	1200	35	1200	21	252,0
zanahoria	3338,2	05-oct	0 y 8,3	2,21	2000	35	2000	21	420,0
zapallo	5638,4	15-oct	0 y 9,4	5,64	324,8	35	324,8	21	68,2
									<b>Cantidad media</b>
	<b>Talagante</b>	<b>fecha aplicación</b>	<b>agua percolada</b>	<b>agua perc (mm)</b>	<b>Dosis</b>	<b>días</b>	<b>carga inicial</b>	<b>carga media</b>	<b>de pestic durante R</b>
<b>Carbofurano</b>			<b>mes (mm)</b>	<b>durante residencia</b>	<b>g i.a./ha</b>	<b>residencia</b>	<b>suelo</b>	<b>(%)</b>	<b>g i.a./ha</b>
palto	554,54	01-nov	6,2 y 12,8	8,26	1000	35	1000	21	210,0
ajo	2655,1	03-sep	3,3 y 0	3,08	24,36	35	24,36	21	5,1
choclo	1515,72	05-nov	0 y 19,7	5,72	150	35	150	21	31,5
poroto granado	823,16	10-oct	0 y 14,3	6,00	1000	35	1000	21	210,0
sandía	327,95	02-oct	0 y 1,8	0,30	1200	35	1200	21	252,0
zanahoria	45,02	05-oct	0 y 8,3	2,21	2000	35	2000	21	420,0
zapallo	433	15-oct	0 y 9,4	5,64	324,8	35	324,8	21	68,2

<b>Santiago</b>	<b>fracción lixiviable</b>	<b>Concentración</b>	<b>Concentración</b>	<b>Concentración (mg i.a./Kg suelo)</b>	<b>Aporte a la napa</b>	<b>Aporte a la napa</b>
<b>Carbofurano</b>	<b>g i.a /ha</b>	<b>agua de per (mg/L)</b>	<b>agua de per (ug/L)</b>	<b>en el suelo durante la residencia</b>	<b>gr i.a</b>	<b>Kg i.a</b>
Palto	10,50	0,127	127	0,0808	133	0,13
Ajo	0,26	0,008	8	0,0020	37	0,04
Choclo	1,58	0,028	28	0,0121	326	0,33
Poroto granado	10,50	0,169	169	0,0808	2398	2,40
Sandía	12,60	4,200	4200	0,0969	145	0,14
Zanahoria	21,00	1,898	1898	0,1615	350	0,35
Zapallo	3,41	0,060	60	0,0262	412	0,41
<b>Chacabuco</b>						
<b>Carbofurano</b>						
Palto	10,50	0,127	127	0,0808	97	0,10
Ajo	0,26	0,008	8	0,0020	513	0,51
Choclo	1,58	0,028	28	0,0121	11075	11,08
Poroto granado	10,50	0,175	175	0,0808	4113	4,11
Sandía	12,60	4,200	4200	0,0969	16391	16,39
Zanahoria	21,00	0,949	949	0,1615	42443	42,44
Zapallo	3,41	0,060	60	0,0262	287	0,29
<b>Cordillera</b>						
<b>Carbofurano</b>						
	fracción lixiviable					
	g i.a /ha					
palto	10,50	0,127	127	0,0808	59	0,06
ajo	0,26	0,008	8	0,0020	3	0,00
choclo	1,58	0,028	28	0,0121	3786	3,79
poroto granado	10,50	0,175	175	0,0808	470	0,47
sandía	12,60	4,200	4200	0,0969	71	0,07
zanahoria	21,00	0,949	949	0,1615	66612	66,61
zapallo	3,41	0,060	60	0,0262	45	0,05

<b>Maipo</b>	<b>fracción lixiviable</b>	<b>Concentración</b>	<b>Concentración</b>	<b>Concentración (mg i.a./Kg suelo)</b>	<b>Aporte a la napa</b>	<b>Aporte a la napa</b>
<b>Carbofurano</b>	<b>g i.a /ha</b>	<b>agua de per (ug/L)</b>	<b>agua de per (mg/L)</b>	<b>en el suelo durante la residencia</b>	<b>gr i.a</b>	<b>Kg i.a</b>
palto	10,50	0,127	127	0,0808	2999	3,00
ajo	0,26	0,008	8	0,0020	27	0,03
choclo	1,58	0,028	28	0,0121	9621	9,62
poroto granado	10,50	0,175	175	0,0808	5383	5,38
sandía	12,60	4,200	4200	0,0969	44555	44,56
zanahoria	21,00	0,949	949	0,1615	91098	91,10
zapallo	3,41	0,060	60	0,0262	10594	10,59
<b>Melipilla</b>						
<b>Carbofurano</b>						
palto	10,50	0,127	127	0,0808	8432	8,43
ajo	0,26	0,008	8	0,0020	190	0,19
choclo	1,58	0,028	28	0,0121	11872	11,87
poroto granado	10,50	0,175	175	0,0808	9727	9,73
sandía	12,60	4,200	4200	0,0969	13598	13,60
zanahoria	21,00	0,949	949	0,1615	70102	70,10
zapallo	3,41	0,060	60	0,0262	19229	19,23
<b>Talagante</b>						
<b>Carbofurano</b>						
palto	10,50	0,127	127	0,0808	5823	5,82
ajo	0,26	0,008	8	0,0020	679	0,68
choclo	1,58	0,028	28	0,0121	2387	2,39
poroto granado	10,50	0,175	175	0,0808	0	0,00
sandía	12,60	4,200	4200	0,0969	8643	8,64
zanahoria	21,00	0,949	949	0,1615	4132	4,13
zapallo	3,41	0,060	60	0,0262	945	0,95
					1477	1,48

n° aplic =2  
Fungicida

	<b>Superficie Control (ha)</b>	<b>fecha aplicación</b>	<b>agua percolada mes (mm)</b>	<b>agua perc (mm) durante residencia</b>	<b>Dosis g i.a./ha</b>	<b>días residencia</b>	<b>carga inicial suelo</b>	<b>carga media (%)</b>	<b>Cantidad media de pestic durante R g i.a./ha</b>
<b>Captan</b>									
Duraznero	0,72	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
nectarin	0,72	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
uva de mesa	490,91	05-nov	16,9	7,89	2368	14	1184	25,3	299,6
cebolla	1175	10-oct	5,2	2,35	4524	14	2262	25,3	572,3
<b>Chacabuco</b>									
Captan									
Duraznero	127,8	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
nectarin	127,8	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
uva de mesa	1661,24	05-nov	16,9	7,89	2368	14	1184	25,3	299,6
cebolla	2684,2	10-oct	5,2	2,35	4524	14	2262	25,3	572,3
<b>Cordillera</b>									
Captan									
Duraznero	41,49	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
nectarin	41,49	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
uva de mesa	111,79	05-nov	16,9	7,89	2368	14	1184	25,3	299,6
cebolla	3298,6	10-oct	5,2	2,35	4524	14	2262	25,3	572,3
<b>Maipo</b>									
Captan									
Duraznero	463,23	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
nectarin	463,23	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
uva de mesa	2357,25	05-nov	16,9	7,89	2368	14	1184	25,3	299,6
cebolla	2160,7	10-oct	5,2	2,35	4524	14	2262	25,3	572,3

	Superficie control (ha)								
<b>Captan</b>	<b>Melipilla</b>								
Duraznero	70,02	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
nectarin	70,02	11 agost-15 sept	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
uva de mesa	404,67	05-nov	16,9	7,89	2368	14	1184	25,3	299,6
cebolla	8345	10-oct	5,2	2,35	4524	14	2262	25,3	572,3
	Superficie control (ha)		agua percolada mes (mm)	agua perc (mm) durante residencia	Dosis g i.a./ha	días residencia	carga inicial suelo	carga media (%)	Cantidad media de pestic durante R g i.a./ha
<b>Captan</b>	<b>Talagante</b>	fecha aplicación							
Duraznero	151,2	11 agost-15 septiembre	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
nectarin	151,2	11 agost-15 septiembre	17,2-5,2	7,77	1140	14	570	25,3	144,2
uva de mesa	908,81	05-nov	16,9	7,89	2368	14	1184	25,3	299,6
cebolla	4346,6	10-oct	5,2	2,35	4524	14	2262	25,3	572,3
Acaricida	Superficie control (ha)		agua percolada mes (mm)	agua perc (mm) durante residencia	Dosis g i.a./ha	días residencia	carga inicial suelo	carga media (%)	Cantidad media de pestic durante R g i.a./ha
<b>Dicofol</b>	<b>Santiago</b>	fecha aplicación							
poroto granado	1141,8	05-dic	6,7	3,46	370	16	185	40,49	74,9
	<b>Chacabuco</b>								
	1958,6	05-dic	6,7	3,46	370	16	185	40,49	74,9
	<b>Cordillera</b>								
	223,8	05-dic	6,7	3,46	370	16	185	40,49	74,9
	<b>Maipo</b>								
	2563,2	05-dic	6,7	3,46	370	16	185	40,49	74,9
	<b>Melipilla</b>								
	4631,7	05-dic	6,7	3,46	370	16	185	40,49	74,9
	<b>Talagante</b>								
	4115,8	05-dic	6,7	3,46	370	16	185	40,49	74,9

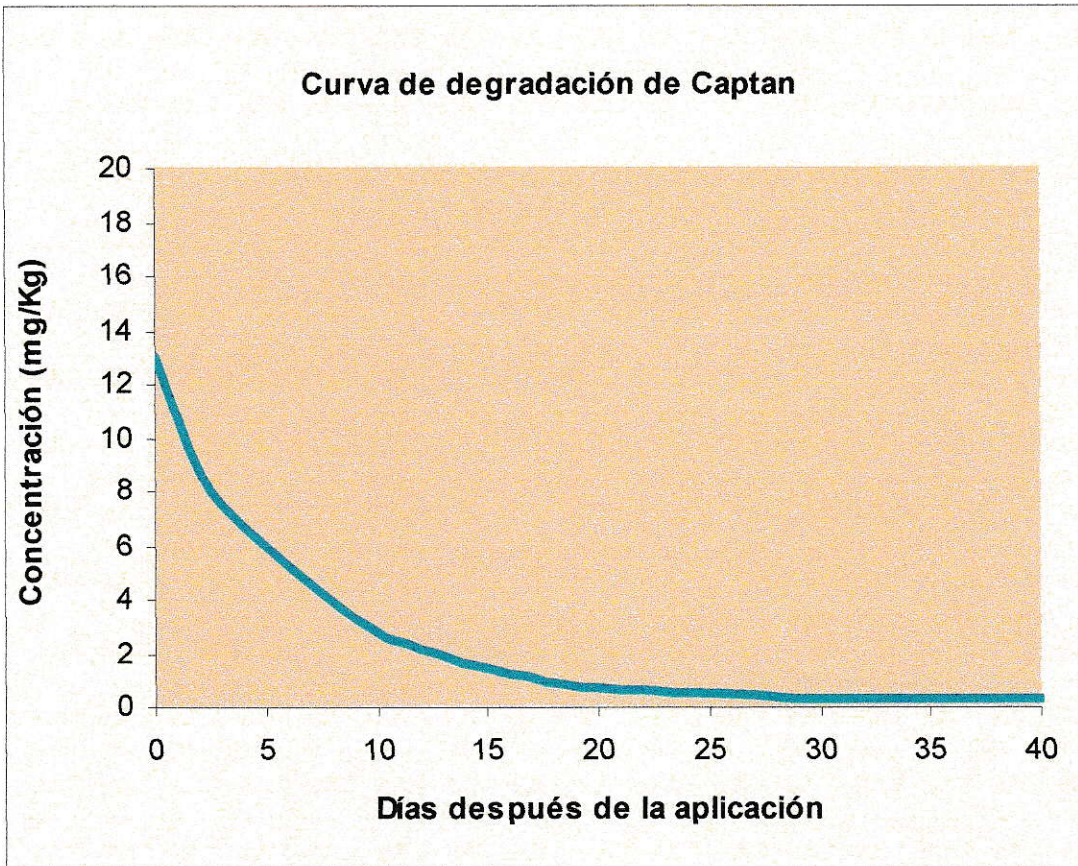
<b>Captan</b>	<b>fracción lixiviable g i.a /ha</b>	<b>Concentración agua de per (mg/L)</b>	<b>Concentración agua de per (ug/L)</b>	<b>Concentración (mg i.a./Kg suelo) en el suelo durante la residencia</b>	<b>Aporte a la napa gr i.a</b>	<b>Aporte a la napa Kg i.a</b>
<b>Santiago</b>						
Duraznero	7,21	0,09	93	0,0555	10	0,01
nectarin	7,21	0,09	93	0,0555	10	0,01
uva de mesa	14,98	0,19	190	0,1152	7353	7,35
cebolla	28,61	1,22	1218	0,2201	33622	33,62
<b>Chacabuco</b>						
Duraznero	7,21	0,09	93	0,0555	922	0,92
nectarin	7,21	0,09	93	0,0555	922	0,92
uva de mesa	14,98	0,19	190	0,1152	24881	24,88
cebolla	28,61	1,22	1218	0,2201	76807	76,81
<b>Cordillera</b>						
Duraznero	7,21	0,09	93	0,0555	299	0,30
nectarin	7,21	0,09	93	0,0555	299	0,30
uva de mesa	14,98	0,19	190	0,1152	1674	1,67
cebolla	28,61	1,22	1218	0,2201	94387	94,39
<b>Maipo</b>						
Duraznero	7,21	0,09	93	0,0555	3340	3,34
nectarin	7,21	0,09	93	0,0555	3340	3,34
uva de mesa	14,98	0,19	190	0,1152	35306	35,31
cebolla	28,61	1,22	1218	0,2201	61827	61,83
<b>Melipilla</b>						
Duraznero	7,21	0,09	93	0,0555	505	0,50
nectarin	7,21	0,09	93	0,0555	505	0,50
uva de mesa	14,98	0,19	190	0,1152	6061	6,06
cebolla	28,61	1,22	1218	0,2201	238786	238,79
<b>Talagante</b>						
Duraznero	7,21	0,09	93	0,0555	1090	1,1
nectarin	7,21	0,09	93	0,0555	1090	1,1
uva de mesa	14,98	0,19	190	0,1152	13612	13,6
cebolla	28,61	1,22	1218	0,2201	124375	124,4

Acaricida	fracción lixiviable	Concentración	Concentración	Concentración (mg i.a./Kg suelo)	Aporte a la napa	Aporte a la napa
<b>Dicofol</b>	g i.a /ha	agua de per (mg/L)	agua de per (ug/L)	en el suelo durante la residencia	<b>gr i.a</b>	<b>Kg i.a</b>
poroto granado	3,75	0,11	108,3069729	0,0288	4276,412	4,276
<b>Chacabuco</b>	3,75	0,11	108,30	0,0288	7335,59	7,336
<b>Cordillera</b>	3,75	0,11	108,30	0,0288	838,20	0,838
<b>Maipo</b>	3,75	0,11	108,30	0,0288	9600,01	9,600
<b>Melipilla</b>	3,75	0,11	108,30	0,0288	17347,22	17,347
<b>Talagante</b>	3,75	0,11	108,30	0,0288	15415,00	15,415

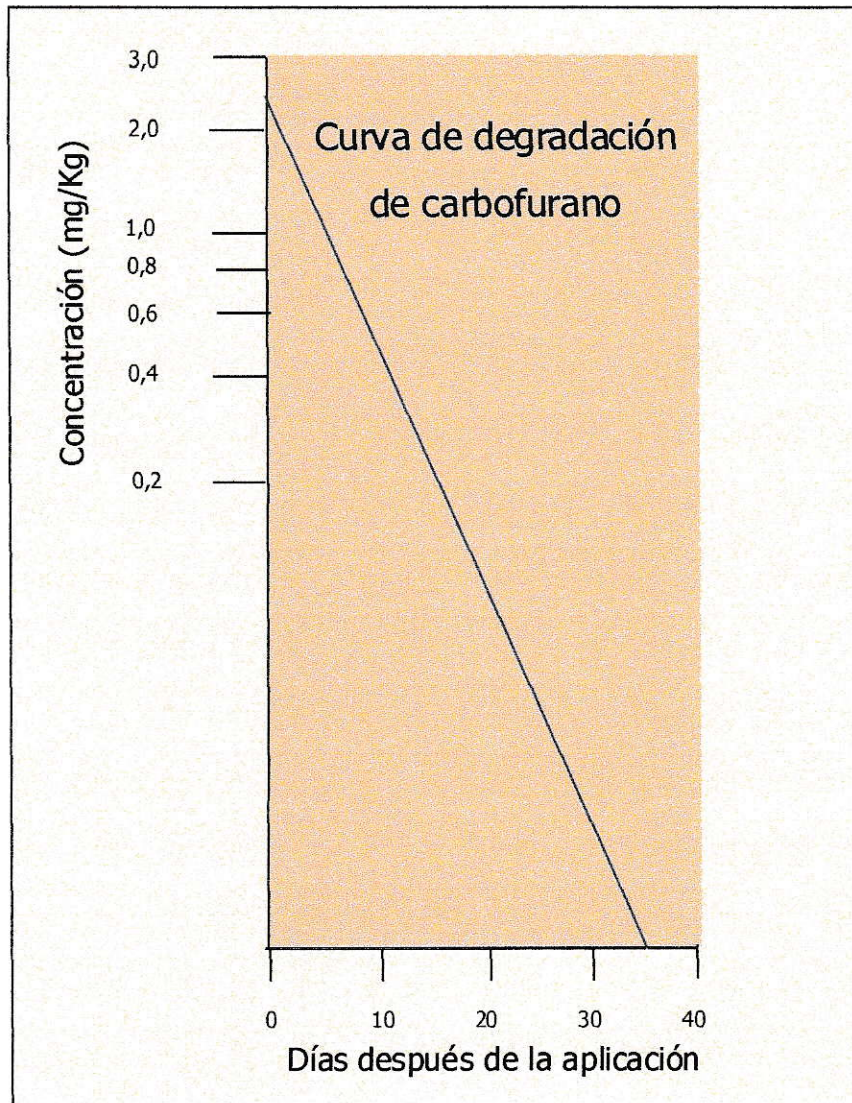
## **ANEXO A**

### **CURVAS DE DEGRADACIÓN DE LOS BIOCIDAS**

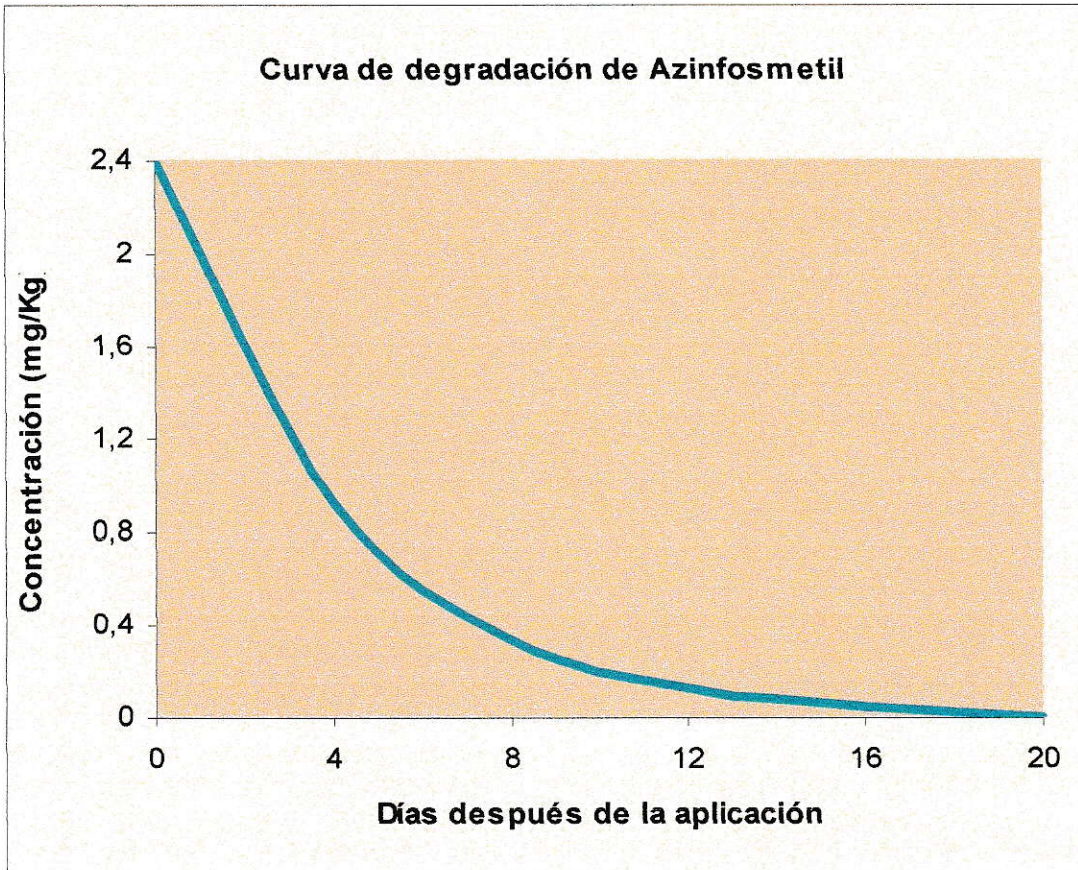




Fuente: González, 1988.



Fuente: González, 1988.



Fuente: González, 1988.

## **ANEXO B**

### **DOSIS DE FERTILIZANTES APLICADOS A LOS CULTIVOS DE LA REGIÓN METROPOLITANA**

## DOSIS DE FERTILIZANTES UTILIZADOS POR CULTIVO EN LA REGIÓN METROPOLITANA

### HORTALIZAS

#### CULTIVO: Acelga

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Obsevaciones
N	60 (60-150)	Urea, Salitre	
P2O5	60-100	Superfosfato Triple	Uso eventual

#### CULTIVO: Ajo Rosado

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	100	Urea, Salitre	
P2O5	90	Superfosfato Triple	Uso eventual

#### CULTIVO: Alcachofa Chilena Etapa: 1° año

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	200 (150-250)	Urea, salitre sodico o potásico, fosfato de amonio	Aplicación parcializada durante el cultivo.
P2O5	60 (45-100)	Superfosfato Triple Fosfato de amonio	Aplicación en preparación del suelo.

#### CULTIVO: Alcachofa Chilena Etapa: 2° año

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	165 (80-230)	Urea, Salitre Sódico y Potásico	Aplicación parcializada.
P2O5	65 (40-90)	Superfosfato Triple, Fosfato de amonio	

#### CULTIVO: Apio

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	90 (60-100)	Urea, Salitre	

#### CULTIVO: Betarraga

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	60	Urea, salitre	

#### CULTIVO: Cebolla de guarda

Nutrientes	Etapa	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	Cultivo	40	Urea, Salitre sódico o potásico	
P2O5	Cultivo	30	Superfosfato Triple	Uso eventual

#### CULTIVO: Cebolla de guarda

Nutriente	Etapa	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	Almácigo	2	Salitre sódico o potásico	uso eventual
	Cultivo	95 (70-115)	Urea, salitre sódico o potasico	
P2O5	Cultivo	40 (30-60)	Superfoafato Triple	Uso eventual

<b>CULTIVO: Cebolla temprana</b>		Tipo: Calderana		
Nutriente	Etapa	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	Almácigo	2	Urea, Salitre Sódico y potásico	
	Cultivo	85 (70-110)		
P2O5	Cultivo	60 (40-110)	Superfosfato Triple	Aplicación en preparación del suelo
<b>CULTIVO: Cebolla temprana</b>		Tipo: Pascuina		
Nutriente	Etapa	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	Almácigo	2	Urea, Salitre Sódico y potásico	
	Cultivo	60 (40-110)	Superfosfato Triple	Aplicación en preparación del suelo.
<b>CULTIVO: Coliflor</b>				
Nutrientes	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones	
N	80	Urea, Salitre		
P2O5	70	Superfosfato Triple Fosfato de amonio	Aplicación en preparación del suelo	
<b>CULTIVO: Lechuga</b>				
Nutrientes	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones	
N	50-90	Salitre Sódico-Urea		
P2O5	45-65	Superfosfato Triple	Uso eventual	
<b>CULTIVO: Maíz Choclero</b>				
Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes		
	120 (70-180)	Urea, Salitre Sódico y Potásico		
P2O5	55	Superfosfato Triple	Uso eventual u optativo	
<b>CULTIVO: Maíz Dulce</b>				
Nutrientes	Unidades/ha	Fertilizantes		
N	115	Urea, Salitre Potásico y Sódico, fosfato de amonio		
<b>CULTIVO: Melón Calameño</b>				
Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes		
N	25-60	Urea-Salitre		
P2O5	40-60	Superfosfato Triple Fosfato de Amonio		
<b>CULTIVO: Melón Tuna</b>				
Nutrientes	Unidades/ha	Fertilizantes		
N	80 (70-90)	Urea, Salitre		
P2O5	80 (70-90)	Superfosfato triple Fosfato de Amonio		
<b>CULTIVO: Orégano</b>				
Nutrientes	Unidades/ha	Fertilizantes		
N	96	Urea, Salitre		

**CULTIVO: Poroto Granado**

Nutrientes	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	25-50	Urea, Salitre, Fosfato de Amonio	
P2O5	35-75	Superfosfato Triple, Fosfato de amonio	Aplicación en preparación del suelo
		Fosfato de amonio	del suelo

**CULTIVO: Poroto Verde**

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	25-50	Urea, Salitre, Fosfato de amonio	
P2O5	35-75	Superfosfato Triple, Fosfato de Amonio	del suelo.

**CULTIVO: Sandía**

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes
N	95 (80-110)	Urea-Salitre
P2O5	80 (70-90)	Superfosfato Triple, Fosfato de amonio

**CULTIVO: Tomate Fresco**

Nutriente	Etapa	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	Almácigo	0,6	Urea, Salitre Sódico o Potásico, Fosfato de Amonio	
	Cultivo	100		
P2O5	Almácigo	0,4	Superfosfato Triple	Aplicación en preparación del suelo.
	Cultivo	60	Fosfato de Amonio	

**CULTIVO: Zanahoria**

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	60	Urea; Salitre Sódico y Potásico	
P2O5	55	Fosfato amonio, Superfosfato Triple	Uso eventual aplicación en preparación del suelo.

**CULTIVO: Zapallo de Guarda**

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	60 (30-90)	Urea-Salitre	
P2O5	45-90	Superfosfato Triple	Uso Eventual

**CULTIVO: Zapallo Italiano**

Nutriente	Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
N	60 (50-90)	Urea-Salitre	
P2O5	50-90	Superfosfato triple	Uso eventual

## DOSIS DE LOS FERTILIZANTES UTILIZADOS POR CULTIVO EN LA REGIÓN METROPOLITANA

### FRUTALES

#### CULTIVO: Ciruelo

Nutriente	Unidades/ha	Etapa: 1° y 2° año, mantención	
	1° año	Unidades/ha	Fertilizantes
N	50-70	2° año	Urea-Salitre
K <sub>2</sub> O	50	100 (80-150)	Sulfato de Sodio
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	50		Superfosfato de potasio

Nutriente	Unidades/ha
N	140 (100-180)

#### Etapa: 3° año, formación

Fertilizantes
Urea-Salitre

Nutriente	Unidades/ha
N	160-300

#### Etapa: 4° año

Fertilizantes
Urea-Salitre

Nutriente	Unidades/ha
N	250-400

#### Etapa: producción

Fertilizantes
Urea-Salitre

#### CULTIVO: Durazneros y Nectarines

Nutriente	Unidades/ha
N	60 (50-70)
K <sub>2</sub> O	50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	50

#### Etapa: 1° año, mantención

Fertilizantes
Urea-Salitre
Sulfato de potasio
Superfosfato Triple

Nutriente	Unidades/ha
N	100 (80-150)

#### Etapa: 2° año, mantención

Fertilizantes
Urea-Salitre

Nutriente	Unidades/ha
N	100-200

#### Etapa: 3° año

Fertilizantes
Salitre potásico, urea

Nutriente	Unidades/ha
N	270 (250-350)
K <sub>2</sub> O	100 (50-150)

#### Etapa: Producción

Fertilizantes	Observaciones
Urea-Salitre	
Sulfato de potasio	Uso eventual

#### CULTIVO: Kiwi

Nutrientes	Año
N	1°
N	2°

#### Etapa: 1° y 2° año, mantención

Unidades por planta	Fertilizantes
38g	Urea-Salitre
80g	Urea-Salitre

Nutriente	Años
N	3°
N	4°
K <sub>2</sub> O	3°
K <sub>2</sub> O	4°

#### Etapa: 3° y 4°, entrada en producción

Unidades/Planta	Unidades/ha	Fertilizantes
180g	75	Urea, salitre
180g	75	Sulfato de Potasio
100g	42	
100g	42	

Nutriente	Unidades/planta
N	650g
K <sub>2</sub> O	240g

#### Etapa: 5° y 6° año

Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
270	Urea-Salitre	
100	Sulfato de Potasio	Uso Eventual

Nutrientes	Unidades/planta
N	650g
K <sub>2</sub> O	240g

Unidades/ha	Fertilizantes	Observaciones
270	Urea, Salitre	
100	Sulfato de Potasio	Uso eventual



**CULTIVO: Limonero y Naranja**

Nutrientes	Unidades/ha
N	150-200
K2O	150-400

Etapa: producción	Observaciones
Fertilizantes	
Urea, Salitre	
Sulfato de potasio	Uso eventual

**CULTIVO: Palto**

Nutriente	Unidades/árbol
N	0,2

**Etapa: 1° año, mantención**

Densidad (mxm)	Unidades/ha	Fertilizantes
6x5	66,6	
8x9	28	Urea
10x10	20	

Nutriente	Unidades/planta
-----------	-----------------

**Etapa: 2° año**

Densidad plantación(mxm)	Unidades/ha	Fertilizantes
6x5	100	
8x9	42	
10x10	30	

N

0,3

Nutriente	Unidades/planta
-----------	-----------------

**Etapa: 3° año**

Densidad plantación(mxm)	Unidades/ha	Fertilizante
6x5	133	
8x9	56	Urea
10x10	46	

N

0,4

Nutriente	Unidades/planta
-----------	-----------------

**Etapa: 4° año en adelante**

Densidad Plantación	Unidades/ha	Fertilizante
6x5	166	Urea
8x9	70	Urea
10x10	50	Urea
6x5	200	
8x9	84	
10x10	60	
6x5		
8x9	120	
10x10		

N

N

N

**CULTIVO: Uva de mesa**

Nutrientes	Unidades/ha
N	50 (40-70)
K2O5	50
P2O5	50

**Etapa: 1° año, mantención**

Fertilizantes	Observaciones
Urea, salitre	
Sulfato de Potasio	Uso eventual
Superfosfato Triple	Uso no generalizado

Nutriente	Unidades/ha
N	85 (60-100)

**Etapa: 2° año**

fertilizantes
Urea, Salitre

Nutriente	Unidades/ha
N	100 (80-120)

**Etapa: 3° año**

Fertilizante
Urea-salitre

Nutriente	Unidades/ha
N	120(100-200)
K2O	100 (50-150)

**Etapa: 4°, 5° años y plena producción**

Fertilizantes
Urea, salitre
Sulfato de Potasio