



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
INIA



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
SAG

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

MANEJO DE AGROQUÍMICOS EN SISTEMAS HORTÍCOLAS



Autores:

Carlos Rojas-Walker
Alfonso Chacón S.
Stella Moyano A.
Patricia Estay P.
Paulina Sepúlveda R.
Juan Ormeño N.
Sergio González M.

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA Nº 167



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
INIA



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
SAG

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

MANEJO DE AGROQUÍMICOS EN SISTEMAS HORTÍCOLAS

Autores:

Carlos Rojas-Walker

Alfonso Chacón S.

Stella Moyano A.

Patricia Estay P.

Paulina Sepúlveda R.

Juan Ormeño N.

Sergio González M.

ISSN 0717 - 4829

Santiago de Chile, 2007

BOLETÍN INIA - Nº 167

El presente Boletín entrega los principales resultados obtenidos en el marco del Proyecto "Desarrollo y Aplicación de Buenas Prácticas de Manejo Agrícola (BPM) en la Producción Hortícola entre la I y VII Regiones", desarrollado entre los años 2003 y 2007, con el apoyo financiero del Fondo de Mejoramiento del Patrimonio Sanitario (FONDO SAG).

Autores:

Carlos Rojas-Walker.

Ingeniero Agrónomo. Ph. D.

Alfonso Chacón S.

Ingeniero Agrónomo.

Stella Moyano A.

Químico Laboratorista. M. Sc.

Patricia Estay P.

Ingeniero Agrónomo. M. Sc.

Paulina Sepúlveda R.

Ingeniero Agrónomo. M. Sc.

Juan Ormeño N.

Ingeniero Agrónomo. Ph. D.

Sergio González M.

Ingeniero Agrónomo. M. Sc.

Director Responsable:

Carlos Fernández B.

Director Regional INIA - La Platina.

Boletín INIA N° 167.

Cita bibliográfica correcta:

Rojas-Walker, C.; Chacón A.S. ; Moyano A.S. ; Estay P.P. ; Sepúlveda R.P. ; Ormeño N.J. y González M.S. 2007. Manejo de Agroquímicos en Sistemas Hortícolas. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 167. 198 p.

© 2007. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Centro Regional de Investigación La Platina, Avda. Santa Rosa 11610, La Pintana. Teléfono (56 - 2) 7575100, FAX: (56 - 2) 7575104. Casilla 439, Correo 3. Santiago de Chile.

ISSN 0717 - 4829.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Corrección de textos: Marisol González Y., Ing. Agr. M. Phil. INIA- La Platina.

Corrección técnica: Arturo Correa B. y Carolina Sepúlveda T.

Ingenieros Agrónomos Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V. Diseñador y Dibujante Gráfico.

Impresión: Imprenta Maval S. A.

Cantidad de ejemplares: 500.

Santiago, Chile, 2007.

PRÓLOGO

“Chile Potencia AgroAlimentaria”. Esta idea fuerza instalada de manera unísona en el sector productivo alimentario del país, público y privado, genera en sí una gran meta que lleva implícita para su éxito grandes desafíos que, indiscutiblemente, nos vincula a todos los habitantes del país.

Desde esta perspectiva general, la meta correspondería a minimizar las brechas que nos impiden alcanzar los estatus productivos, ambientales, laborales y normativos, entre otros, propios de los países desarrollados y líderes en materia de calidad alimentaria.

En materia de desafíos, la investigación, el desarrollo, la innovación y la asociatividad, entre otras, son herramientas que deben aplicarse para minimizar la brecha y, en un corto plazo, equiparar o liderar el tema, lo que equivale a dar un salto cuali y cuantitativo que nos lleva directamente al estatus de país desarrollado, con las implicancias de mejora social de nuestro pueblo.

Sin embargo, debemos reconocer la existencia de falencias, las cuales en algunos casos no han sido suficientemente estudiadas, lo cual ha impedido superarlas. En este sentido, quizás una de las falencias más evidentes tiene relación con la falta de información actualizada de las prácticas hortícolas a nivel nacional.

Es en esta realidad donde se inserta el presente estudio desarrollado por el Instituto de Investigación Agropecuaria, INIA, en el contexto del FONDO SAG denominado “Desarrollo y Aplicación de Buenas Prácticas de Manejo Agrícola (BPM) para el apropiado Uso de Indicadores de Contaminantes Agroquímicos y Coliformes Fecales en la Producción Hortícola para el Mercado Nacional entre la I y VII Regiones”.

Esta publicación presenta antecedentes respecto de la condición de calidad de los productos hortícolas, incluyendo su inocuidad, considerando para ello evaluaciones agronómicas, ambientales e incluyendo potenciales factores de contaminación química (plaguicidas y fertilizantes) y biológica (presencia de coliformes fecales).

El documento resultante corresponde al más completo e integrado que se ha realizado y presentado en el país, a la fecha, en el tema de inocuidad productiva hortícola, siendo un gran aporte y al mismo tiempo una oportunidad, debido a que puede esperar una replicación de las buenas prácticas realizadas en las más diversas localidades del país, tendientes a potenciar su condición o a revertir lo que se detectó como falta.

Por tanto, esta iniciativa representa un aporte decidido a potenciar el desarrollo de nuestra agricultura y a la meta “Chile Potencia Agro Alimentaria”.

Arturo Correa Briones

Ing. Agrónomo.

*Jefe Subdepartamento de Plaguicidas
y Fertilizantes, Servicio Agrícola y Ganadero*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS _____	9
1. INTRODUCCIÓN _____	11
Carlos Rojas-Walker.	
1.1 La inocuidad alimentaria en sistemas hortícolas. _____	11
2. CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS Y ESPECIES DEL ESTUDIO _____	13
Carlos Rojas-Walker y Alfonso Chacón S.	
2.1 Especies, regiones y localidades del estudio. _____	13
2.2 Características de clima y suelo de las localidades del estudio. _____	15
3. DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE MUESTREO DE RESIDUOS DE AGROQUÍMICOS _____	31
Carlos Rojas-Walker y Stella Moyano A.	
3.1 Protocolo de muestreo de aguas _____	31
3.2 Protocolo de muestreo de suelos _____	34
3.3 Protocolo de muestreo de tejidos vegetales para detección de contaminantes _____	36
4. PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS DE DETECCIÓN DE RESIDUOS _____	43
Stella Moyano A. y Carlos Rojas-Walker.	
4.1 De plaguicidas en vegetales _____	43
4.2 De plaguicidas en agua _____	47
4.3 De nitratos en aguas. _____	48
4.4 De nitrógeno en tejidos vegetales _____	49
4.5 De nitratos en Suelos. _____	49
4.6 De coliformes fecales en aguas y tejidos vegetales _____	50

5. CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DE INSECTICIDAS Y ACARICIDAS _____ 51
Patricia Estay P.
6. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE INSECTICIDAS EN TEJIDOS COMESTIBLES. _____ 57
Patricia Estay P.
7. CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DE FUNGICIDAS _____ 75
Paulina Sepúlveda R.
 - 7.1. Principales enfermedades presentes en sistemas hortícolas por cultivo y por región. _____ 75
 - 7.2. Caracterización del uso y manejo de fungicidas por especie hortícola y región. _____ 79
8. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE FUNGICIDAS EN TEJIDOS COMESTIBLES _____ 85
Paulina Sepúlveda R.
 - 8.1 Criterios de selección de grupos químicos e ingredientes activos de fungicidas. _____ 85
 - 8.2 Análisis de resultados e interpretación de residuos de fungicidas por especie hortícola. _____ 91
9. CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DE HERBICIDAS _____ 101
Juan Ormeño N.
 - 9.1 Principales malezas presentes en las especies hortícolas estudiadas _____ 101

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE RESIDUOS DE HERBICIDAS DETECTADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS _____	111
Juan Ormeño N. y Stella Moyano A.	
11. CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS _____	125
Carlos Rojas-Walker y Sergio González M.	
11.1 Fuentes de fertilizantes nitrogenadas empleadas en las especies hortícolas estudiadas. _____	125
11.2 Caracterización del uso y manejo de fuentes nitrogenadas por especie hortícola y región. _____	126
11.3 Detección de nitratos en suelos de las especies hortícolas del estudio. _____	131
11.4 Detección de nitratos en aguas de riego con criterio de cuenca. _____	144
11.5 Análisis de resultados e interpretación de contenidos de nitratos en aguas en diversas fuentes. _____	147
12. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS NITROGENADOS EN TEJIDOS COMESTIBLES _____	163
Carlos Rojas-Walker.	
12.1 Análisis de resultados e interpretación de residuos nitrogenados detectados en tejidos vegetales. _____	163
13. CARACTERIZACIÓN DE DE COLIFORMES FECALES EN AGUAS DE RIEGO _____	171
Sergio González M.	
13.1 Caracterización de coliformes fecales en aguas de riego. _____	171
13.2 Análisis e interpretación de resultados de coliformes fecales en agua _____	172

13.3	Análisis e interpretación de resultados de coliformes fecales en tejidos vegetales _____	175
14.	IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS DE BPMA, CON ORIENTACIÓN DE MIP POR ESPECIE HORTÍCOLA _____	177
	Carlos Rojas-Walker., Paulina Sepúlveda R., Patricia Estay P., Juan Ormeño N. y Alfonso Chacón S.	
14.1	Criterios de selección de módulos de BPMA. _____	177
14.2	Implementación de módulos pilotos _____	181
14.3	Resultados de los módulos BPMA _	183
15.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES EN EL MARCO DE LAS BPMA PARA ESPECIES HORTICOLAS _____	189
	Carlos Rojas-Walker y Alfonso Chacón S.	

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente Boletín desean expresar sus agradecimientos a las siguientes instituciones y personas:

- *Al Centro Regional de Investigación La Platina, por el impulso y compromiso con el presente Boletín Técnico.*
- *Al Fondo SAG, del Servicio Agrícola y Ganadero, por su apoyo y financiamiento del Proyecto.*

En particular a los siguientes profesionales del INIA que de una u otra forma participaron en el proyecto:

- *Alicia Bruna V., Ing. Agr. M.Sc.
Especialista en Fitopatología hortícola.*
- *Jorge Carrasco J., Ing. Agr. Dr.
Especialista en Manejo de Suelos.*
- *Roberto Salinas Y., Ing. Agr.
Especialista en Manejo Hortícola.*
- *Carlos Sierra B., Ing. Agr. M.Sc.
Especialista en Nutrición de Suelos.*
- *Francisco Tapia F., Ing. Agr. M.Sc.
Especialista en Sistemas Hortícolas.*
- *Andrea Torres P., Ing. Agr. M.Sc.
Especialista en Fitopatología Frutal.*
- *Adriana Valenzuela P., Ing. Agr. M.Sc.
Especialista en Tabulación de Datos y Manejo Computacional.*

También deseamos agradecer al personal técnico y administrativo que colaboró de una u otra forma en la ejecución del Proyecto:

- *Virginia Aguilar G.; Marcela Fuentes V.; Carlos Fontecilla A.; Ximena Gálvez L.; Manuel Gutierrez M.; Tania Navia P.; Gloria Tobar C.; Bolívar Vega O.; Patricia Rebufel A.; Luis Romero S.; Mirta Opazo S.; Bianca Cabañas R.; Patricia León R. y Juan Roa S.*

INTRODUCCIÓN

LA INOCUIDAD ALIMENTARIA EN SISTEMAS HORTÍCOLAS

La seguridad alimentaria constituye una herramienta que entrega valor agregado a los alimentos en competencia, principalmente por constituir alimentos probadamente sanos avalados por mecanismos de certificación. Sin embargo, esta herramienta de competitividad está en permanente proceso de perfeccionamiento desde el inicio del proceso productivo, es decir a partir de la semilla o la plántula y existen organismos internacionales que están también permanentemente recogiendo estudios que hacen más estricto este control como única manera de proteger al consumidor. Este es el caso de las normativas que rigen para los diferentes países, caso al que Chile también está sujeto para sus frutas y hortalizas de exportación. Sin embargo, estas herramientas de seguridad alimentaria, no solo afectan a los productos de exportación, sino que en forma integral a todo producto aún de consumo interno que va a ser consumido por una población cada vez más preocupada por asegurarse la ingestión de alimentos sanos, libres de residuos cancerígenos, microbiológicos u otros componentes residuales dañinos para la salud humana.

De este modo, es fundamental contar con una línea base de datos en el país que entregue información integral de la calidad de los productos y de su

entorno productivo, de modo de poder conocer y predecir mediante un análisis de riesgo, su grado de peligrosidad, sus fuentes de contaminación y otros elementos que permitan el desarrollo de acciones remediadoras. Este trabajo entrega los primeros lineamientos enfocados con cierta acuciosidad a los sistemas hortícola de consumo fresco hasta el término del proceso productivo.

Carlos Rojas-Walker.

Ing. Agrónomo, Ph.D.

INIA – La Platina

CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES Y ÁREAS DEL ESTUDIO

Carlos Rojas-Walker

Ing. Agrónomo Ph.D.

Alfonso Chacón S.

Ing. Agrónomo.

INIA – La Platina

2.1. ESPECIES, REGIONES Y LOCALIDADES DEL ESTUDIO

El proyecto contempló la selección de seis regiones representativas por su importancia en relación al uso hortícola y distribución espacial, su incidencia estratégica que considera el empleo de herbicidas, insecticidas y fungicidas. En el **Cuadro 1**, se puede observar la distribución de especies y localidades por región consideradas estratégicas del punto de vista del impacto de los residuos de plaguicidas. También se detectaron, residuos derivados de fertilizantes nitrogenados, relacionados con estos insumos debido a los altos niveles productivos alcanzados en estas regiones, considerando también la potencial alta incidencia de presencia de coliformes fecales en estas especies de amplio consumo nacional y consideradas estratégicas por su potencial de exportación susceptibles de consolidar a través de los tratados internacionales.

Para cumplir con este objetivo, se realizó un diagnóstico en relación al uso de plaguicidas y fertilizantes nitrogenados en el país en las regiones seleccionadas, para lo cual la herramienta utilizada fue una encuesta a pequeños y medianos productores. A partir de la información obtenida, posteriormente se seleccionó el mismo número de agricultores para los muestreos de tejidos comestibles, suelo y aguas. Para determinar el número de agricultores considerados en la encuesta, se utilizó la informa-

Cuadro 1. Distribución de especies y localidades seleccionadas por región.

Región	Población Local (N)	N Estadístico	Localidades	Especie
I	246	16	Azapa	Tomate al aire libre
IV	172	13	Limarí	Tomate invernadero
	120	11		Apio
	76	9	Elqui	Lechuga
	450	20		Papa
V	289	17	Quillota	Tomate invernadero
	301	17	Limache	Repollo
	476	22		Lechuga
	70	8	Olmué	Pimiento
RM	86	9	Chacabuco	Tomate aire libre
	415	20	Colina	Lechuga
	13	4	Lampa	Apio
	40	6		Repollo
	44	7		Espinaca
	365	19	Talagante	Cebolla
VI	725	27	Pichidegua	Tomate al aire libre
	319	18	Rengo	Lechuga
	146	12	San Fernando	Repollo
			Chimbarongo San Vicente T.T	
VII	406	20	Talca	Lechuga
	255	16	Colin	Repollo
	400	20	San Clemente	Tomate

ción del VI Censo Agropecuario (1997). El parámetro de población local (N), se refiere al número de agricultores que cultivaban la especie seleccionada y el parámetro N estadístico, que corresponde a la raíz cuadrada de N, representó el número de encuestas que se realizaron efectivamente en cada especie y localidad.

Para su mayor comprensión en cada una de las localidades, se ha incluido también los valores poblacionales y su estadígrafo correspondiente en el Cuadro 1.

VI Censo Agropecuario (1997)

En el Anexo en CD, se muestra la distribución de las especies del estudio y su distribución geográfica en las Regiones y localidades del país (ver mapas de las zonas del estudio, también en Anexo en CD).

La distribución de las especies, perfectamente se ajusta a las áreas destinadas para el manejo de cultivos dentro de los mapas de capacidad de uso como se muestra en el Anexo en CD (ver mapas de capacidades de uso), así como del marco delimitado por los parámetros de precipitación y temperatura de estas regiones en estudio como se muestra a continuación.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE CLIMA Y SUELO DE LAS LOCALIDADES DEL ESTUDIO

Los climas en donde ocurre el desarrollo de las especies hortícolas seleccionadas en este estudio es muy variado, fluctuando entre tropical marino en la I Región hasta templados mediterráneos y templados cálidos en la VII Región, según Novoa y Villaseca (1989). A continuación, se presentan diagramas ombrotérmicos de algunas localidades representativas (**Figuras 1 a 7**).

El desarrollo de los suelos en Chile está asociado a factores geológicos, geomorfológicos, climáticos y a la actividad volcánica. El material del suelo es variado, ya sea por la meteorización de rocas antiguas, depósitos de suelos volcánicos (suelos “trumaos”), depósitos glaciales, fluvioglaciales y aluviales. Los últimos 3 dan origen a suelos más jóvenes y menos desarrollados que los anteriores.

En síntesis, el relieve esta caracterizado por tres unidades: Cordillera de la Costa, Cordillera de los Andes y Depresión Intermedia, los que influyen directamente en la génesis de los suelos.

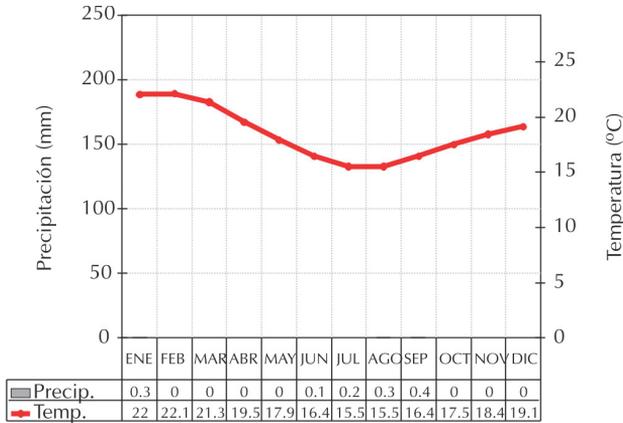


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de Arica.

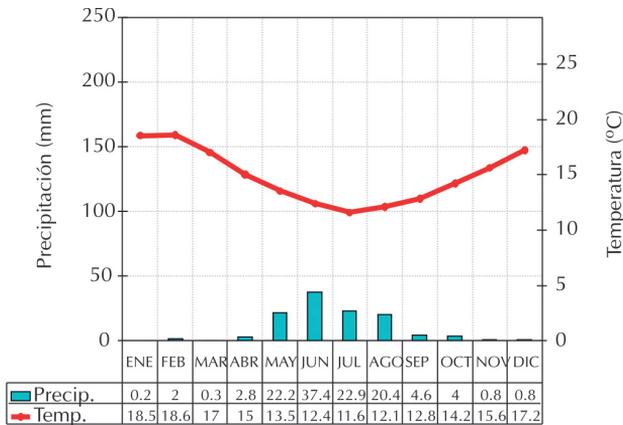


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de La Serena.

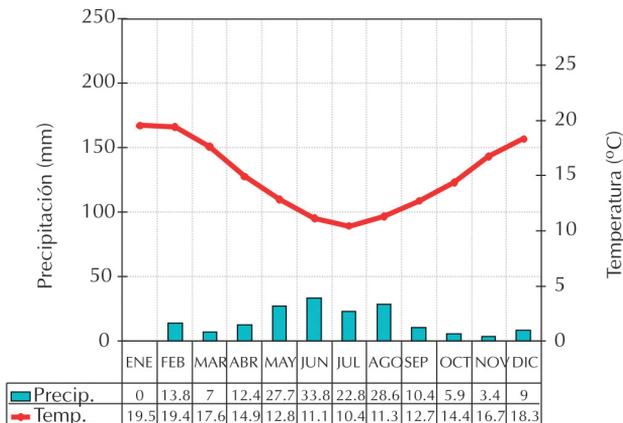


Figura 3. Diagrama ombrotérmico de Ovalle.

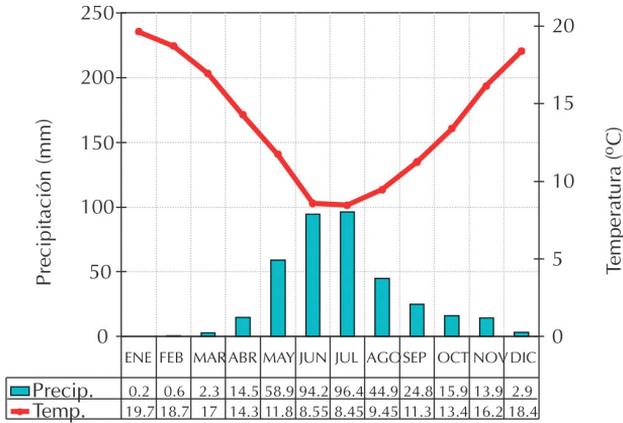


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de La Platina.

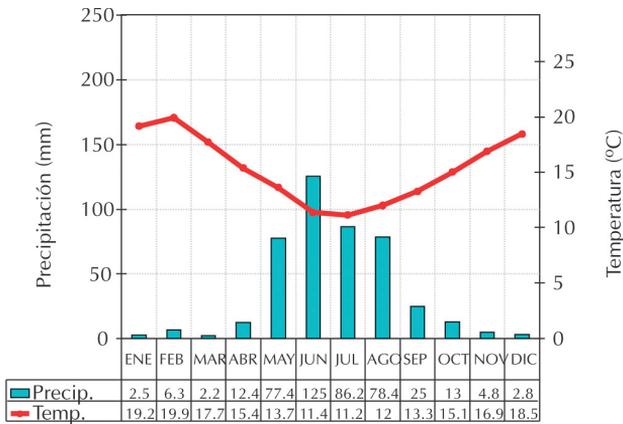


Figura 5. Diagrama ombrotérmico de Quillota.

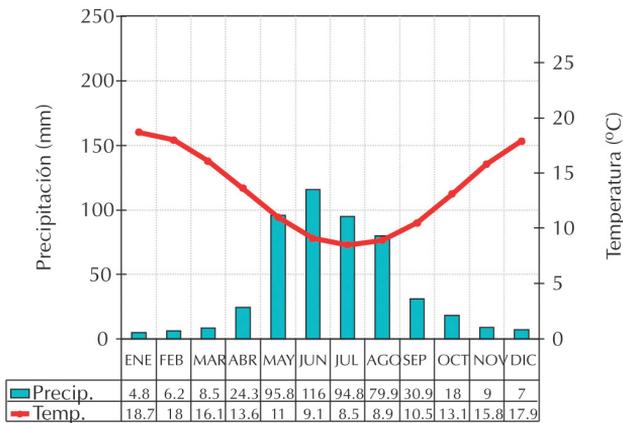


Figura 6. Diagrama ombrotérmico de Rengo.

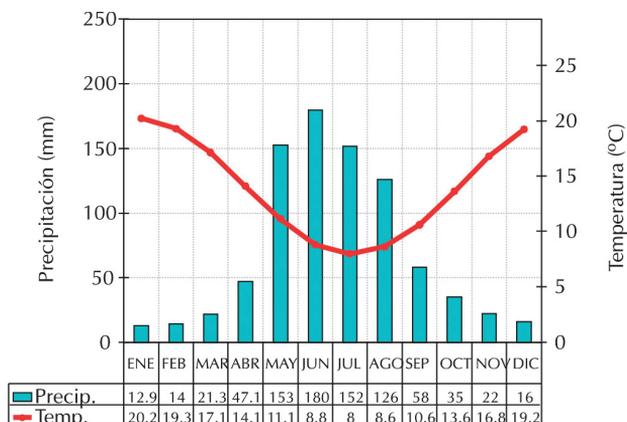


Figura 7.
Diagrama ombrotérmico de Talca.

Debido a que el 80% de los suelos son de tipo montañoso, existe una fuerte tendencia a la inestabilidad de la interfase superficial que no permite un desarrollo significativo de los perfiles de los suelos, y por esto la existencia de suelos jóvenes en nuestro territorio.

A continuación y también en el **Cuadro 2**, se describe los órdenes de suelos que se pueden encontrar en Chile, de acuerdo a la clasificación basada en el Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999).

**Entisoles:* suelos débilmente desarrollados sobre material de acarreo en áreas montañosas o serranas. Sus limitaciones son el pobre desarrollo del perfil, la baja fertilidad y, a veces, el alto contenido de sales. Se los encuentra en cualquier tipo de clima y la vegetación va de acuerdo con el mismo, aunque la mayor característica es la de encontrarse en la ribera en los valles aluviales.

**Vertisoles:* suelos pesados y arcillosos de clima subhúmedo a árido pero siempre con un período húmedo que satura el suelo. Las temperaturas varían de calidas a templadas y son capaces de provocar evapotranspiración. La vegetación natural es de pastos y hierbas anuales con formaciones xerófitas, adaptadas al período de sequía. Son suelos difíciles de trabajar, porque cuando se humedecen se expanden y en períodos secos se endurecen y agrietan. Esto provoca restricciones al

Cuadro 2. Principales órdenes de suelos existentes en Chile

Suelos	Características principales
Andisoles	<ul style="list-style-type: none"> Suelos formados en regiones áridas. Permanecen secos y desprovistos de vegetación. Las partículas finas, son arrastradas por el viento.
Entisoles	<ul style="list-style-type: none"> Carecen de horizontes bien desarrollados. Pueden ser suelos jóvenes, sin tiempo para desarrollarse, o viejos pero sin desarrollo de horizontes por corresponder a materiales resistentes a la meteorización.
Alfisoles	<ul style="list-style-type: none"> Se desarrollan en climas que tienen períodos áridos, por lo tanto, el perfil se presenta seco en parte del año. Muestran un horizonte B, textural generalmente.
Ultisoles	<ul style="list-style-type: none"> Se desarrollan en climas con superávit de precipitación, pero con una estación parcialmente seca. Lo anterior, los hace ser lixiviado y pobres en bases. Fuerte desequilibrio entre la cantidad de bases liberadas por meteorización y las bases removidas por lixiviación. La agricultura es imposible sin el uso de fertilizantes.
Espodosoles	<ul style="list-style-type: none"> Suelos desarrollados en climas húmedos y fríos, en presencia de vegetación de bosque. Existencia de un horizonte de eluviación, espódico, en el cual se acumulan sustancias amorfas, tanto, coloides orgánicos como sesquióxidos de aluminio.
Inceptisoles	<ul style="list-style-type: none"> Suelos con perfil un poco más evolucionados que los estisoles, pero aún con un desarrollo incipiente. Presentan existencia de eluviación, pero sin poseer un horizonte como tal. Se presentan en climas húmedos, asegurando un cierto grado de lixiviación en la mayor parte de los años.
Molisoles	<ul style="list-style-type: none"> Suelos en los que se ha producido la descomposición y acumulación de altas cantidades de materia orgánica. Esto entrega como resultado un <i>humus</i> rico en calcio. Son propios de zonas subhúmedas o semiáridas, con vegetación de pradera que asegura aporte de materia orgánica en profundidad.
Vertisoles	<ul style="list-style-type: none"> Suelos formados por arcillas expandibles. Poseen textura fina, por lo tanto, presentan un carácter plástico adhesivo. Capacidad de intercambio catiónico alta.
Oxisoles	<ul style="list-style-type: none"> Suelos con horizonte óxico o plintita en los primeros 30 cm de profundidad. Se presentan en regiones tropicales, en las cuales la intemperización es intensa y la dotación de nutrientes baja.
Histosoles	<ul style="list-style-type: none"> Suelos orgánicos.

Gelisoles : Suelos con permafrost dentro de los 2 m de profundidad.

Andisoles : Suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas.

Fuente : Soil Taxonomy (1999).

uso agrícola debido a la contracción y la expansión. Constituyen buenas áreas pastoriles debido a que tiene mediano a alto contenido de nutrientes.

**Inceptisoles:* suelos húmedos, incipientes, poco evolucionados y con cierta acumulación de materia orgánica. Su textura es uniforme. Son aptos para soportar una sucesión de cultivos con manejo adecuado. Su área de distribución es muy reducida y se encuentra asociada a climas húmedos. La vegetación suele ser el bosque, rara vez la tundra.

**Aridisoles:* suelos de zonas áridas con bajo contenido materia orgánica y escasa fertilidad. Su textura es gruesa y erosionable, por lo cual deben ser manejados cuidadosamente para no desencadenar el deterioro por sobre pastoreo. Se halla reducido al pastoreo extensivo. Bajo riego pueden entrar en producción agrícola, pero son vulnerables a la salinización.

**Molisolos:* excelentes suelos agrícolas. Tienen una buena estructura granular o migajosa con alto contenido de Materia Orgánica y buen drenaje. Son los de mayor fertilidad y potencial agropecuario del país. Las precipitaciones anuales deben ser abundantes para suministrar cierto lavado a través del suelo, aunque las estaciones secas suelen ser normales. Se localizan en una gama climática muy amplia. La vegetación esta compuesta por pastos abundantes y bosques caducifolios de madera dura.

**Alfisolos:* suelos minerales generalmente húmedos de alta saturación de bases. Tienen problemas de drenaje debido a su alto contenido arcilloso y poco material orgánico. Pueden ser buenos suelos agrícolas con adecuada fertilización. En las zonas frías o templado-húmedas están asociadas a materiales calcáreas jóvenes, pero en las zonas subhúmeda, pueden hallarse asociados a áreas más antiguas. Se los puede encontrar bajo los bosques australes y, en climas más secos, bajo bosques caducifolios de hoja ancha. También, donde haya una marcada variación estacional de las lluvias y una cubierta de pastos y árboles xerófilos; o en climas más húmedos, con vegetación de pastos altos.

Ultisoles: suelos de baja saturación de bases con material metereolizable que le dan un color rojo. Poseen materiales arcillosos lavados. Su fer-

tilidad es baja y son pobres en *humus*. Se los encuentra en climas húmedos, tropicales y templados. La vegetación natural puede ser el bosque, la sabana o flora de pantanos y marismas. Su capacidad agrícola puede acrecentarse con fertilizantes y un buen manejo.

Oxisoles: Suelos rojos por su contenido de óxidos, muy lavados de clima subtropical húmedo o templado. Ofrecen una gran diversidad cuando no han sido explotados. Son muy susceptibles a la erosión hídrica si no están bien manejados. Ofrecen una débil estructura de bosques.

Histosoles: suelos muy ricos en materia orgánica poco descompuesta. Son típicos de turberas, mallines y de algunas terrazas fluviales. Terrenos bajos y pantanosos. Carecen de importancia agronómica.

Gelisoles: suelos desarrollados en regiones polares o alta montaña que contienen un horizonte permanentemente congelado dentro de los 2 m desde la superficie. Son suelos escasos a nivel mundial, representando alrededor del 0,4% de los suelos del mundo.

**Andisoles*: suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas. Son suelos dominados por vidrio o materiales coloidales tales como alofán, imogolita o ferrihidrita. Son suelos de alta capacidad de retención de humedad y alta capacidad de fijación de fósforo.

La mayor parte de los sitios de muestreo en este estudio, a partir de la I Región, correspondió a áreas de suelos de desarrollo limitado, siendo muy delgados y sin presentar horizontes evolucionados, ocupando áreas de terrazas marinas en la zona de la costa, algunos suelos presentaban horizontes petrocálcicos de desarrollo incipiente. La mayor parte de los sitios muestreados, correspondieron a Torriorthents, Haplocambids o suelos que presentaban horizonte Petrocálcico según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999). Son en general, suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica y pH alcalinos.

Todos los sitios de muestreo fueron seleccionados por presentar cultivos de tomate al aire libre.

La distribución de frecuencia de los sitios muestreados en este estudio, según Órdenes, subórdenes y/o series representativas donde se desarrollaron los cultivos hortícolas seleccionados, se muestran en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Distribución de puntos de Frecuencia de Órdenes y/ o subórdenes y Series de Suelos representativos.

• Región I		
Haplocambids, Petrocalcic		Arica
Torriorthents		Arica
• Región IV		
Xeric Haplocambids		Monte Patria-Ovalle
Torriorthents		Pan de Azúcar-Coquimbo
Órdenes	Nº	Series
• Región V		
Alfisoles	5	Tabolango, Lo Vásquez
Mollisoles	43	Las Chicas, Mantagua, Lo Campo, Olmué, San Isidro, Pataguas
Inceptisoles	9	
Vertisoles	0	
Total	57	
• Región Metropolitana		
Inceptisoles	2	Las Perdices, Rinconada Lo Vial
Entisoles	1	Chape
Mollisoles	42	Polpaico, Mingaco, Lampa, Mapocho
Total	45	
• Región VI		
Alfisoles	4	La Lajuela, Pimpinela
Mollisoles	36	El Olivar, San Vicente, Larmahue, Corcolén
Inceptisoles	3	Talcarehue, Cachapoal
Vertisoles	1	Colchagua
Total	44	
• Región VII		
Andisoles	14	Maulecura
Mollisoles	16	Perquín, Peumal, San Javier
Alfisoles	4	Mariposas
Inceptisoles	10	Duao, Putagán
Total	44	

En la IV Región, la mayor parte de los suelos bajo muestreo, fueron suelos de terrazas aluviales de desarrollo incipiente, especialmente en los sectores de Monte Patria y Ovalle, que presentaban cultivos de tomate en condiciones bajo plástico. Otros, especialmente en algunos sectores de Pan de Azúcar, Rivadavia y Vicuña eran de desarrollo incipiente bajo régimen xérico. En estos últimos suelos de la región semiárida, los sitios bajo muestreo abarcaron cultivos de lechugas, apio y papas preferentemente.

En la V Región, la mayor proporción de los suelos bajo muestreo, se podría agrupar como suelos de topografía plana, bajo el orden de los Mollisoles, abarcando suelos de origen lacustrino y/o aluvial con cierta acumulación de materia orgánica, entre cuyas Series representativas se podrían citar: Las Chilcas, Mantagua, Lo Campo, Olmué y San Isidro. Sin duda que estos suelos fueron los dominantes en la distribución de las especies hortícolas bajo muestreo en este estudio.

Así por ejemplo, la descripción general de la Serie Las Chilcas (Mollisol), corresponde a suelos sedimentarios de pH alcalino, en posición de terraza aluvial, arcillo limoso y de color pardo rojizo oscuro en matiz 5YR y colores pardos rojizos oscuros en profundidad, descansando sobre material de grava. De permeabilidad lenta y drenaje moderado.

La Serie Lo Campo (Mollisol), es también de topografía plana pero drenaje imperfecto. Es un suelo de origen lacustrino, de textura franco arcillo-limosa de color pardo grisáceo muy oscuro en profundidad. Descansa sobre una estrata calcárea.

La Serie Olmué (Mollisol), es de origen sedimentario coluvial, estratificado de textura franco arenosa fina, de color 7.5 YR a 10YR. Es decir, pardo a pardo oscuro, es un suelo plano inclinado, pero de permeabilidad rápida y buen drenaje.

La Serie San Isidro (Mollisol), es de origen lacustrino, plano y deprimido, moderadamente profundo, de textura franco arcillosa en superficie y pardo grisáceo oscuro en profundidad en matiz 10YR. Descansa sobre un pan de carbonatos que impide el desarrollo radicular en especies de raíces profundas. Es de lenta permeabilidad y drenaje imperfecto.

Algunos suelos, clasificados dentro del orden de los Alfisoles, también figuran con una frecuencia menor, tales como Tabolango y Lo Vásquez.

Entre los Alfisoles del Valle de la V Región, de los suelos seleccionados en el muestreo, se puede mencionar algunas Series representativas, tales como La Serie Tabolango, que se caracteriza por ser un suelo sedimentario, en posición de terraza marina, de textura franco arenosa fina y de color pardo rojizo oscuro a pardo amarillento en matiz 5YR, en profundidad. Substrato de gravas redondeadas de composición petrográfica mixta con matriz arcillosa y ligeramente compactado. Suelo de topografía plana y pedregosidad escasa en superficie que no interfiere con las labores de establecimiento de cultivos hortícolas.

La Serie Lo Vásquez es también un Alfisol, evolucionado, derivado de rocas graníticas, moderadamente profundos asociados a los cerros de la zona de la costa. De color pardo rojizo oscuro en matiz 5YR y textura franco arcillosa en superficie, arcillosa en profundidad, conteniendo casquijos y cuarzo en profundidad hasta tomar colores pardo amarillentos en matiz 7.5 YR en profundidad.

Una Serie representativa de los Inceptisoles entre los suelos muestreados, corresponde a Las Pataguas, que es un suelo sedimentario, aluvial, de topografía plana y de drenaje imperfecto, moderadamente profundo, franco arcillo limoso, pardo oscuro en el matiz 10YR y textura franco a franco arcillo limosa. Substrato de colores gley, de texturas franco arenosas a franco limosas.

En la Región Metropolitana, un amplio abanico de suelos Mollisoles son cultivados con sistemas hortícolas. Representando más del 93% de los suelos muestreados en esta Región, destacando algunas Series, tales como Polpaico, Mingaco, Lampa y Mapocho, en donde se cultivan preferentemente todas las especies hortícolas muestreadas, tales como lechugas, repollos, espinacas, tomate al aire libre, cebollas, apio y papas.

Dentro del orden de los Mollisoles, La Serie Polpaico, se caracteriza por ser de origen coluvial profundo, de posición plano inclinado, con pendientes de 1-2%. El horizonte superficial es de color pardo rojizo oscuro 10YR y 5YR, de bloque sub-angulares medios. El horizonte B

es profundo de colores pardo rojizo oscuro, de textura franco limosa y con estructura de bloque subangulares, presentando filamentos de carbonato de calcio. El horizonte C es muy similar al B pero con acumulaciones crecientes de carbonatos.

La Serie Lampa (Mollisol), se caracteriza por ser de origen aluvio coluvio, derivado de materiales graníticos, de posición inclinada (1-2% de pendiente). Suelo de textura superficial franco arenosos muy fina, colores pardos oscuros en el matiz 10YR, franco arenoso a franco arcillo limosa en profundidad. Descansa sobre arenas graníticas. Son suelos de permeabilidad moderadamente rápida y buen drenaje, dedicados al cultivo de las hortalizas suculentas tales como lechugas, espinacas y repollos.

Otra Serie (Mollisol) representativa, corresponde a la Serie Mapocho, suelos aluviales profundos de terrazas antiguas del río. El horizonte A es de color pardo oscuro en superficie y pardo oscuro en profundidad en el matiz 10YR. De textura franco arcillo limosa a arcillo limosa, de estructura de bloque subangulares finos y medio moderados, de buen arraigamiento y muy buena porosidad. Los horizontes son de colores pardos rojizos oscuros, de buen arraigamiento.

La Serie Mingaco (Mollisol), también representativa de estos suelos del estudio, se caracteriza por ser de origen aluvial, de textura franco arcillosa y colores pardos a pardo oscuros en matiz 7.5 YR a 10YR en superficie, franco arenosos y color pardo oscuro 10YR en profundidad. Descansa sobre un substratum aluvial, de textura franco arenosa, pudiendo llegar a arenosa e incluso gravosa. Presenta una estrata a los 106 cm del orden de 5 cm de espesor, de límites discontinuos y ondulados, compuesto de grava fina, redondeada y media.

Un menor número de Series de suelos bajo muestreo en suelos hortícolas, estuvieron representadas por el orden de los Inceptisoles, dentro de las que figuran Las Perdices y Rinconada de lo Vial.

La Serie Las Perdices (Inceptisoles), se caracteriza por ser un suelo de origen coluvial, ligeramente profundo, en posición de plano inclinado (piedmont), que descansa sobre un *substratum* aluvial de arenas, gravas y piedras. El horizonte A es de color negro, de textura franco are-

noso y bloques subangulares finos. En profundidad, es de color pardo grisáceo muy oscuro y aunque todo el pedon es de textura franco arenoso, el contenido de gravilla aumenta en profundidad. Descansa sobre una matriz areno francosa.

La Serie Rinconada de lo Vial (Inceptisol), corresponde a suelos aluviales de terrazas planas estratificados, de textura franco arenosa. Son suelos de color pardo grisáceo oscuro 10YR con vetas de color pardo oscuro. Las texturas pasan a areno francosas en profundidad hasta areno simple, presentando un fragipan de arena compactada, que dificulta la penetración de las raíces.

La Serie Chape (Entisol), es un suelo aluvial reciente formado por depósitos de arena del estero Colina sobre una matriz arcillosa. Son suelos de color pardo oscuro 7.5YR 3/2 a 10YR 3/2 y de textura arcillo limosa a arcillosa en profundidad. Descansa sobre un *substratum* de arcillas de color muy oscuro (10YR 2/2).

Más al sur, en la VI Región, nuevamente una amplia gama de especies hortícola se cultivan en suelos predominantemente del Orden de los Mollisoles (más de un 82 % de los suelos muestreados). Entre éstos suelos, figuran Las Series El Olivar, San Vicente, Larmahue y Corcolén.

La Serie El Olivar (Mollisol), se caracteriza por ser suelos de origen aluvial, profundos que cubren amplias áreas de topografía plana en el centro del valle y en los márgenes del río Cachapoal. Los colores son pardo grisáceo muy oscuros en matiz 10YR, de textura franco limosa franco arcillo limosa en profundidad. El suelo descansa sobre un material aluvial de gravas y piedras con matriz arenosa y permeable, lo cual permite un buen drenaje.

Los suelos de la Serie San Vicente (Mollisol), son de origen lacustre, profundos y ocurren en el centro del valle en los sectores deprimidos del sistema hídrico del valle Cachapoal. De topografía plana y plano cóncava. Son de colores pardos muy oscuros en matiz 10YR, presentando características gley a los 60 cm. De texturas arcillo limosas variando a arcillosa en profundidad. Los niveles freáticos oscilan entre los 50-90 cm. y son suelos imperfectamente drenados.

Los suelos de la Serie Larmahue (Mollisol), son de origen coluvial, graníticos, profundos y en posición de piedmont, de colores pardo oscuros en tonos 7.5 YR y 10YR. Las texturas son moderadamente finas a moderadamente gruesa en profundidad, con contenidos de casquijos superior a un 50% en casi todos los horizontes. Sólo en superficie tiene valores inferiores a un 15%. Son de buen drenaje y permeabilidad rápida.

Los suelos de la Serie Corcolén (Mollisol), corresponden a suelos profundos con topografía plana de formaciones en terrazas aluviales antiguas del río Claro. Son suelos de color pardo rojizo oscuro en tono 5YR y 7.5 YR en profundidad. De texturas franco arcillo limosas en el horizonte A, francos en el B y franco arenosos muy finos en la parte inferior del perfil, sobre substrato de gravas con piedras, lo que le permite un buen drenaje y buen arraigamiento.

Otros suelos de menor proporción entre los suelos muestreados, corresponden a los Alfisoles, representados por la Serie La Lajuela y Pimpinela.

La Serie La Lajuela (Alfisol), es un suelo de topografía de cerros de exposición sur, de texturas que varían entre franco arenosas en superficie a franco arcillo arenosas en profundidad, de estructuras de bloques subangulares en superficie y macizas después de los 50 cm. de profundidad, de materiales andesíticos meteorizados.

La Serie Pimpinela (Alfisol), corresponde a suelos coluviales, estratificados profundos en posición de piedmont entre la precordillera y el valle. De colores pardo oscuros en tono 10YR en el horizonte A y pardo rojizo oscuro en el B. De texturas arcillo limosas en superficie y arcillosas en profundidad. El suelo descansa sobre sedimentos arcillosos que no permiten la penetración de las raíces.

Dentro de los suelos de desarrollo incipiente que se incluyeron en el muestreo de esta Región, podemos citar al suelo Talcarehue y Cachapoal.

Los suelos de la Serie Talcarehue (Inceptisol), corresponden a suelos de color pardo amarillento oscuro, de texturas franco a franco arcillo limosas en superficie y de colores pardo oscuros del tono 7.5YR. De texturas franco arcillo limosas en profundidad, bien estructurados y de

bloques subangulares. El suelo descansa sobre gravas, piedras y bolones redondeados de origen aluvial, con matriz franco arcillo arenosa.

Los suelos de la Serie Cachapoal (Inceptisol), son de origen aluvial, profundos y planos que ocupan un amplio abanico del valle de la hoya del río Cachapoal. Son de colores pardo grisáceos muy oscuros del tono 10YR o 7.5 YR, de texturas franco arcillo limosas franco limosas, que en profundidad son más livianos. Descansan sobre gravas con matriz arenosa, de buen drenaje y permeabilidad.

Como único representante de los Vertisoles de los suelos bajo muestreo, podemos describir a los suelos de la Serie Colchagua (Vertisol). Son suelos de colores pardo rojizos oscuros en tono 5YR en superficie y pardo rojizo oscuros en profundidad. En tonos 7.5YR, de texturas arcillosas en todo el perfil, aumentando su contenido de arena en profundidad, encontrándose un hardpan a los 80-140 constituido por arenisca cementada con silicio y hierro predominantemente.

En la VII Región, se aprecia que la mayor concentración de muestras abarcó preferentemente suelos del orden de los Mollisoles y Andisoles en similar proporción, siendo minoritarios los muestreos en los suelos del orden de los Inceptisoles y Alfisoles en la misma secuencia.

Entre los Andisoles, hemos considerado como representante al suelo de la Serie Maulecura, que corresponde a suelos sedimentarios de origen aluvial, con presencia de cenizas volcánicas, en posición de abanico aluvial. Son de texturas francas y color negro a gris oscuro en profundidad, descansa sobre un substrato aluvial con piedras y bolones que ocupa hasta el 90% del volumen del suelo y matriz de textura arenosa. Son suelos delgados, de topografía casi plana y de drenaje excesivo.

Los suelos Mollisoles de este estudio en esta Región, han correspondido a terrazas aluviales recientes y terrazas remanentes representados por las Series Perquin, Peumal y San Javier.

Los suelos de la Serie Perquin, ubicados en las cercanías de Talca y Colin, corresponden a suelos sedimentarios de origen lacustrino, sobre sedimentos aluviales, en posición de plano remanente. Texturas arcio-

llosas y color negro en profundidad sobre *substratum* aluvial antiguo, constituido por piedras de composición mixta que ocupan hasta el 70 % del volumen del suelo. Se trata de un suelo delgado, plano, de drenaje imperfecto y de permeabilidad muy lenta.

Los suelos de la Serie Peumal en las proximidades de la ciudad de Talca, son sedimentarios en posición de terrazas intermedias. De texturas franco arenosas, color pardo oscuro, de texturas franco arcillo arenosas y color pardo grisáceo en profundidad, descansan sobre un *substratum* de toba volcánica, hard pan cementado de sílice y hierro. Topografía casi plana, delgados y permeabilidad lenta.

Finalmente, los suelos de la Serie San Javier, son sedimentarios, de origen aluvial ubicados en los alrededores del pueblo de San Javier y Villa Alegre. Son terrazas aluviales recientes, de textura franco arenoso y color pardo grisáceo en superficie y texturas arenosas y gris oscuro en profundidad, de permeabilidad rápida.

Las muestras obtenidas en suelos del Orden de los Alfisoles fueron más escasas y entre las Series representativas, podemos citar la Serie Mariposa en las cercanías del pueblo de San Clemente, que se caracteriza por ser suelos sedimentarios de origen fluvio-glacial, en posición de terrazas remanentes. Descansa sobre un *substratum* de piedras que ocupan un 85% del volumen de suelo con matriz franco arcillosa, de color pardo rojizo en profundidad con matriz arcillosa. Son suelos planos, de permeabilidad moderadamente lenta. El nivel freático fluctúa entre 0,3 y 1 m de profundidad.

Los suelos del Orden de los Inceptisoles, son algo más numerosos, con Series representativas tales como Duao y Putagán, ambas en las cercanías de Talca.

La Serie Duao, corresponde a suelos sedimentarios de origen aluvial, en posición de terrazas antiguas. De textura franco arcillosa y color pardo oscuro en superficie y franco arcillo arenosa de color pardo oscuro en profundidad, descansa sobre un *substratum* aluvial. Son suelos planos, con ligera profundidad y permeabilidad moderada.

La Serie Putagán, también corresponde a suelos de origen aluvial, de abanicos aluviales, ligeramente profundos, de texturas franco arenosas muy finas y color pardo oscuro a pardo amarillento oscuro en profundidad. Descansa sobre *substratum* aluvial con piedras que ocupan alrededor de un 85% del volumen del suelo con matriz arenosa. Son suelos de topografía plana, bien drenados y de permeabilidad moderada.

DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE MUESTREO DE RESIDUOS DE AGROQUÍMICOS

Carlos Rojas-Walker

Ing. Agrónomo Ph.D.

Stella Moyano A.

Químico Laboratorista M.Sc.

INIA – La Platina

3.1. PROTOCOLO DE MUESTREO DE AGUAS

Muestreo de Aguas

Selección de sitios (Aguas Superficiales, Subsuperficiales y Subterráneas):

Un elemento básico, en el diseño del sistema de muestreo de aguas ambientales, especialmente si se trata de aguas subterráneas, es que la composición encontrada en éstas es la resultante de procesos de lavado de suelos de larga data. Por tanto, lo encontrado en esta agua, en un momento y un sitio dados, no se explica por aquello ocurriendo en la superficie del suelo, al momento del muestreo, sino que, por el contrario, por procesos que pueden haber ocurrido en años inmediatamente anteriores.

Por ello, la selección de los sitios muestreados para aguas se hizo con un criterio de cuenca y no tanto por el cultivo existente en la superficie. Para ello, se procedió de la siguiente forma:

- en primer lugar, se delimitó las áreas de trabajo, en cada una de las regiones cubiertas por el estudio, de forma de contar con una unidad geográfica integrada,

- en segundo lugar, contar con un catastro de los pozos y norias, existentes dentro de cada área de trabajo,
- en tercer lugar, seleccionar los sitios de toma de muestras, trabajando con los siguientes criterios:
 - contar con igual número de aguas subsuperficiales (norias) y profundas (pozos), y
 - determinar una distribución regular de sitios muestreados, dentro de cada unidad de trabajo,
- en cuarto lugar, se procede a tomar muestras, en forma estandarizada, en una sola oportunidad dentro de la temporada de cultivo, y
- en quinto lugar, georreferenciar el sitio muestral.

El hecho de muestrear una sola oportunidad, dentro de una temporada, obedece al mismo análisis por el cuál se determinó trabajar con un criterio de cuenca: la composición de las aguas subterráneas no obedece a lo aplicado durante la temporada sino que, por el contrario, a los insumos aplicados sobre una extensa superficie, no necesariamente en el sitio muestral, durante períodos de tiempo prolongados.

Protocolo de muestreos:

En cada sitio muestral, sea pozo o noria, se tomó muestras representativas del cuerpo de agua, para lo cuál se procedió como sigue:

- hacer funcionar el sistema de extracción por, a lo menos, 5 minutos, a objeto de purgar el agua acumulada en las cañerías y asegurar que el agua colectada correspondiera a la existente en el cuerpo de agua subterráneo,
- determinar el número y tipo de envases, que se requiere llenar por cada sitio, en función de la analítica por aplicar. Ello significa que se debió llenar un envase por cada uno de los siguientes conjuntos de parámetros:
 - envase I, para pH y CE,
 - envase II, para nitratos y nitrógeno total disuelto,
 - envase III, para residuos de herbicidas, y
 - envase IV, para coliformes fecales
- ambientar adecuadamente los envases por llenar, enjuagándolos unas tres veces con el agua por colectar,

- en el caso de los envases para análisis de residuos de herbicidas, el envase debió ser previamente tratado con metanol y secado al aire, para luego enjuagar con el agua en estudio,
- llenar los envases, teniendo el cuidado de rotular cada uno de ellos adecuadamente, a objeto de consignar la información siguiente:
 - sitio muestreal (identificación y coordenadas UTM),
 - fecha del muestreo y condiciones meteorológicas del momento,
 - representación del sitio, en cuanto a unidad fisiográfica y cultivos existentes en las vecindades,
 - si la fuente de agua fue purgada o no; sino, razón para no hacerlo, y
 - análisis por efectuar.

En cuanto a los envases, se trabajó con los siguientes tipos de envases:

- para muestras en las que determinar pH, conductividad eléctrica, nitrato y nitrógeno total disueltos: botellas de PVC, de un litro, boca ancha y tapa rosca, con contratapa,
- para muestras de determinación de residuos de herbicidas: frascos de vidrio, tipo conservero, con tapa rosca y contratapa, agregando papel aluminio bajo la tapa,
- para muestras de determinación de coliformes fecales: envases proporcionados por el laboratorio (esterilizados y con preservante químico).

Una vez colectadas las muestras, a razón de dos envases por cada subconjunto analítico, los envases llenos, cerrados herméticamente y debidamente rotulados, fueron colocados al interior de un depósito refrigerado¹, a objeto de reducir las modificaciones por ocurrir en las muestras después de colectadas y que podrían generar cambios con respecto de la situación real en el cuerpo de agua.

Las muestras fueron entregadas al laboratorio, dentro de las 24 horas siguientes a la toma, por lo cuál el uso de frío debía ser suficiente, para

¹ Se considera el uso de hieleras de plumavit, con congeladores, que aseguren un ambiente de 4°C o menor

asegurar que el análisis se hizo en una muestra representativa de la situación real.

Muestras para coliformes fecales

Para los análisis microbiológicos, las muestras de agua de 250 ml, fueron recolectadas en envases limpios y estériles, dejando un espacio que permitiese la agitación de la muestra. Las muestras fueron mantenidas entre 4-8°C (teniendo como base la Norma Chilena 1333 y fueron analizadas dentro de las 24 horas en el caso de aguas cloradas y dentro de 6 horas en el caso de aguas no cloradas en los Laboratorios Regionales del CESMEC. Los envases para muestras de agua cloradas contenían 0,1 ml de solución de Tiosulfato de Sodio al 10% por cada 120 ml de muestra.

3.2. PROTOCOLO DE MUESTREO DE SUELOS

Analítica considerada:

- para seguimiento de contaminación por fertilizantes nitrogenados: nitrato, nitrito y nitrógeno Kjeldhal (total disuelto),

Profundidad y modalidad de muestreo:

En cada sitio muestral, se tomó muestras de suelo, a dos profundidades, a saber:

- 0-20 cm, y
- 20-50 cm.

Las muestras fueron tomadas con el uso de barreno agrológico (holandés). Cada muestra fué compuesta por, a lo menos el equivalente a 15-20 submuestras por hectárea, tomadas desde un cuadrado representativo del paño de cultivo imaginario de 100 m² (10 m x 10 m) siguiendo un número diez romano. Las muestras individuales fueron depositadas sobre una manga de polietileno, mezclando todo el material antes de proceder a coleccionar la muestra final. En cada sitio, se coleccionó una muestra húmeda con un peso mínimo de 2 kg.

El muestreo se efectuó en una sola oportunidad, dentro de la temporada de cultivo, dada la condición del suelo de ser un acumulador de los productos aplicados y que su persistencia se prolonga, normalmente más allá de la temporada de cultivo específico. Como una forma de detectar, al menos, parcialmente, el efecto de la temporada de cultivo, se postuló efectuar el muestreo lo más cercano a la cosecha del cultivo en cuestión.

Selección de sitios:

La selección de los sitios para toma de muestras de suelos se hizo siguiendo los siguientes criterios básicos:

- delimitación de los sectores cubierta por el cultivo en estudio, dentro de cada área de trabajo,
- integración de los diferentes sectores, con un criterio de generar un área unitaria asignada al cultivo,
- localización de los sitios para toma de muestras, entendiendo que por sitio se tomó una muestra superficial y otra subsuperficial, y
- georreferenciación del sitio muestral, colectando adicionalmente la siguiente información, al momento de coleccionar las muestras:
 - condiciones meteorológicas del momento,
 - situación del cultivo, al momento de la toma de muestra,
 - prácticas culturales en ejecución, al momento de la toma de muestra en la superficie del suelo, al momento del muestreo, y
 - cualquiera otra información relevante.

Protocolo de muestreos:

En cada sitio muestral, se tomó muestras representativas de los suelos, en las dos profundidades ya mencionadas, para lo cual se procedió como sigue:

- localización del sitio muestral y su georreferenciación,
- toma de muestras, como compuestas por un número mínimo de 15-20 submuestras o muestras individuales por hectárea, obtenidas al costado medio del camellón cerca del cultivo
- mezcla adecuada del material colectado,

- Llenado de una bolsa de polietileno de 2kg, doble y con rótulo de identificación emplazado entre ambas bolsas, y
- cierre de la bolsa.

Las muestras fueron depositadas al interior de un depósito refrigerado², a objeto de reducir las modificaciones que pudieran ocurrir en las muestras después de colectadas y que podrían generar cambios con respecto de la situación *in-situ* del suelo. Las muestras fueron entregadas al laboratorio, dentro de las 24 horas siguientes a la toma, por lo cual, el uso de frío debía ser suficiente, para asegurar que el análisis se efectuará en una muestra representativa de la situación real.

3.3. PROTOCOLO DE MUESTREO DE TEJIDOS VEGETALES PARA DETECCIÓN DE CONTAMINANTES

Selección y localización de los sitios de muestreo

Los sitios de muestreo, se encontraban en las localidades seleccionadas en donde se concentraron el desarrollo de los sistemas hortícolas del estudio, cuya representatividad está dada por la raíz cuadrada de la población de agricultores considerados. Estas especies, se concentran a su vez en el área de influencia de las cuencas hidrográficas del estudio.

Metodología

Consideraciones generales:

Para la recolección de las muestras representativas en cada cultivo, se consideraron las siguientes normas:

- Recolección de una muestra en el momento de madurez de cosecha, evitando tejidos enfermos o de características que indiquen escaso crecimiento. Para la estimación de la madurez de cosecha de las hortalizas del estudio, se consideró el **Cuadro 1**.

² Se empleó hieleras de plumavit de 20 lt de capacidad, con congeladores, que aseguran un ambiente de 4°C o menos.

Cuadro 1. Época de muestreo de las hortalizas consideradas en el Proyecto BPM.

Especie	Época de muestreo según fenología
Repollo	Al formar cabeza (arrepollar).
Lechuga	Al formar cabeza (arrepollar).
Espinaca	Las hojas alcanzan unos 15 cm de longitud.
Apio	Hasta el momento en que la planta evidencia los primeros signos de reducción de turgor (con tallo crujiente). Debe indicarse que en el caso de esta especie, el momento de muestreo no debía exceder el indicador señalado.
Tomate aire libre e invernadero para consumo fresco	Fruto pintón.
Tomate aire libre e invernadero para agroindustria	Fruto 100% rojo, de consistencia firme.
Cebolla	Cuando 50% de las hojas han caído.
Pimiento	Al 50% del fruto pintón.
Papa	Al llenado de tubérculos, aproximadamente 90 días después de plantación.

Fuente: Codex alimentarius (FAO), 1998.

A modo de ejemplo, en el caso del tomate se tomó la muestra en el estado 1, 2 y 3 (fruto pintón) (**Foto 1**).

- Muestreo de las partes del cultivo que constituyen el producto comercial.
- No se eliminó los residuos superficiales durante la manipulación, empaque o preparación de las muestras.
- Cada muestra se envió a Laboratorio y debió ser envasada en bolsas de papel, selladas con cinta adhesiva y rotuladas incluyendo los siguientes antecedentes:
 - Nombre agricultor.
 - Ubicación (Sector) (Comuna) (Región) y Georeferenciación.
 - Fecha muestreo.
 - Fecha última aplicación de plaguicidas.
 - Plaguicidas aplicados.
 - Nombre del recolector.
 - Número correlativo de recolección del día incluidas en las fichas del laboratorio.

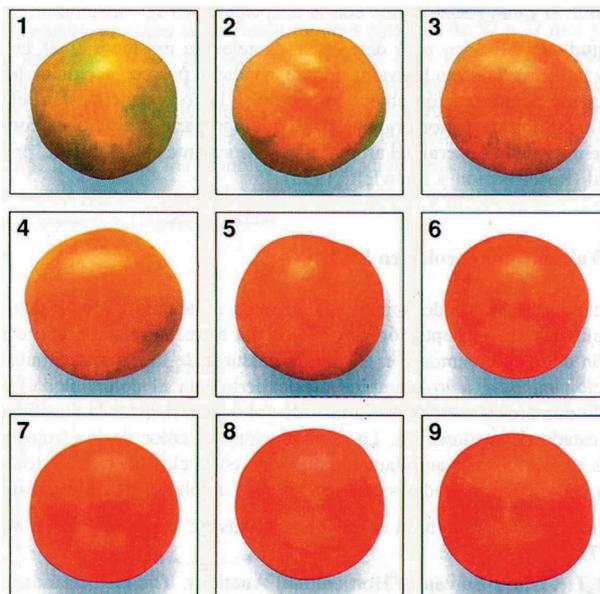


Foto 1. Muestra de tejidos de Tomate

- La muestra recolectada y etiquetada debió ser almacenada inmediatamente en nevera con conservador de frío (ice pack) a 4°C.
- Las muestras fueron ingresadas frescas dentro de 24 horas al laboratorio, después de la recolección manteniéndose a 4°C.

Procedimiento de muestreo

- Se realizó de acuerdo a las especificaciones del Codex Alimentarius (FAO), citado en AOAC, 1998 y FDA (Food and Drug Administration) para frutas y hortalizas, referido también en el Real Decreto 290/2003, de 7 marzo, de la legislación Española que establece métodos de muestreo de residuos para el control de plaguicidas en los productos de origen vegetal y animal.
- La cantidad (en unidades o kilos) necesaria para obtener una muestra satisfactoria varía según el producto (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Cantidad de submuestras que componen una muestra de los cultivos considerados en el Proyecto.

Especie/Método de cultivo	Número de submuestras	Peso total Muestra campo	Peso o Unidades Muestra Laboratorio
Tomate Aire Libre	100 frutos (1 fruto/planta) ¹	5 kg	2 kg
Tomate Invernadero	25 frutos (1 fruto/planta) ²	5 kg	2 kg (aprox. 10 frutos)
Cebolla	20 - 50 bulbos	5 kg	10-25 U (2 kg)
Espinaca	100 plantas	5 kg	Al menos 5 unidades
Apio	20-50 plantas ³	5 kg	Al menos 5 unidades
Repollo	20-50 plantas ³	5 kg	Al menos 5 unidades
Lechuga	50-100 plantas ³	5 kg	Al menos 5 unidades
Pimentón		5 kg	2 kg
Papa		5 kg	1 kg

¹ Frutos de 50 gramos aproximadamente,

² Frutos de 200 gramos aproximadamente.

³ Dependiendo del peso o tamaño.

- Para tomar la muestra en el campo se procedió a considerar en forma imaginaria la figura de una Z (o una X). La superficie a considerar fue la cultivada por el productor en el caso que correspondiera a < 1 ha, en superficies cultivadas superiores se tomó 1 hectárea y en ella se tomó las submuestras para llegar a las unidades o peso requerido para la muestra en el laboratorio, las que se indican en el Cuadro (siempre que se trate de la misma variedad, fecha de siembra y/o plantación y condiciones de manejo).

Las muestras recolectadas fueron almacenadas en frío en neveras apropiadas y transportadas por vía terrestre al Laboratorio a una temperatura de 4-8°C dentro de 24 horas y almacenadas en frío. En el caso de muestras de las Regiones I y IV, las muestras fueron enviadas a los Laboratorios Centrales vía Chile Express (“overnight”).

Una vez ingresadas las muestras al laboratorio, se procedió a picarlas y mezclarlas en juguera y se almacenaron (en congelador) en frascos de vidrio de 200 ml, previamente lavados y rotulados para su análisis.

Época de muestreo del Repollo.
Al formar cabeza (arrepollar)



Foto 2. Época fenológica de muestreo de tejidos vegetales de repollo.

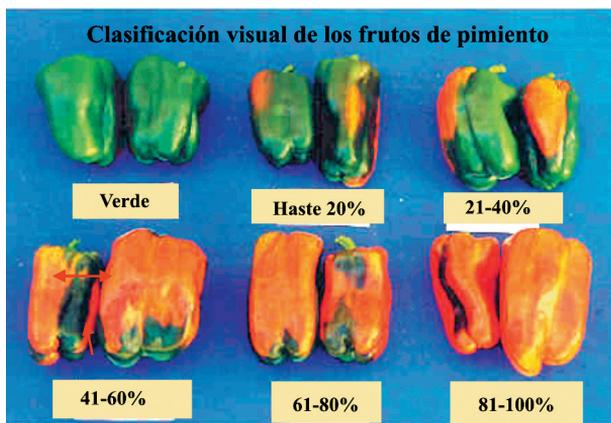


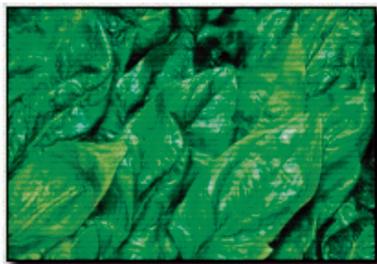
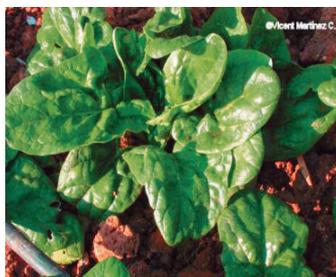
Foto 3. Época fenológica de muestreo de tejidos vegetales de pimentón.



Época de muestreo de Lechuga
Al formar cabeza (arrepollar)



Foto 4. Época fenológica de muestreo de tejidos vegetales de lechuga.



Época de muestreo de Espinaca.
Las hojas alcanzan unos 15 cm de longitud



Foto 5 . Época fenológica de muestreo de tejidos vegetales de espinaca.



Época de muestreo de la Cebolla
Cuando muestra un 50% de las hojas
caídas



Foto 6 . Época fenológica de muestreo de tejidos vegetales de cebolla.



Época de muestreo del Apio
Tallo crujiente



Foto 7. Época fenológica de muestreo de tejidos vegetales de apio.

PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS DE DETECCIÓN DE RESIDUOS

Stella Moyano A.

Químico Laboratorista M.Sc.

Carlos Rojas-Walker

Ing. Agrónomo Ph.D.

INIA – La Platina

4.1 DE PLAGUICIDAS EN VEGETALES

4.1.1 Determinación de fosforados

Extracción (Steindwanter, H. 1990)

A una porción de muestra se agrega cloruro de sodio y luego una solución de acetona / diclorometano (1:1). Se agita en ultraturrax y se transfiere la solución a un vaso de precipitado que contiene sulfato de sodio pr. Se agita el contenido por unos minutos, ocupando un agitador magnético.

A continuación, se toma una alícuota en un balón de destilación y se evapora a sequedad en un evaporador rotatorio a 40°C, con vacío, se agrega acetato de etilo y se vuelve a evaporar. Finalmente se enrasa con acetato de etilo.

Condiciones Cromatográficas

Cromatógrafo : GC Perkin Elmer 8600 – NPD, perla de Rb.
Columna : Wire bore, 30 metros DB-17.
Temperaturas : Columna 170°C, detector e inyector 220°C.
Gases : Helio como carrier; además aire e hidrógeno.
Integración : Sistema computarizado, software Turbochrom.

4.1.2 Determinación de piretroides y clorfenapyr

Extracción

Método descrito anteriormente de Steinwanger, sólo hasta la evaporación, pero como los piretroides y el clorfenapyr se cuantifican por GC-ECD, se purifica el extracto.

Clean-up o purificación

Para la purificación, se prepara una columna rellena con florisil desactivado, más sulfato de sodio pr y se acondiciona con hexano pr, eluido el hexano se agrega la muestra disuelta con hexano y luego una mezcla de hexano/tolueno. Se descarta el solvente adicionado. Finalmente se eluye el piretroide con hexano/tolueno.

La mezcla de solventes eluida que contiene los pesticidas, se evapora casi a sequedad en evaporador rotatorio a 90°C, con vacío. Se enrasa el residuo con hexano pr.

Condiciones Cromatográficas

Cromatógrafo : GC - Perkin Elmer Autosystem XL, ECD, Niquel 63
Software Turbochrom.
Columna : DB-1 wire-bore, de 30 m x 0.53 mm.
Temperaturas : Columna 260°C, detector 380°C e inyector 280°C.
Gases : Helio como carrier y argón/metano en el make up.

4.1.3 Determinación de Imidacloprid

Extracción y Purificación

El imidacloprid se extrae de los vegetales con una mezcla de acetona/diclorometano. Posteriormente, se realiza una purificación del extracto en columnas rellenas con florisil previamente calcinado. Las interferencias se eliminan haciendo pasar acetato de etilo a través de la columna que contiene el extracto. Posteriormente, se eluye de la

columna el insecticida con acetonitrilo. Este solvente se concentra a sequedad, se lleva a un volumen conocido con fase móvil y antes de pasarlo por HPLC, se filtra a través de una membrana Millipore de 0.22 μm .

Condiciones Cromatográficas

Cromatógrafo	: HPLC Merck Hitachi.
Detector	: Merck Hitachi UV/VIS L-4250.
Bomba	: L-6200 A, Intelligent Pump, Merck Hitachi.
Columna	: LiCrospher C18 - Merck.
Integración	: Sistema computarizado, interfase D-6000.
Longitud de onda	: 270 nm.
Fase Móvil	: 25% de acetonitrilo/agua - sistema isocrático.

4.1.4 Determinación de ditiocarbamatos

Para evitar la degradación de los ditiocarbamato, las muestras se guardan sin moler, en bolsas de papel, a menos 20°C.

Extracción

La muestra cortada en trozos pequeños se pone en un balón de destilación. Se adiciona una solución de ácido clorhídrico / cloruro de estaño y se coloca el balón sobre una manta calefactora. Al hervir, los vapores de disulfuro de carbono liberados, pasan a través de dos soluciones para evitar posibles interferentes. La primera es de acetato de plomo y la segunda, de hidróxido de sodio. Finalmente, el disulfuro de carbono reacciona con el reactivo de coloración, compuesto de acetato de cobre y dietanolamina en etanol, dando una coloración amarilla. Se recoge esta última solución, se lleva a volumen con etanol y se lee la absorbancia a 435 nm.

Para llevar los resultados a mg/kg de mancozeb, se multiplican los miligramos de CS₂ obtenidos de la ecuación de regresión por el factor 1,776 y por 10.

4.1.5 Determinación de captan (método de Luke)

Extracción y partición:

La muestra previamente homogenizada, se extrae con acetona agitando por 2 min. Se filtra por Büchner con vacío. La partición se realiza en un embudo de decantación, agregando el extracto filtrado más éter de petróleo y diclorometano. Se agita un min. Se filtra la fase orgánica a través de sulfato de sodio pr. A la fase acuosa se agrega cloruro de sodio. Se agita hasta disolver la sal. Se agrega diclorometano y se vuelve a agitar por 1 min. La fase orgánica se filtra por el sulfato ocupado anteriormente. Se recolectan los dos filtrados en un balón de vidrio. Se evapora en un evaporador rotatorio con temperatura controlada y vacío. Se concentra hasta aproximadamente 2 ml. Se agrega éter de petróleo y se vuelve a evaporar para eliminar totalmente el diclorometano, finalmente se enrasa con hexano.

Condiciones Cromatográficas

Cromatógrafo : GC - Perkin Elmer 8600 software Turbochrom.
Detector : Captura de electrones Ni 63.
Temperaturas : 200/380/250°C.
Columna : Wire Bore DB-1- 30 m.
Gases : Helio como carrier y argón/metano en el make up.

4.1.6 Determinación de metomilo

Extracción

Se realiza la extracción de Steindwanter, descrita anteriormente.

Clean-up

El extracto se disuelve en hexano pr. Para la purificación se pasa por una columna que contiene florisil, acondicionado con una solución de acetona/hexano (60:40). El pesticida se eluye con la mezcla acetona: hexano. Se evapora el solvente en un evaporador rotatorio con vacío. Se enrasa con fase móvil y previo a la cromatografía, se filtra por membranas Millipore de 0.22 um.

Condiciones Cromatográficas

Cromatógrafo	: HPLC Merck Hitachi.
Detector	: Merck Hitachi UV/VIS L-4250.
Bomba	: L-6200 A, Intelligent Pump, Merck Hitachi.
Columna	: PE – RP/ C18 (HS-3).
Integración	: Sistema computarizado, interfase D-6000.
Longitud de onda	: 237 nm.
Fase Móvil	: acetonitrilo/agua (30/70) - sistema isocrático.

4.2 DE PLAGUICIDAS EN AGUAS

Método de extracción:

La muestra de agua se coloca en un embudo de decantación. Se adiciona sulfato de sodio anhidro pr. Se agita y luego se extrae dos veces con diclorometano pr. Los dos extractos se pasan a través de sulfato de sodio anhidro pr, pero en polvo. Se colecta el filtrado en un balón de destilación y se evapora el solvente en evaporador rotatorio con vacío. Antes de llegar a sequedad, se adiciona hexano dos veces y se lleva casi sequedad.

Se enrasa la muestra a 2 ml con iso octano.

Cromatografía:

- GC Perkin Elmer Auto System XL con detector de captura electrónica (ECD); columna DB1 de 30m x 053mm x 1.5um; temperaturas: 200/250/380°C; Gases: helio como gas de arrastre y argón/metano en make up.
- GC Perkin Elmer 8600 con detector nitrógeno-fósforo (NPD), con perla de rubidio; columna DB 17: 200/240/240°C; Gases: helio, aire e hidrógeno.

A continuación en el **Cuadro 1**, se muestra la recuperación y límites de cuantificación de los ingredientes activos.

Cuadro 1. Porcentajes de recuperación, obtenidos en agua fortificada.

Compuesto	Adición (ug/L)	Recuperación %	Límite de Cuantificación (ug/L)
Acetoclor	0,98	88,4	0.060
Alaclor	0,82	100,0	0.016
Aldrín	0,20	89,2	0.004
Alfa-BHC	0,08	100,0	0.003
Atrazina	5,40	98,7	0.270
Butaclor	3,90	92,3	0.072
Captan	0,40	100,0	0.008
Clorotalonil	0,20	89,1	0.004
Clorpirifos	0,44	96,9	0.025
Delta-BHC	0,23	96,4	0.005
Dicofol	2,10	97,1	0.040
Dimetoato	0,22	70,2	0.013
Endrín	0,40	94,1	0.008
Ethion	2,20	100,0	0.018
Etil Paratión	1,00	83,7	0.010
Fenitrothion	0,90	92,3	0.039
Kresoxim Metil	1,00	104,0	0.100
Metil Paration	1,00	100,0	0.011
Metolaclor	1,00	98,7	0.180
Norflurazon	3,90	90,4	0.076
o,p-DDE	0,42	100,0	0.008
o,p-DDT	0,60	90,0	0.012
Oxifluorfen	0,20	96,0	0.020
p,p-DDE	0,40	99,0	0.008
Pirimifos	1,00	88,5	0.011
Propaclor	5,92	95,0	0.090
Simazina	2,70	98,1	0.520
Triadimefon	0,50	94,1	0.016
Trifluralin	0,60	85,0	0.012

4.3 DE NITRATOS EN AGUAS

El procedimiento utilizado, se basó en la determinación de Nitratos en las muestras de aguas por el procedimiento del empleo de electrodos específicos, anotando la lectura al momento de estabilizarse y obteniendo la concentración de la muestra a partir de la curva de calibración.

4.4 DE NITRÓGENO EN TEJIDOS VEGETALES

Determinación de N total

Se efectuó la determinación de N total en frutos y hojas de hortalizas por el procedimiento descrito por Sadzawka para el análisis de tejidos vegetales.

Determinación de Nitratos

Para la determinación de Nitratos en tejidos vegetales, se ha empleado la técnica del electrodo ión-específico de Millar R. citado en Handbook of Referentes Methods of Plant Análisis, editado por Yash Kaira.

El procedimiento consiste en pesar 500±1,0 mg de tejido seco al aire tamizado por 40 mesh para asegurar su homogeneidad. Agregar 25±0,2 ml de solución extractante y agitar en agitador mecánico por 30 minutos, incluyendo un blanco. Filtrar el extracto, refiltrar si el filtrado está oscuro y acondicionarlo para la lectura. Calibrar el multivoltímetro empleando soluciones estándares y operar el instrumento de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Desarrollar la curva de calibración empleando estándares. Determinar la concentración de Nitratos de los tejidos de plantas y registrar los resultados como mg de N-N03/L en la solución del extracto. Eliminar las intercepciones de radio frecuencia y diluir las muestras concentradas que exceden los valores de los estándares.

4.5 DE NITRATOS EN SUELOS

Los análisis de Nitratos en Suelos, tanto en muestras superficiales (0-20 cm.) como en profundidad (20-50 cm.), se realizaron con la metodología de Kjeldhal por arastre de vapor realizado en muestras frescas de suelos como se ha descrito por Sadzawka, (1990) y originalmente por Keeney y Bremner, (1988). El procedimiento consiste en pesar 5 g de suelo, agregar 50 ml de KCl **2M** y agitar por 1 hora. Dejar sedimentar hasta lograr un sobrenadante claro. Si el extracto no se analiza dentro de 24 horas, se guarda refrigerado, luego de filtrar en papel Whatman N° 42.

Para este procedimiento, al mismo extracto, se le agregan 10 ml de KCl 2M , 0,1 g de MgO y se destila para NH_4 y luego por destilación fraccionada, se continúa para la determinación de Nitratos.

La determinación de Nitratos, se obtiene al recibir un matraz que contiene 5 ml de ácido bórico a 10 ml de extracto de suelo, luego de incorporar 1 ml de ácido sulfámico al 2% y agregación de 0,2 g de aleación de Devarda. Se destila y titula con H_2SO_4 y 0,0025 M hasta viraje de color verde a rosado con titulador automático. La alternativa de efectuar la medición de Nitratos con el apoyo de electrodo específico, fue desechada debido a la alta variabilidad (y escasa duración de los electrodos) observada en las mediciones de este parámetro en extractos desde un medio tan heterogéneo como el suelo.

4.6 DE COLIFORMES FECALES EN AGUAS Y TEJIDOS VEGETALES

Determinación de coliformes en aguas

El método utilizado para la determinación de coliformes es el método señalado por la Norma Chilena 2313 para Aguas Residuales (Metodología SISS).

Determinación de coliformes en tejidos vegetales

La Metodología de Análisis, correspondió a la Norma Chilena 2635 /1 Of. 2001, en muestras frescas de lechugas como cultivo indicador, dilución e incubación por 24 a 48 horas y los resultados se expresan como NMP/100 gr de coliformes fecales.

CARACTERIZACION DEL MANEJO DE INSECTICIDAS Y ACARICIDAS

Patricia Estay P.

Ing. Agrónomo M.Sc.

INIA – La Platina

La caracterización del uso y manejo de los insecticidas empleados en hortalizas, se realizó mediante dos tipos de herramientas:

- a) Encuestas a los agricultores
- b) Determinación de residuos en los órganos de consumo.

Caracterización del uso y manejo de acuerdo a las encuestas

La encuesta se aplicó a un total de 304 productores distribuidos en las Regiones I, IV, V, R.M. VI y VII. De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo determinar que los agricultores reconocen como plagas que atacan a las hortalizas analizadas, a los insectos y ácaros indicados en el **Cuadro 1**, los cuales son coincidentes con las especies consideradas como plagas primarias, secundarias y ocasionales en cada uno de los cultivos por los especialistas en entomología.

Por otra parte se estableció que el 98 % de los agricultores utilizaba insecticidas para el control de los insectos plagas que atacaban sus cultivos (**Cuadro 2**).

También en los agricultores consultados, un 85 % de ellos, utilizaba entre 1 y 3 ingredientes activos de insecticidas, un 11 % entre 4 y 5 ingredientes activos de insecticidas y el 2 % usaba entre 6 y 7 ingredientes activos de insecticidas solos o en mezclas durante el ciclo del cultivo (**Cuadro 3**).

Cuadro 1. Insectos y ácaros que afectan a las especies hortícolas en estudio de acuerdo a especialistas en entomología y a encuesta a productores.

Tomate aire	Tomate inv.	Apio	Repollo	Lechuga
<i>Frankliniella occidentalis</i>	<i>Frankliniella occidentalis</i>	<i>Frankliniella occidentalis</i>	<i>Brevycorine brassicae</i>	<i>Frankliniella occidentalis</i>
<i>Thrips tabaci</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Aphis craccivora</i>	<i>Thrips tabaci</i>
<i>Frankliniella australis</i>	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Agrotis bilitura</i>	<i>Aphis gossypii</i>	<i>Nasonovia ribinisgru</i>
<i>Myzus persicae</i>	<i>Tuta absoluta</i>	<i>Agrotis ipsilon</i>	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	<i>Myzus persicae</i>
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	<i>Trichoplusia ni</i>	<i>Pieris brassicae</i>	<i>Pemphigus bursarius</i>
<i>Brachycaudus helichrysi</i>	<i>Aculops lycopersici</i>	<i>Agrotis ipsilon</i>	<i>Trichoplusia ni</i>	<i>Uroleucon ambrosiae</i>
<i>Aphis gossypii</i>	<i>Tetranychus cinabarinnus</i>	<i>Agrotis lutescens</i>	<i>Agrotis ipsilon</i>	<i>Agrotis ipsilon</i>
<i>Aphis craccivora</i>	—	<i>Pseudoleucania bilitura</i>	<i>Agrotis bilitura</i>	<i>Pseudoleucania bilitura</i>
<i>Aulacorthum solani</i>	—	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	<i>Plutella xylostella</i>	<i>Liriomyza huidobrensis</i>
<i>Tuta absoluta</i>	—	<i>Tetranychus urticae</i>	—	—
<i>Heliothis zea</i>	—	—	—	—
<i>Agrotis ipsilon</i>	—	—	—	—
<i>Agrotis lutescens</i>	—	—	—	—
<i>Pseudoleucania bilitura</i>	—	—	—	—
<i>Trichoplusia ni</i>	—	—	—	—
<i>Liriomyza huidobrensis</i>	—	—	—	—
<i>Aculops lycopersici</i>	—	—	—	—
<i>Tetranychus cinabarinnus</i>	—	—	—	—

Continuación cuadro 1.

Pimiento	Espinaca	Cebolla	Papas
<i>Frankliniella occidentalis</i>	<i>Frankliniella occidentalis</i>	<i>Frankliniella occidentalis</i>	<i>Myzus persicae</i>
<i>Thrips tabaci</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Thrips tabaci</i>	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>
<i>Myzus persicae</i>	<i>Paratanus exitiosus</i>	<i>Neotoxoptera formosona</i>	<i>Aulacorthum solana</i>
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	<i>Agrotis ipsilon</i>	<i>Copitarsia decolora</i>	<i>Rhopalosiphum rufiabminalis</i>
<i>Trialeurodes vaporarorium</i>	<i>Pseudoleucania bilitura</i>	<i>Agrotis ipsilon</i>	<i>Empoasca curveola</i>
<i>Agrotis ipsilon</i>	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	<i>Pseudoleucania bilitura</i>	<i>Phthorimaea operculella</i>
<i>Pseudoleucania bilitura</i>	—	<i>Copitarsia decolora</i>	<i>Symmetrischema tangolias</i>
<i>Agrotis hispidula</i>	—	<i>Heliothis zea</i>	<i>Tuta absoluta</i>
<i>Liriomyza huidobrensis</i>	—	<i>Delia platura</i>	<i>Agrotis bilitura</i>
<i>Tetranychus urticae</i>	—	<i>Delia antiqua</i>	<i>Copitarsia decolora</i>
—	—	<i>Eumurus strigatus</i>	<i>Dalaca chilensis</i>
—	—	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	<i>Liriomyza huidobrensis</i>
—	—	<i>Rhizoglyphus echinopus</i>	<i>Epicauta pilme</i>
—	—	—	<i>Conoderus rufangulus</i>
—	—	—	<i>Garphognatus leucoloma</i>
—	—	—	<i>Hylammopha elegans</i>
—	—	—	<i>Tetranychus urticae</i>
—	—	—	<i>Aculops lycopersici</i>
—	—	—	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>
—	—	—	<i>Premnotypes latithorax</i>

Cuadro 2. Porcentaje de empleo de insecticidas (%) por especie y región por agricultores encuestados.

Región	Especies	N*	Agricultores (%)
I	Tomate al aire libre	16	100
IV	Tomate invernadero	13	100
	Lechuga	9	100
	Apio	4	100
	Papa	20	100
V	Tomate invernadero	17	100
	Pimiento	8	100
	Repollo	17	100
	Lechuga	22	100
RM	Tomate al aire libre	9	100
	Lechuga	20	100
	Espinaca	7	100
	Repollo	6	100
	Apio	4	100
	Cebolla	19	100
VI	Tomate	27	100
	Lechuga	18	72
	Repollo	12	100
VII	Tomate	20	100
	Lechuga	20	95
	Repollo	16	95
		304	98

N* = Número total de agricultores encuestados.

Cuadro 3. Número y porcentaje de i.a. de insecticidas utilizados por agricultores durante el desarrollo de los cultivos hortícolas.

Ingredientes Activos	Agricultores encuestados		
	Insecticidas	Número	%
	0	7	2
	1-3	257	85
	4-5	34	11
	6-7	6	2
	Total	304	100

Respecto a los grupos químicos más usados por los agricultores estos pertenecían al grupo funcional de los Neurotóxicos correspondiendo a los grupos químicos de los Organofosforados en un 59,3%, Nereistoxinas en un 19,8%, Carbamatos un 18,2% y Piretroides un 13,5% (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Porcentaje de grupos químicos de mayor frecuencia de uso por los agricultores encuestados en las especies hortícolas en el país.

Plaguicida	Grupo químico	Tomate aire libre	Tomate invern.	Lechuga	Repollo	Espinaca
Insecticidas	Organo-fosforado	51	43	53	43	86
	Nereistoxina	28	43	6	24	0
	Carbamato	3	87	11	29	0
	Piretroide	15	20	14	14	29
	Número de encuestas	72	30	89	51	7

Continuación cuadro 4

Plaguicida	Grupo químico	Apio	Cebolla	Pimiento	Papa
Insecticidas	Organo-fosforado	50	89	38	74
	Nereistoxina	13	0	0	47
	Carbamato	0	0	51	11
	Piretroide	75	21	0	11
	Número de encuestas	8	19	8	20

En relación a los ingredientes activos (i.a.) en cada grupo químico, los insecticidas con mayor frecuencia de acuerdo a lo informado por los agricultores fueron: Metamidofos (52 %) perteneciente al grupo químico de los Organofosforados; Clorhidrato de Cartap (19 %) perteneciente al grupo químico de las Nereistoxinas; Lamdacihalotrina (16 %) perteneciente al grupo químico de los Piretroides; Metomilo y Pirimicarb pertenecientes al grupo químico de los Carbamatos con un 10 % cada uno de ellos (**Figura 1**).

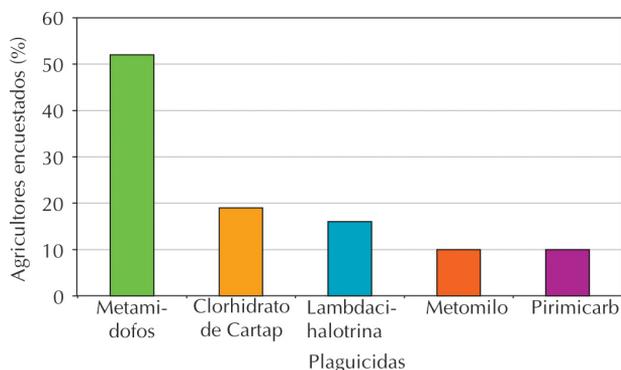


Figura 1. Ingredientes activos de insecticidas usados con mayor frecuencia.

El análisis de frecuencia de uso de i.a. de insecticidas usados en tomate aire libre e invernadero, pimiento, lechuga, repollo, espinaca, apio, cebolla de guarda y papa, muestra que todos los agricultores mencionan el uso de Metamidofos para el control de insectos plagas, correspondiendo por cada especie a un 49; 40; 38; 57; 35; 86; 50; 84 y 55 % respectivamente. Se destaca el uso de Lambdaci-halotrina que sólo no fue utilizado en pimiento y que en apio, un 75 % de los encuestados menciona su uso en esta especie. Metomil fue utilizado de acuerdo a la encuesta por un 73 % de los productores de tomate en invernadero (Figura 2).

Todos los i.a. utilizados en el control de los insectos plagas de las hortalizas en estudio, tenían registro de uso de acuerdo al SAG, a excepción del i.a. Triazamato mencionado en papa por un 5 % de los encuestados.

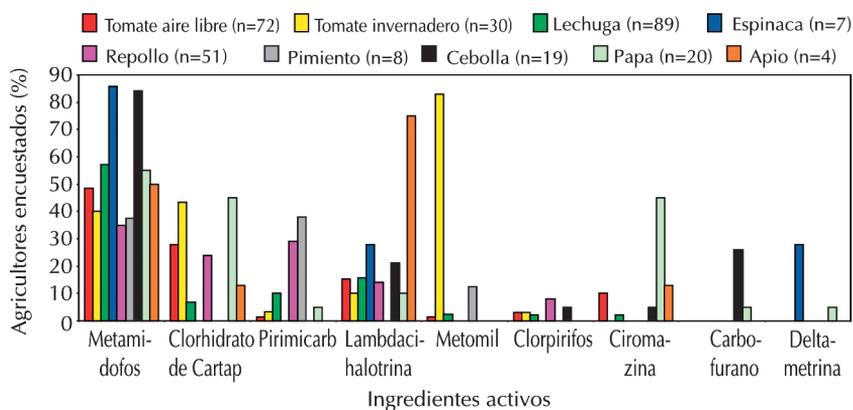


Figura 2. Frecuencia de Uso (%) de i.a. de Insecticidas por especie estudiada.

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE INSECTICIDAS EN TEJIDOS COMESTIBLES

Patricia Estay P.

Ing. Agrónomo M.Sc.

INIA - La Platina

Los criterios utilizados para determinar los residuos de insecticidas que se debían analizar en las especies hortícolas en estudio fueron los siguientes:

- Conocimiento por parte del entomólogo experto de la alta frecuencia de uso del i.a. en cada especie hortícola.
- Alto grado de coincidencia entre el conocimiento de frecuencia de uso por parte del experto y la información de aplicación entregada por el agricultor en el momento del muestreo de órganos comestibles de cada especie vegetal.
- Insectos y ácaros plaga que afectan cada especie hortícola en estudio e i.a. que se utiliza para su control.
- Insecticidas considerados de alto riesgo, por corresponder al grupo de los organofosforados y carbamatos.
- Insecticidas con nuevos mecanismos de acción, algunos de origen biológico que se están utilizando en horticultura.
- Volúmenes de i.a. de insecticidas expresados kg o Litros, vendidos en las regiones en estudio durante los años 2001-2003 de acuerdo a SAG- Subdepartamento Plaguicidas y Fertilizantes (2003).

De acuerdo a los criterios señalados, a los antecedentes obtenidos de terreno, a la Información de Venta y en algunos casos a la incorporación de nuevas alternativas de Ingredientes Activos alternativos a Carbamatos y Organofosforados, es que se estableció utilizar para el análisis de residuos los ingredientes activos por especie que a continuación se señalan en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Ingredientes activos seleccionados para analizar por especie hortícola.

Ingrediente activo	Tomate aire	Tomate Inv.	Apio	Repollo	Lechuga	Pimiento	Espinaca	Cebolla	Papas
Ciromazina	•							•	•
Cyfluthrin	•	•	•	•	•		•	•	•
Chlorfenapyr	•	•							
Clorhidrato de Cartap	•	•				•			
Clorpirifos	•		•	•	•	•	•	•	•
Imidacloprid	•	•		•	•	•			
Lambda-cialotrina			•		•		•	•	•
Metamidofos	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Metomilo	•	•		•	•	•	•	•	•
Pirimicarb				•	•	•			

Los muestreos de tejidos comestibles de hortalizas se iniciaron el año 2005, con el cultivo de tomate, pimiento y cebolla, durante la estación estival. Posteriormente se continuó con lechuga, repollo, espinaca y apio durante la estación invernal. El número de muestras tomadas en cada Región se presenta en el **Cuadro 2**.

ANÁLISIS DE RESIDUOS POR ESPECIES

Tomate

Como se muestra en la **Figura 1**, el 56,6% de las muestras de tomate provenientes de la I, IV, V, RM, VI y VII Regiones, estaban contaminados con algún residuo de plaguicida y se detectó residuos con valores

Cuadro 2. Número de muestras de frutos, hojas, bulbos y tubérculo comestibles obtenidas por Región.

Especie	Región						Total
	I	IV	V	VI	VII	RM	
Tomate aire libre	16	*	*	30	19	8	73
Tomate invernadero	*	8	18	*	*	*	26
Lechuga	*	14	17	18	18	20	87
Repollo	0	0	18	9	9	6	42
Pimiento	*	*	8	*	*	*	8
Espinaca	*	*	*	*	*	7	7
Cebolla	*	*	*	*	*	19	19
Papa	*	20	*	*	*	*	20
Apio	*	5	*	*	*	3	8
Total	16	47	61	57	46	63	290

* No se incluye estas especies en las regiones.

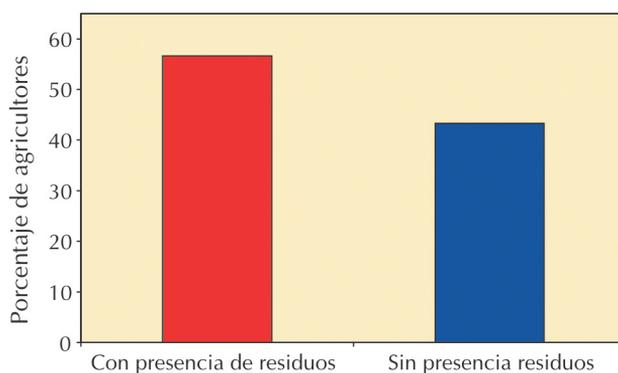


Figura 1. Distribución de agricultores (%) con presencia de residuos de insecticidas en frutos de tomate (n = 99).

que sobrepasan los límites establecidos (LMR) por la UEE en un 8,9%, y para la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EEUU en un 2,02%, tomando en consideración los LMR establecidos hasta diciembre 2006.

Al realizar el mismo análisis anterior en tomate a enero del 2007, los porcentajes se modifican a un 20,2 % con residuos sobre el LMR establecido por la UE, porque la UE igual que Argentina ha establecido un nuevo LMR para Metamidofos en tomate de 0,01 mg/kg (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Límite máximo de residuos (LMR) aceptados por la Unión Europea para los insecticidas Clorphenapyr, Piretroides y Organofosforados detectados en tomate.

(Julio 2005, Fuente: www.mapya.es/agricultura).

Ingrediente activo	LMR (mg/kg)
Clorphenapyr	0.05
Lambdacihalotrina	0.10
Metamidofofos	0.50*
Cipermetrina	0.50
Ciflutrin	0.05
Clorpirifos	0.5
Permetrina	0.05
Fenvarelato	0.05
Dimetoato	0.02
Deltametrina	0.20

* Nuevo límite de residuos de Metamidofofos a partir del 21 Enero de 2007 en CE y Argentina 0,01 mg/kg.

El análisis del mercado interno del tomate, muestra que el 52,5 % de los agricultores muestreados no cumplieron con la norma por la cual se rige Chile, que es el Codex Alimentarius y la Resolución Exenta 581 del Ministerio de Salud del febrero 1999, que establece que los tomates no deberían tener residuos de Metamidofofos, Lambdacihalotrina y Clorphenapyr (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Límite máximo de residuos (LMR) en tomate de acuerdo al Codex Alimentarius (Marzo, 2006).

Ingrediente Activo	Límite de Cuantificación (mg/Kg de peso corporal)
Clorphenapyr	St
Lambdacialotrina	St
Metamidofofos	St
Cipermetrina	0.5
Ciflutrin	0.5
Clorpirifos	0.5
Permetrina	1.0
Fenvarelato	1.0
Dimetoato	1.0
Deltametrina	0.3

El análisis de los residuos de insecticidas por Región, mostró que el porcentaje de muestras con residuos de insecticidas en tomate y la composición de los residuos detectados varía de acuerdo a las regiones bajo seguimiento. En la I Región, fue donde se determinó el mayor porcentaje de muestras con residuos, con un total de 93,75%, seguido por la VII Región con un 52,6%, la IV, R.M. y la VI con un 50% y la V Región con un 44,4%. Del total de las muestras con residuos de insecticidas, se destacó la presencia del grupo químico de los Organofosforados, con un 42,8%. Un 16,1 % de las muestras presentaron residuos del grupo químico de los Pirroles, al que pertenece el insecticida Clorphenapyr. Los Piretroides fueron detectados en un 12,5 % de las muestras de tomate (**Cuadro 5**).

También se detectó agricultores que presentaban frutos de tomate, con la presencia de más de un grupo químico, como fue el caso de Clorphenapyr más Organofosforado en un 10,71 %; Clorphenapyr más Organofosforado

Cuadro 5. Rango de residuos con Chlorfenapyr, Piretroides y Organofosforados detectados entre la I, IV, V, R.M, VI y VII regiones en tomate de consumo fresco (Enero-Febrero 2005).

Compuesto	Región					
	I	IV	V	R.M	VI	VII
Clorphenapyr	0,001-0,072	0,000	0,003-0,035	0,000	0,003	0,000
Lambdacihalotrina	0,000	0,008	0,0096	0,007	0,003-0,007	0,005-0,014
Metamidofos	0,014-1,160	tr - 0,220	tr - 0,080	tr - 0,070	tr - 0,344	tr - 0,097
Cipermetrina	0,020-0,066	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008
Ciflutrin	0,035	0,000	0,000	0,003	0,019	0,017
Clorpirifos	tr - 0,320	0,000	tr - 0,044	0,185	0,142	0,0384 - 0,0576
Permetrina	0,00	0,000	0,204	0,000	0,000	0,000
Fenvalato	0,00	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000
Dimetoato	0,00	0,000	0,000	0,000	0,075	0,000
Deltametrina	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

y Piretroide en un 1,8 %. Igualmente, se determinó residuos de Organofosforado y Piretroides en un 16,1 % de los agricultores.

Se pudo comprobar que en el caso del uso de insecticidas del grupo de los Organofosforados, los agricultores que producen tomate, en un 75% de los casos en las regiones bajo estudio, no informaron su uso, detectándose su presencia en el Laboratorio de Residuos del INIA - La Platina.

Lechuga

El 66,6 % de las muestras de lechuga provenientes de la IV, V, VI, RM y VII Regiones, estaban contaminadas con algún residuo de insecticidas (**Figura 2**), observándose que en estas muestras el 100 % correspondía al grupo químico de los órgano fosforados y de éstos el 84,9 % correspondió al i.a. Metamidofos (**Cuadro 6**).

De acuerdo a la información, de los análisis de residuos de insecticidas en lechuga obtenidos durante la temporada 2005-2006, al compararlos con la norma de la Unión Europea, los productores de lechuga, de las regiones en estudio, si produjeran para exportar a estos mercados, el 61,2 % de ellos no podría hacerlo, debido al uso de insecticidas no aceptados como el Metamidofos y el Dimetoato y un 7,14% por presentar un LMR superior a lo aceptado por la UE en relación al insecticida Clorpirifos (**Cuadros 7, 8 y 9**).

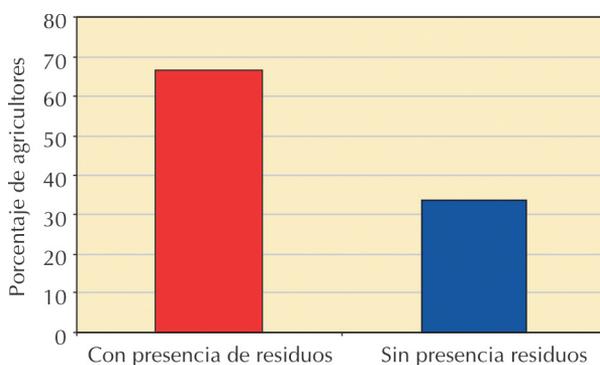


Figura 2. Distribución de agricultores (%) con presencia de residuos de insecticidas organofosforados en lechuga (IV, V, RM, y VII Región –Temporada 2005-2006) N= 87.

Cuadro 6. Distribución en porcentaje de los Ingredientes Activos de insecticidas.

Región	Metamidofos	Clorpirifos	Dimetoato	Lambdacihalotrina
IV	57,1	28,5	28,5	14,3
V	87,5	25,0	0,0	0,0
RM	80,0	26,7	6,7	0,0
VI	100,0	0,0	0,0	11,1
VII	100,0	0,0	0,0	5,6
Total	84,9	16,0	7,0	6,2

Cuadro 7. Rango de residuos con Organofosforados y Piretroides detectados en lechuga entre la IV y la VII Región (2005-2006).

Compuesto	Región				
	IV	V	R.M.	VI	VII
Metamidofos	0,16-8,45	0,07-1,39	Tr-4,81	0,04-22	0,03-3,76
Clorpirifos	0,02-0,22	0,02-2,34	0,04-0,73	-	-
Dimetoato	0,14-0,33	-	-	-	-
Lambdacihalotrina	0,057	-	-	0,014-0,016	0,030

Cuadro 8. Límite máximo de residuos (LMR), aceptados en la UE para los insecticidas Metamidofos, Clorpirifos, Dimetoato, Lambdacihalotrina e Imidacloprid en lechuga.

Ingrediente activo	LMR (mg/kg)
Metamidofos	St
Dimetoato	St
Clorpirifos	0,05
Lambdacihalotrina	1,0
Imidacloprid	3,0

Cuadro 9. Límite Máximo de Residuos (LMR) en lechuga de acuerdo al Codex Alimentarius (Junio, 2007).

Ingrediente activo	LMR (mg/kg)
Metamidofos	St
Dimetoato	St
Clorpirifos	0,05
Lambdacihalotrina	1,0
Imidacloprid	2,0

Se determinó altos niveles de residuos de Metamidofos en lechugas alcanzando los máximos en la IV Región de 8,45 mg/kg; en la R.M. 4,81mg/kg; en la VI Región 22 mg/kg y en la VII Región 3,76 mg/kg. A nuestro juicio esta situación es muy grave en Chile, debido a que i.a. de acuerdo al Codex Alimentarius a julio 2007, no debiera tener registro en nuestro país (Cuadro 9).

Chile, de acuerdo a Resolución Exenta 581 del Ministerio de Salud del 23 febrero 1999, fijó los LMR de plaguicidas químicos permitidos en alimentos de consumo interno incorporándola al reglamento sanitario de los alimentos vigentes. Esta legislación está basada en las recomendaciones de abril de 1997 del Comité del Codex Alimentarius y no se ha actualizado, por ello que aparece en lechuga un LMR de 1 mg/kg de Metamidofos, lo cual ya está obsoleto. Si consideramos este LMR, Regiones como la VI presenta agricultores que superan 22 veces la norma, en la IV Región 8,5 veces la norma, en la RM 4,8 veces más y en la VII Región 3,8 veces más la norma.

Repollo

En repollo de un total de 42 agricultores distribuidos en la V, R.M, VI y VII Regiones, durante la temporada 2005-2006, se determinó que un 95,2 % de los agricultores muestreados presentaban residuos de insecticidas y en todos estos agricultores el único Organofosforado detectado fue el i.a. Metamidofos (**Figura 3 y Cuadro 10**).

El rango de residuo de Metamidofos encontrados en repollo estuvo entre tr y 0,77 mg/kg (**Cuadro 11**).

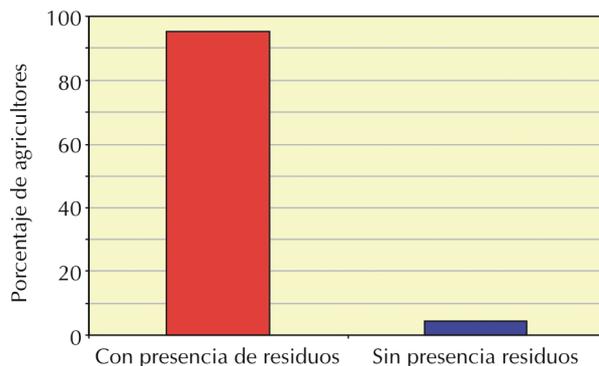


Figura 3. Distribución de agricultores (%) con presencia de residuos de insecticidas organofosforados en repollo (IV, V, RM, y VII Región –Temporada 2005-2006) N= 42.

Cuadro 10. Determinación de residuos de insecticidas en repollo por Región.

Total de agricultores analizados por Región		Total de agricultores con residuo de Metamidofos	
		%	Nº
18	V	100,0	18
6	RM	66,6	4
9	VI	100,0	9
9	VII	100,0	9

Cuadro 11. Rango de residuos de Metamidofos detectados en repollo entre la V y la VII Regiones (2005-2006).

Ingrediente activo	Región			
	V	R.M	VI	VII
Metamidofos	tr - 0,33	0,08 - 0,21	tr - 0,77	tr - 0,06

En relación a los residuos de Metamidofos encontrados, comparándolos con el aceptado por el Codex Alimentarius (**Cuadro 12**), sólo un agricultor en la VI Región supera el LMR con 0,77 mg/kg. Sin embargo, nuevamente no hay coincidencia entre la información actual del Codex Alimentarius y la Resolución Exenta 581 del Ministerio de Salud, la cual no contempla residuos para el repollo fresco, sólo para el repollo de bruselas.

Cuadro 12. Límite máximo de residuos (LMR) de Metamidofos e Imidacloprid en repollo de acuerdo al Codex Alimentarius (Junio, 2007).

Ingrediente activo	LMR (mg/Kg)
Metamidofos	0,5
Imidacloprid	0,5

El análisis de los resultados de acuerdo a los LMR establecidos por la UE, muestran que sólo el 23,8 % de los productores analizados podrían exportar porque no presentan residuos (**Cuadro 13**).

Cuadro 13. Límite máximo de residuos (LMR), aceptados en la Unión Europea para los insecticidas Metamidofos e Imidacloprid en repollo (Junio, 2007).

Ingrediente activo	LMR (mg/Kg)
Metamidofos	0,01*
Imidacloprid	0,05*

* Límite de determinación analítica.

Apio

En apio, de un total de ocho productores muestreados en la IV y Región Metropolitana; un 87,5 % de ellos presentó residuos de insecticidas (**Figura 4**), se observó que el 33,3% presentaba residuos de Organofosforados el 16.7% una mezcla de Organofosforados más Piretroides y el 50,1 % de Piretroides (**Figura 5**).

Considerando la información de los LMR y los rangos de residuos detectados en la IV y R.M en apio, sólo los agricultores que usan Lambdacihalotrina y los que no presentaron otros residuos en la IV Región y que corresponden al 62,5 % del apio muestreado en las dos regiones, podrían cumplir con los requerimientos de la unión Europea (**Cuadro 14**).

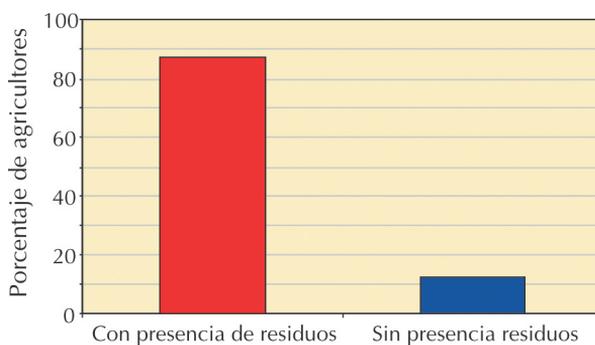


Figura 4. Distribución de agricultores (%) con presencia de residuos de insecticidas en apio (N=8)

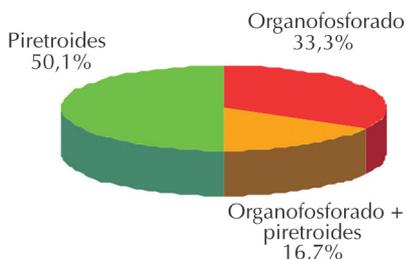


Figura 5. Distribución de los agricultores de acuerdo a los residuos de insecticidas (grupos químicos), detectados solos o en mezcla (IV y R.M. Cultivo apio, 2005).

Cuadro 14. Límite máximo de residuos (LMR), aceptados en la Unión Europea para los insecticidas Metamidofos, Clorpirifos, Cyflutrin y Lambdacihalotrina en apio.

Ingrediente Activo	LMR (mg/Kg.)
Metamidofos	-
Cyflutrin	-
Clorpirifos	-
Lambdacihalotrina	1,0

Espinaca

En espinaca, muestreada en la Región Metropolitana, sobre un total de siete productores, se determino residuos de insecticidas en el 71,4 % de las muestras (**Figura 6**), correspondiendo en un 25 % al Ingrediente Activo Lambdacihalotrina, en un 25 % a Clorpirifos y en un 25 % a Metamidofos, un 14,3 a Imidacloprid y el 10,7 % restante a la mezcla de Lambdacihalotrina más Clorpirifos (**Figura 7**).

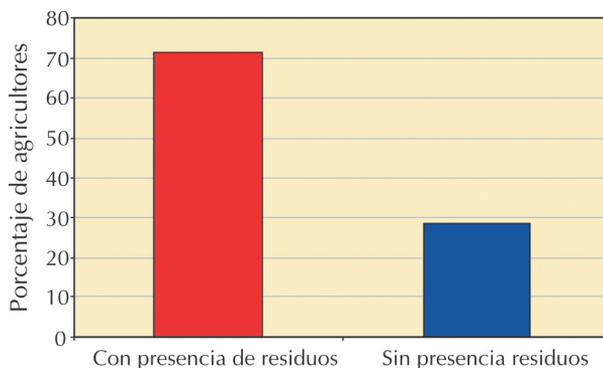


Figura 6. Distribución de agricultores (%) con presencia de residuos de insecticidas en espinacas N=7.

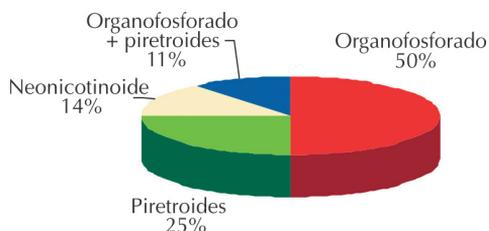


Figura 7. Distribución de los agricultores de acuerdo a los residuos de insecticidas (grupos químicos), detectados solos o en mezcla (R.M. Cultivo espinaca, 2005-2006).

De acuerdo a la información obtenida del análisis de Laboratorio (**Cuadro 15**) y a los registros de i.a. y LMR de la Unión Europea (**Cuadro 16**), en la Región Metropolitana en espinaca el 28,4 % de los productores, no presentaron residuos de insecticidas y el 14,3 % presentó el i.a. Lambdacihalotrina bajo el LMR, es decir que el 42,7 % cumpliría con la Norma Europea.

De acuerdo al Codex Alimentarius y a la Resolución Exenta 581, solamente el 28,4 % de las espinacas muestreadas en la R.M., cumplen con la norma para Chile que no contempla los residuos de Lambdacihalotrina, ni Imidacloprid (**Cuadro 17**).

Cuadro 15. Rango de residuos de Metamidofos, Clorpirifos, Lambdacihalotrina e Imidacloprid detectados en espinaca en R.M. (Temporada 2005-2006).

Ingrediente Activo	Residuo (mg/kg)
Metamidofos	0,72
Clorpirifos	Tr - 0,22
Lambdacihalotrina	0,023 - 0,078
Imidacloprid	0,19

Cuadro 16. Límite máximo de residuos (LMR), aceptados en la Unión Europea para los insecticidas Metamidofos, Clorpirifos, Lambdacihalotrina e Imidacloprid en espinaca.

Ingrediente Activo	LMR (mg/Kg.)
Metamidofos	-
Clorpirifos	-
Lambdacihalotrina	1,0
Imidacloprid	0,05*

* Límite máximo de detección.

Cuadro 17. Límite máximo de residuos (LMR) en espinacas de acuerdo al Codex Alimentarius (Junio, 2007).

Ingrediente Activo	LMR (mg/Kg.)
Metamidofos	St
Clorpirifos	St
Lambdacihalotrina	St
Imidacloprid	St

Pimiento

En pimiento cultivado bajo plástico, de las muestras de ocho productores de la V Región, el 25 % (**Figura 8**) y este residuo correspondió en un 12,5 % al i.a. Metamidofos que se presentó con un residuo de 0,15 mg/kg y en el otro caso al Carbamato Metomilo, con un residuo de 1,57 mg/kg.

En relación al i.a., Imidacloprid no se detectó residuos, a pesar que los agricultores señalaron su uso.

El 25 % de los productores de pimientos analizados, no estarían cumpliendo con la normativa de la UE, que no tiene registro para pimiento en Metamidofos y que en el caso del Metomilo el LMR es de 0,05 mg/kg (**Cuadro 18**).

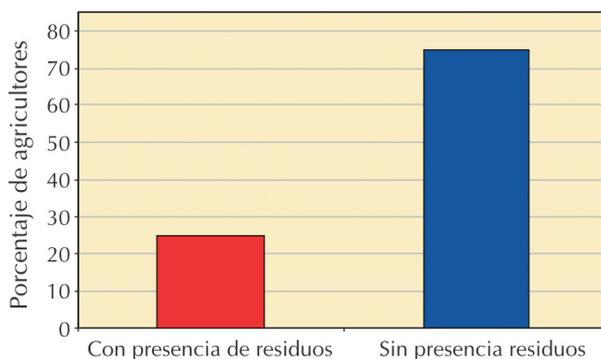


Figura 8. Distribución de agricultores (%) con presencia de residuos de insecticidas en pimiento. N=8.

Cuadro 18. Límite máximo de residuos (LMR), aceptados en la Unión Europea para los insecticidas Metamidofos, Clorpirifos, Lambdacihalotrina, Metomilo e Imidacloprid en pimiento.

Ingrediente Activo	LMR (mg/Kg.)
Metamidofos	-
Clorpirifos	0,50
Lambdacihalotrina	0,10
Cyflutrin	0,30
Metomilo	0,05
Imidacloprid	0,50

* Límite máximo de determinación.

El análisis de los residuos de acuerdo al Codex Alimentarius (**Cuadro 19**), muestra una situación distinta donde es aceptado el uso de Metamidofos con un LMR de 1,0 mg/kg y Metomilo con un LMR de 0,7 mg/kg. Lo mismo ocurre de acuerdo a la Resolución Exenta 581. De acuerdo a esto, el 12,5 % de los pimientos analizados no cumplirían con la norma para Chile, porque en relación al Metomilo el agricultor en el cual se detectó su presencia superaba el LMR.

Cuadro 19. Límite máximo de residuos (LMR) en pimiento de acuerdo al Codex Alimentarius (Junio, 2007).

Ingrediente Activo	LMR (mg/Kg.)
Metamidofos	1,0
Clorpirifos	2,0
Lambdacihalotrina	St
Cyflutrin	0,2
Metomilo	0,7
Imidacloprid	1,0

Papa

En tubérculos de papa, provenientes de 20 productores de la IV Región, se detectó la presencia de residuos en el 5 % de los productores (**Figura 9**), correspondiendo al i.a. Metamidofos en una concentración de 0,04 mg/kg. Utilizando la Norma de la Unión Europea del año 2005, este agricultor no estaría cumpliendo, porque el límite de detección en

para es de 0,01 mg/kg, pero sí para el Codex Alimentarius que permite un límite de 0,05 mg/kg, pero de acuerdo a la Resolución Exenta 581 del Ministerio de Salud, Metamidofos no tiene registro para papa.

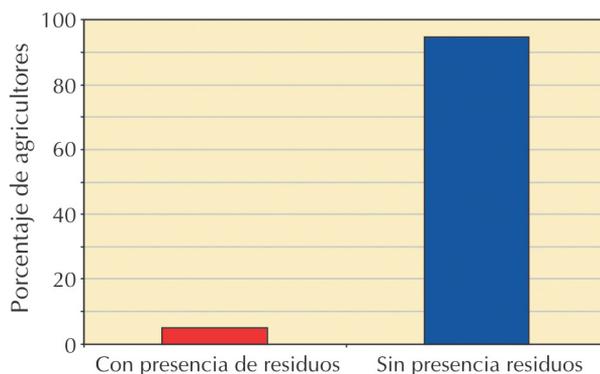


Figura 9. Distribución de agricultores (%) con presencia de residuos de insecticidas en papas. N=20.

Cebolla

El análisis de los tejidos de bulbos de cebolla, mostró que el 94,7 % de las muestras provenientes de 19 agricultores de la R.M (**Figura 10**), no presentaron residuos de insecticidas del grupo químico de los Organofosforado (Metamidofos, Dimetoatos, Clorpirifos), ni de los Piretroides (Lambdacihalotrina, permetrina, Cipermetrina + Alfacipermetrina, Cyflutrin, Deltametrina y Fenfavelato + Esfenfavelato).

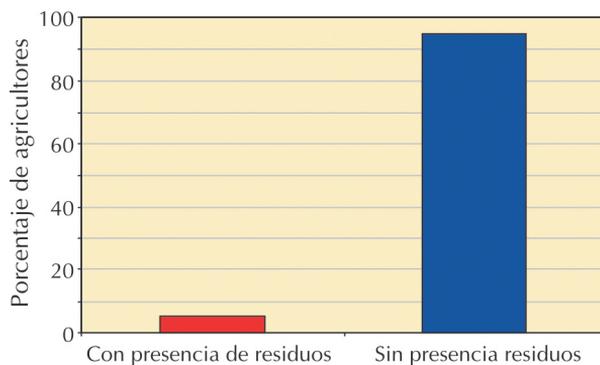


Figura 10. Distribución de agricultores (%) con presencia de residuos de insecticidas en cebollas.

El 5,3 % de las muestras provenientes de los 19 agricultores de la R.M, presentó residuos del Organofosforado Metamidofos en una concentración de 0,014 mg/kg y ese agricultor no cumpliría con la Normativa de la UE, porque supera el LMR que es de 0,01 mg/kg y del Codex Alimentarius y la Resolución Exenta 581 del Ministerio de Salud, que no registran a este insecticida.

Finalmente, es importante señalar que en todos los tejidos comestibles de las hortalizas analizadas para determinar residuos de insecticidas, se constató lo siguiente:

- Todos los residuos determinados corresponden a Ingredientes Activos de insecticidas registrados por el SAG para su uso en cada hortaliza estudiada.
- La presencia de residuos de insecticidas para todos los productos registrados se podría deber a un mal manejo de estos. Entre algunas de las causas estarían: dosis superiores a las recomendadas por el fabricante, no respeto de los períodos de carencia, o períodos de carencia recomendados por el fabricante no adecuados para cada especie y zona de muestreo e inadecuados sistemas de aplicación.
- Concordancia entre la encuesta realizada a los productores, el conocimiento del especialista y los resultados de los análisis de residuos, en relación a que por lo menos hasta el año 2006 el insecticida de mayor uso en las especies hortícolas en estudio, (que son las de mayor consumo en el país) es Metamidofos, organofosforado, que en muchas especies hortícolas como ocurre en lechuga, espinaca, apio, pimiento no tiene actualmente registro en la UE y que en otras como tomate, esta siendo fuertemente reducido su LMR como también en la UE.
- Altos niveles de residuos del insecticida Metamidofos en lechuga alcanzando los máximos en la IV Región de 8,45 mg/kg; en la R.M. 4,81mg/kg; en la VI Región 22 mg/kg y en la VII Región 3,76 mg/kg. A nuestro juicio esta situación es muy grave en Chile, debido a que i.a. de acuerdo al Codex Alimentarius a julio 2007, no debiera tener registro en nuestro país.
- Problemas con la Resolución Exenta 581 del año 1999 del Ministerio de Salud, que establece los Límites Máximos de Residuos de plaguicidas químicos permitidos en alimentos de consumo interno,

actualmente vigente y que se basa en las Recomendaciones de abril de 1997 del Comité de I Codex Alimentarius sobre residuos de plaguicidas , los cuales a la fecha han sido cambiados por el Codex, se detectó por ejemplo diferencias entre el Codex Alimentarius y la Resolución Exenta 581, en lo que se refiere a lechuga y repollo en relación al insecticida metamidofos.

- Diferencias entre los productos registrados por el SAG para determinadas especies, las cuales no están permitidas por la Resolución Exenta 581, ni por el Codex Alimentarius, como es el caso de Metamidofos en tomate, espinaca.

CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DE FUNGICIDAS

Paulina Sepúlveda R.

Ing. Agrónomo M.Sc.

INIA – La Platina

7.1. PRINCIPALES ENFERMEDADES PRESENTES EN LOS SISTEMAS HORTÍCOLAS

De acuerdo a una encuesta realizada a 304 agricultores de diversas regiones del país, a continuación se detallan los resultados por región y especie:

Primera Región: tomate al aire libre

Los resultados de la encuesta indicaron que hubo alta incidencia de enfermedades en tomate al aire libre en el valle de Azapa. Así, del total de agricultores encuestados, un 31% indicó que el cultivo no tuvo incidencia de enfermedades y un 69% restante refirió daños evidentes por esta causa.

Las enfermedades presentes durante la temporada de producción de tomate al aire libre en el Valle de Azapa, corresponden en orden de importancia a *Botrytis*, *Phytophthora*, Nemátodos, Oidio y Cancro bacteriano. Los agricultores realizan aplicaciones de fungicidas empleando la dosis recomendada en la etiqueta del producto según los ingredientes activos de su formulación y la forma de aplicación, correspondió a aspersión simultánea de los productos con el apoyo de bomba activada con tractor.

Cuarta Región: apio, lechuga, tomate al aire libre y papa

Los agricultores encuestados que producen estas especies, se encuentran ubicados en el Valle del Elqui y Limarí.

Apio. Las principales enfermedades detectadas por los agricultores fueron *Botrytis*, *Septoria* y Oidio.

Tomate al aire libre. Las enfermedades detectadas correspondieron a *Botrytis*, Oidio, Tizón, *Fulvia* y Raíz corchosa.

Lechuga. Las principales enfermedades detectadas fueron *Botrytis*, Mildiu, Tizón, Peca bacteriana y Oidio.

Papa. La totalidad de los agricultores encuestados señaló que la papa tuvo incidencia de dos enfermedades en forma simultánea durante el desarrollo del ciclo del cultivo. Entre las enfermedades presentes, la más frecuente fue Tizón y luego Oidio.

Quinta Región: tomate y pimiento bajo invernadero

Tomate. El 100% de agricultores encuestados informaron la incidencia entre una a cuatro enfermedades durante el ciclo del cultivo. Según los antecedentes de los agricultores encuestados, las enfermedades de mayor incidencia en tomate de invernadero fueron: el Oidio, *Botrytis* y Cancro.

Pimiento. Las principales enfermedades presentes en este cultivo fueron *Botrytis*, Tizón, *Phytophthora*, Oidio y *Fusarium*.

Región Metropolitana: tomate al aire libre, cebolla, repollo, lechuga y espinaca

Tomate al aire libre. Los resultados de la encuesta mostraron que las enfermedades que afectaron al tomate al aire libre fueron Tizón, *Botrytis* y Antracnosis.

Cebolla. Todos los agricultores encuestados señalaron, que se observó la presencia de enfermedades en el cultivo de la cebolla. Roya, Oidio, Mildiú y *Botrytis*, se presentaron en forma simultánea durante el ciclo del cultivo.

Lechuga. Las enfermedades que afectaron a mayor cantidad de productores de lechuga de la RM fueron *Cercospora* y Oidio, en menor proporción *Fusarium*, *Sclerotinia*, *Phytium*, *Virosis* y Mildiú.

Repollo. El 100% de los agricultores encuestados, informó que la enfermedad que afectó al repollo fue *Botrytis*.

Espinaca. Las enfermedades que afectan son principalmente son Roya, Mildiu y *Botrytis*.

Sexta y Séptima Región: tomate al aire libre, lechuga y repollo

Tomate al aire libre. Los productores de tomate al aire libre, informaron que hubo incidencia de varias enfermedades causadas por hongos fitopatógenos y también bacterias durante el desarrollo del ciclo del cultivo. Las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos que se presentaron con mayor frecuencia fueron: Tizón temprano y Tizón tardío. Además, hubo incidencia de *Botrytis*, *Alternaria* y *Phytophthora*.

Repollo. Las enfermedades que se repitieron con más frecuencia entre los agricultores encuestados, fueron Mildiú y Tizón. Además *Botrytis* y *Alternara*. Antracnosis y Oidio, fueron de menor incidencia en el cultivo de repollo.

Muchos de los problemas patológicos no concuerdan con la literatura nacional como se aprecia a continuación, donde se detallan las principales enfermedades de los cultivos hortícolas de acuerdo a Latorre (2004) y observaciones de la autora:

Tomate

Nombre enfermedad	Agente causal
Tizón de la flor	<i>Botrytis cinerea</i>
Fulvia o Mildiu	<i>Fulvia fulva</i>
Raíz corchosa	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>
Cancro bacteriano	<i>Clavibacter michiganensis</i>
Necrosis medular	<i>Pseudomona corrugata</i>
Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>
Tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i>
Hongos de suelo	<i>Fusarium sp, Pythium sp, Rhizoctonia sp</i> y otros
Virosis	Virus del mosaico del pepino (CMV), Virus del mosaico de la alfalfa (AMV), Virus del bronceado del tomate (TSWV) entre otros.

Cebolla

Nombre enfermedad	Agente causal
Pudrición gris del cuello	<i>Botrytis alli, Botrytis cinerea</i>
Mildiu	<i>Peronospora destructor</i>
Polvillo o roya	<i>Puccinia alli</i>
Pudrición blanca	<i>Sclerotium cepivorum</i>
Hongos del suelo	<i>Fusarium sp, Pythium sp, Rhizoctonia sp</i> y otros

Papa

Nombre de Enfermedad	Agente causal
Tizón de la flor	<i>Botrytis cinerea</i>
Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>
Tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i>
Oidio	<i>Erysiphe cichoracearum</i>
Marchitez bacteriana de la papa	<i>Ralstonia solanacearum</i>
Hongos del suelo	<i>Fusarium sp, Pythium sp, Rizoctonia sp</i> y otros
Virosis	Virus Y de la papa (PVY), Virus X de la papa (PVX), Calico (AMV) entre otros

Lechuga

Nombre de Enfermedad	Agente causal
Pudrición gris	<i>Botrytis cinerea</i>
Mildiu veloso	<i>Bremia lactuce</i>
Pudrición blanca	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Hongos del suelo	<i>Fusarium sp</i> , <i>Pythium sp</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> y otros
Virosis	Virus del mosaico de la lechuga (LMV), Virus del mosaico del pepino (CMV), Virus del bronceado del tomate (TSWV), Virus de la vena ancha (LBBV) entre otros

Espinaca

Nombre de Enfermedad	Agente causal
Mildiu	<i>Peronospora spimaceae</i>
Hongos del suelo	<i>Fusarium sp</i> , <i>Pythium sp</i> , <i>Rhizoctonia sp</i> y otros
Virosis	Virus del mosaico del pepino (CMV), y otros

Apio

Nombre de Enfermedad	Agente causal
Esclerotiosis	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Septoriosis	<i>Septoria apiicola</i> Speg
Virosis	Virus del mosaico del pepino (CMV), Virus del mosaico del apio (CeMV) entre otros.

Esto se contrapone en varios casos con lo mencionado por agricultores en una encuesta realizada.

7.2. CARACTERIZACIÓN DEL USO Y MANEJO DE FUNGICIDAS POR ESPECIE HORTÍCOLA Y REGIÓN

Con el fin de caracterizar el uso y manejo de fungicidas en las especies y regiones seleccionadas el primer año del proyecto, se realizó una encuesta en terreno, cuyo objetivo fue conocer el uso y manejo de

ellos por los agricultores para el control de las enfermedades en las hortalizas involucradas en cada Región del estudio. Esta información, fue relevante para el posterior muestreo de tejidos vegetales y la detección de fungicidas por métodos químicos de diagnóstico. En este boletín técnico, se presenta un consolidado sobre la frecuencia de uso de los fungicidas utilizados por los agricultores encuestados en cada Región y especie del estudio.

Los antecedentes disponibles en relación al uso y manejo de fungicidas entregados por los agricultores adolecen de falta de acuciosidad técnica, en donde no existe clara identificación de las enfermedades.

Al analizar la información por frecuencia de uso de grupos químicos por Región, se encontró que en todas las Regiones menos la RM, se destaca un mayor uso del ingrediente activo (i.a.) del grupo Acilalaninas. En la RM en tanto, se observó un mayor consumo de i.a. del grupo químico Ditiocarbamatos (**Cuadro 1**).

Los resultados de las encuestas con respecto al uso de los grupos químicos en los cultivos hortícolas, en forma independiente de la Región donde fue cultivada, permite observar que en tomate tanto al aire libre como en invernadero, el grupo mas frecuente fue Acilalanina, seguido por Ditiocarbamatos y Benzimidazoles. En la otra especie de fruto comestible de invernadero como el pimiento, se encontró también que el grupo químico de mayor frecuencia fue Acilalanina. En especies de hojas, se observó que en lechuga, se destaca el uso de i.a. del grupo

Cuadro 1. Porcentaje de grupos químicos de fungicidas de mayor frecuencia de uso por agricultores en las regiones del estudio.

Plaguicida	Grupo químico	Regiones					
		I	IV	V	VI	VII	RM
		%					
Fungicidas	Benzimidazoles	0	7	23	18	21	8
	Acilalaninas	13	67	38	26	32	18
	Ditiocarbamatos	6	4	13	12	4	29
	Ácido cinámico/ Ditiocarbamato	0	11	0	0	0	0
Número de encuestas		16	53	64	57	56	65

Acilalaninas, en cambio en espinaca el de mayor frecuencia corresponde a Ditiocarbamatos. En especies donde se consume el tallo como el apio, los resultados indican una mayor frecuencia de uso del grupo químicos Acilalaninas. En bulbos, el grupo químico de mayor frecuencia de uso fueron Ditiocarbamatos, Acido cinámico/Ditiocarbamatos. En tubérculos, según los agricultores, el grupo químico con mayor frecuencia de uso fue Acilalaninas (**Cuadro 2**). En términos generales los grupos químicos utilizados por los agricultores están en directa relación con las principales enfermedades de las especies hortícolas (**Figura 1**).

En tomate al aire libre en la I Región, se encontró que las enfermedades presentes en este cultivo fueron *Botrytis* y Tizón y en la V Región se observó presencia de Oidio.

Cuadro 2. Porcentaje de grupos químicos de mayor frecuencia de uso por los agricultores encuestados en las especies hortícolas en el país.

Plaguicida	Grupo químico	Tomate	Tomate	Lechuga	Repollo	Espinaca
		aire libre	invern.	%		
Fungicidas	Benzimidazoles	14	13	18	25	0
	Acilalaninas	28	23	44	16	0
	Ditiocarbamatos	14	7	9	8	43
	Acido cinámico/ Ditiocarbamato	0	3	2	0	29
Número de encuestas		72	30	89	51	7

Continuación cuadro 2.

Plaguicida	Grupo químico	Apio	Cebolla	Pimiento	Papa
		%			
Fungicidas	Benzimidazoles	0	5	13	0
	Acilalaninas	63	11	38	70
	Ditiocarbamatos	0	47	25	0
	Acido cinámico/ Ditiocarbamato	0	47	0	10
Número de encuestas		8	19	8	20

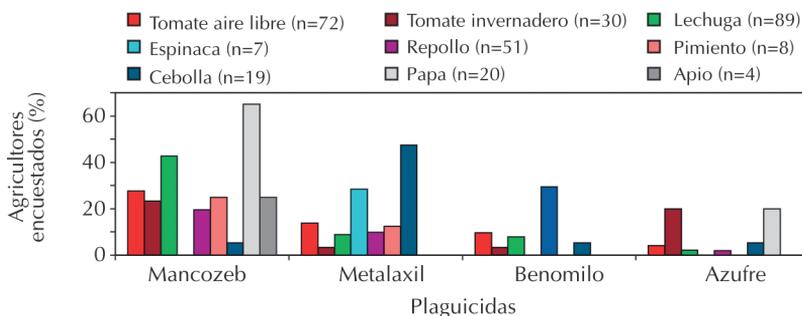


Figura 1. Frecuencia de Uso (%) de i.a. de Fungicidas por especie estudiada.

Para el control de estas enfermedades, en la I Región el i.a. más utilizado correspondió a Azufre. Los resultados de la encuesta mostraron que en la zona central (RM y VI) los i.a. con mayor frecuencia de uso para el control de enfermedades según los agricultores fueron Mancozeb y Metalaxil. En la producción de tomate bajo invernadero (V Región), los resultados de la encuesta mostraron que los agricultores utilizan una diversa gama de i.a. en el control de enfermedades e informaron que las enfermedades que afectan al cultivo son *Botrytis*, Tizón y Oidio, esta última enfermedad fue de alta incidencia.

Para el control de enfermedades en tomate (*Botrytis*, Oidio y Tizón) en la IV Región, se observó el uso de Mancozeb y Microbutanil, del total de agricultores encuestados alrededor de un 54 y 31%, respectivamente señaló que utilizó estos i.a.

Los fungicidas Mancozeb, Benomilo se utilizaron en lechuga en cada Región para el control de las enfermedades más comunes en esta especie que fueron: *Botrytis*, Mildiu y Tizón entre otras.

El repollo es uno de los cultivos que se encuentra en casi la mayoría de las Regiones del estudio y se señala afectado principalmente por Mildiu, *Alternaria*, *Botrytis*, Tizón y Oidio. Los fungicidas más utilizados fueron Metalaxil, Benomilo y Mancozeb. De acuerdo a lo informado por los agricultores, en apio las enfermedades fueron *Botrytis*, *Septoria* y Oidio. Para su control se utilizó Mancozeb, Sulfato de Estreptomycina y Propiconazole en la IV Región. En la RM, en tanto además se utilizó Captan.

En los cultivos de espinaca y cebolla sólo se estudiaron en la RM y de acuerdo a lo informado por los agricultores, las enfermedades que afectan a espinaca son principalmente: Roya, Mildeu y *Botrytis*, y para su control se utilizó preferentemente Dimetomorf/Mancozeb y Metalaxil.

En el caso de la cebolla, lo informado por los agricultores con respecto a enfermedades fue que se presentan con mayor frecuencia Roya, Oído, Mildiú y *Botrytis*. Para su control se utilizaron i.a. de fungicidas como Dimetomorf/Mancozeb, Metalaxil, y Mancozeb.

De acuerdo a lo informado por los agricultores encuestados en pimiento bajo plástico, las enfermedades más comunes fueron: *Botrytis*, Tizón, *Phytophthora*, Oídio y *Fusarium* y se encontró que aplicaron entre 1 a 3 i.a. para el control de estas enfermedades.

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE FUNGICIDAS EN TEJIDO COMESTIBLE

Paulina Sepúlveda R.

Ing. Agrónomo M.Sc.

INIA – La Platina

8.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE GRUPOS QUÍMICOS E INGREDIENTES ACTIVOS DE FUNGICIDAS

Los criterios de selección para determinar los i.a. de fungicidas para ser analizados para residuos en tejido comestible fueron los siguientes:

- a) Conocimiento por parte del experto fitopatólogo de la alta frecuencia de uso del i.a. en cada especie hortícola.
- b) Enfermedades presentes en los cultivos y moléculas utilizadas (**Cuadro 1**).
- c) Se seleccionó de acuerdo a lo informado por los agricultores en el muestreo (Alto grado de coincidencia entre el conocimiento de frecuencia de uso por parte del experto y la información de aplicación entregada por el agricultor en el momento del muestreo de órganos comestibles de cada especie vegetal).
- d) Se consideró la molécula para análisis cuando el número de muestras fuese igual o superior a 4. Número de muestras menores por cultivo no se consideraron.
- e) El ingrediente activo (i.a.) fue analizado sólo en los cultivos en que fue nombrado en las muestras de tejidos.
- f) Alto grado de coincidencia entre el conocimiento de frecuencia de uso por parte del experto y la información de aplicación entregada por el agricultor en el momento del muestreo de órganos comestibles de cada especie vegetal.

g) De acuerdo a la declaración de venta de los fungicidas (i.a). Es importante mencionar que para calcular el porcentaje de ventas, se sustrajo el valor de ventas de azufre, fungicida que ocupa el mayor porcentaje de ventas en todas las regiones y que distorsiona los resultados de los otros ingredientes activos.

Cuadro 1. i.a. de fungicidas a analizar, según especie hortícola y enfermedad foliar y/o patógeno.

Cultivo	Enfermedad foliar y/o patógeno	Ingrediente activo controla*	Ingrediente activo aplicado	Ingrediente activo seleccionado
Tomate al aire libre	Alternaria	Mancozeb Clorotalonil Captan Benomilo Tebuconazole+ Triadimenol Thiuram Metalaxil	Mancozeb Metalaxil Benomilo	Captan Mancozeb
	Botrytis	Tebuconazole Benomilo Dicloran Mancozeb Clorotalonil Metalaxil Iprodione Captan		
	Phytophthora	Clorotalonil Fosetyl Aluminio Mancozeb Metalaxil Thiuram		
	Fulvia	Piperazina		
	Oidio	Tebuconazole Folpet Triadimefon Benomilo Difenoconazole Myclobutanil		
Tomate Invernadero	Alternaria	Mancozeb Clorotalonil Captan Benomilo Tebuconazole+ Triadimenol Thiuram Metalaxil	Mancozeb Metalaxil Benomilo Dimetomorf/ Mancozeb	Mancozeb
	Botrytis	Tebuconazole Benomilo Dicloran Mancozeb Clorotalonil Metalaxil		

Cultivo	Enfermedad foliar y/o patógeno	Ingrediente activo controla*	Ingrediente activo aplicado	Ingrediente activo seleccionado
Tomate Invernadero	Botrytis	Iprodione Captan	Mancozeb Metalaxil Benomilo Dimetomorf/ Mancozeb	Mancozeb
	Phytophthora	Clorotalonil Fosetyl Aluminio Mancozeb Metalaxil Thiuram		
	Fulvia	Piperazina		
	Oidio	Tebuconazole Folpet Triadimefon Benomilo Difenoconazole Myclobutanil Pyrimetanil		
Apio	Septoriosis	Tiofanato-Metil Ferbam Mancozeb Benomilo	No Aplican	Mancozeb
Repollo	Alternaria	Mancozeb Clorotalonil Captan Benomilo Tebuconazole+ Triadimenol Thiuram Metalaxil Oxido Cuproso Oxicloruro de Cobre	Benomilo Mancozeb Metalaxil Oxicloruro de Cobre Triadimefon Propiconazole Azufre	Mancozeb
	Mildiu	Fosetil Aluminio Mancozeb Folpet Benalaxil/mancozeb Clorotalonil Metalaxil Metiram complejo		
Lechuga	Botrytis	Tebuconazole Benomilo Dicloran Mancozeb Clorotalonil Metalaxil Iprodione Captan	Mancozeb Metalaxil Benomilo Captan Dimetomorf/ Mancozeb Azufre Tiofanato metil	Mancozeb
	Viruela	Clorotalonil		
	Mildiu	Fosetil Aluminio Mancozeb Folpet Benalaxil/mancozeb Clorotalonil Metalaxil Metiram complejo		

Cultivo	Enfermedad foliar y/o patógeno	Ingrediente activo controla*	Ingrediente activo aplicado	Ingrediente activo seleccionado
Pimiento	Antracnosis	Tiofanato-Metil Mancozeb Benomilo Captan Clorotalonil	Mancozeb Metalaxil Difeconazole Benomilo	Mancozeb
	Alternaria	Mancozeb Clorotalonil Captan Benomilo Tebuconazole+ Triadimenol ThiuramMetalaxil Oxido Cuproso Oxicloruro de Cobre		
	Botrytis	Tebuconazole Benomilo Dicloran Mancozeb Clorotalonil Metalaxil Iprodione Captan		
	Phytohphthora	Clorotalonil Fosetyl Aluminio Mancozeb Metalaxil Thiuram		
	Oidio	Tebuconazole Folpet Triadimefon Benomilo Difenoconazole Myclobutanil Pyrimetaniil		
Espinaca	Mildiu	Fosetil Aluminio Mancozeb Folpet Benalaxil/mancozeb Clorotalonil Metalaxil Metiram complejo	Metalaxil Dimetomorf/ Mancozeb Ciproconazole	Mancozeb
Cebolla	Mildiu	Fosetil Aluminio Mancozeb Folpet Benalaxil/mancozeb Clorotalonil Metalaxil Metiram complejo	Metalaxil Mancozeb Azufre Benomilo	Mancozeb
	Roya	Mancozeb Triadimefon		
Papas		Mancozeb Clorotalonil Captan Benomilo		

Cultivo	Enfermedad foliar y/o patógeno	Ingrediente activo controla*	Ingrediente activo aplicado	Ingrediente activo seleccionado
Papas	Alternaria	Tebuconazole +Triadimenol Thiuram Metalaxil Oxido Cuproso Oxicloruro de Cobre	Mancozeb Azufre	Mancozeb
	Phytophthora	Clorotalonil Fosetyl Aluminio Mancozeb Metalaxil Thiuram		
	Oidio	Tebuconazole Folpet Triadimefon Benomilo Difenoconazole Myclobutanil Pyrimetanil		

* Manual Fitosanitario 2006-2007, AFIPA.

* Los i.a. seleccionados para análisis se encuentran en negritas.

En el **Cuadro 2**, se resumen las ventas y ponderación para Captan y Mancozeb como i.a. seleccionados para los años 2001-2003, haciendo un consolidado de venta de todos los fungicidas que contenían la molécula en estudio. Cabe señalar que los porcentajes de Captan están influido por la venta de productos en mezcla con azufre. En las **Figuras 1 y 2**, se muestra la variación de los i.a. elegidos en este estudio, por año y región, los mayores porcentajes de ventas se observan para Mancozeb.

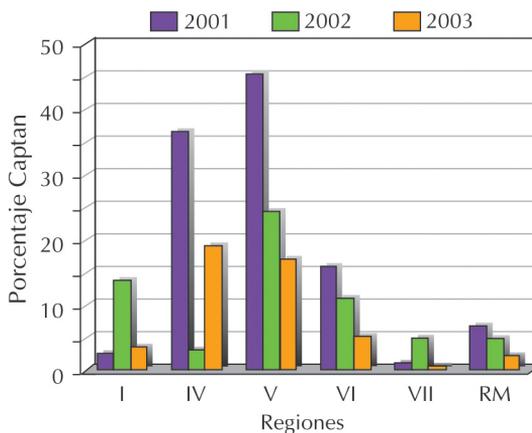


Figura 1.
Porcentaje de ventas por año del i.a. Captan.

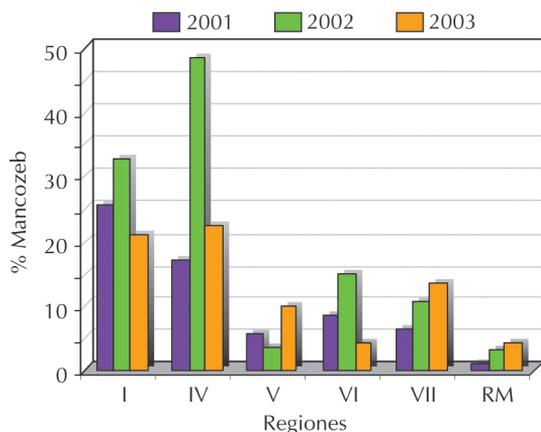


Figura 2. Porcentaje de ventas por año del i.a. Mancozeb.

Cuadro 2. Volúmenes y Porcentaje de ventas totales para Captan y Mancozeb por año y regiones.

Años	Regiones	Fungicidas (volúmenes totales kg o lt)		Fungicidas (% ventas totales)****	
		Captan*	Mancozeb**	Captan	Mancozeb
2001	I	363,00	3269,90	2,85	25,72
2001	IV	63392,30	29675,93	36,77	17,21
2001	V	104460,96	13241,92	45,51	5,77
2001	VI	111557,16	60886,45	15,88	8,66
2001	VII	16141,32	79578,79	1,32	6,53
2001	RM	282901,70	41402,87	6,85	1,00
2002	I	8,00	19,00	13,91	33,04
2002	IV	1582,52	23834,83	3,22	48,48
2002	V	96726,00	13987,00	24,57	3,55
2002	VI	104451,50	140054,96	11,28	15,12
2002	VII	41993,88	92252,54	4,89	10,74
2002	RM	195378,00	127098,77	5,25	3,42
2003	I	238,00	1316,00	3,79	20,95
2003	IV	29388,00	34789,82	19,11	22,63
2003	V	29529,00	17940,00	17,03	10,35
2003	VI	61704,32	50966,89	5,54	4,58
2003	VII	13791,51	243097,98	0,79	13,85
2003	RM	34955,00	65334,41	2,31	4,32

* Valores incluyen ventas de: Azufre/Captan, Captan, Captan/Azufre e Iprodione/Captan.

** Valores incluyen ventas de: Benalaxil/Mancozeb, Cimoxanil/Mancozeb, Dimetomorf/Mancozeb. Mancozeb y Oxicloruro de cobre/Mancozeb.

*** Porcentajes de ventas totales sobre el total de ventas de región descontando azufre.

8.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE RESIDUOS DE FUNGICIDAS POR ESPECIE HORTÍCOLA

Ingrediente activo Mancozeb

Considerando que en Chile no existe información completa disponible sobre los límites máximos de residuos (LMR) para todas las especies consideradas en el proyecto, fue necesario tomar información de otros países y es así como en el **Cuadro 3** se señala los valores de LMR por países.

Cuadro 3. Límite máximo de residuos (LMR) de Mancozeb exigido por los países para diferentes hortalizas.

Cultivo	Mancozeb LMR (ppm)**			
	España	Argentina	USA	Codex
Apio	0,5	3	5	
Cebolla	0,5	0,5	0,5	
Espinaca	0,05	3		
Lechugas	5			
Papas	0,05	0,1	1	
Pimiento	2	3		
Repollo	1	5		
Tomate	3	3	4	

Actualizado abril 2007;

** LMR no establecido o anteriores revocados

En el **Cuadro 4**, se señala los resultados para el análisis de residuos de Mancozeb en apio, cebolla, espinaca, lechuga, papa, pimiento, repollo y tomate para las diferentes regiones. En él se observa el número de muestras positivas por especie y región. Del total de 317 muestras analizadas, un 17% resultó positivas al fungicida. En las muestras de apio, cebolla, papa y pimiento, no se encontraron residuos del ingrediente analizado. También se señala el número de muestras por rango, encontrándose un 23,6% de las muestras positivas sobre los LMR permitidos de acuerdo al Cuadro 3, lo cual indica que los productores aplicaron el producto en forma incorrecta no respetando los tiempos de carencia requeridos. Sin embargo, al hacer un análisis de los resultados y correlacionarlos con lo informado por los agricultores al mo-

Cuadro 4. Número de muestras positivas a residuos del ingrediente Mancozeb, por cultivo y región.

Cultivo	Región	Número Muestras Totales	Número Muestras Positivas	Número Muestras Positivas por categoría a ingrediente Mancozeb (ppm)			
				Trazas	< 0,3	0,3-5	> 5
Apio	IV	4	0	-	-	-	-
Apio	R.M.	4	0	-	-	-	-
Cebolla	R.M.	21	0	-	-	-	-
Espinaca	R.M.	7	4	-	-	3	1
Lechuga	IV	14	3	-	-	1	2
Lechuga	V	22	3	-	-	2	1
Lechuga	R.M.	20	5	-	-	3	2
Lechuga	VI	18	7	-	-	6	1
Lechuga	VII	18	6	-	-	4	2
Papa	IV	20	0	-	-	-	-
Pimiento	V	8	0	-	-	-	-
Repollo	V	18	3	1	-	2	-
Repollo	R.M.	2	0	-	-	-	-
Repollo	VI	9	3	2	-	1	-
Repollo	VII	9	1	1	-	-	-
Tomate	I	33	3	1	1	1	-
Tomate	IV	13	4	2	-	2	-
Tomate	V	18	0	-	-	-	-
Tomate	VI	30	8	7	1	-	-
Tomate	VII	19	4	3	1	-	-
Tomate	RM	10	1	-	1	-	-
Total	317	55	16	4	24	10	

mento de la toma de muestra, es posible señalar que no existe correlación entre lo informado por el agricultor y la presencia del i.a. en la muestra, debido a que el 73,9% de las muestras positivas no hubo información por parte del agricultor en señalar que se había aplicado el i.a. Mancozeb.

En el **Cuadro 5**, se señala los porcentajes de muestras positivas por región y cultivo. Se observa que existe un porcentaje de muestras cercanas al 20% especialmente en espinaca y 33% en lechuga y 14% en repollo, que se encuentran sobre los rangos permitidos. Esto significa que los agricultores aplicaron el fungicida no respetando los tiempos de carencia. De acuerdo a los resultados obtenidos, los valores más

Cuadro 5. Porcentaje de muestras positivas a residuos del ingrediente activo Mancozeb, por cultivo y región.

Cultivo	Región	Número Muestras Totales	Porcentaje	Porcentaje Muestras Positivas por categoría a ingrediente Mancozeb (ppm)			
				Trazas	< 0,3	0,3-5	> 5
Apio	IV	4	0	-	-	-	-
Apio	R.M.	4	0	-	-	-	-
Cebolla	R.M.	21	0	-	-	-	-
Espinaca	R.M.	7	57,1	-	-	42,9	14,3
Lechuga	IV	14	21,4	-	-	7,1	14,3
Lechuga	V	22	13,6	-	-	9,1	4,5
Lechuga	R.M.	20	25,0	-	-	15,0	10,0
Lechuga	VI	18	38,9	-	-	33,3	5,6
Lechuga	VII	18	33,3	-	-	22,2	11,1
Papa	IV	20	0,0	-	-	-	-
Pimiento	V	8	0,0	-	-	-	-
Repollo	V	18	16,7	5,6	-	11,1	-
Repollo	R.M.	2	0,0	-	-	-	-
Repollo	VI	9	33,3	22,2	-	11,1	-
Repollo	VII	9	11,1	11,1	-	-	-
Tomate	I	33	9,1	3,0	3,0	3,0	-
Tomate	IV	13	30,8	15,4	-	15,4	-
Tomate	V	18	0,0	-	-	-	-
Tomate	VI	30	26,7	23,3	3,3	-	-
Tomate	VII	19	21,1	15,8	5,3	-	-
Tomate	RM	10	10,0	-	10,0	-	-
Total	317	17,4	5,0	1,3	7,6	3,2	-

altos registrados en lechuga se encontraron en muestras de la IV Región con 100 mg/Kg; en la RM con 37,0 mg/kg y en la V Región con 31,5 mg/kg. Para espinaca, los valores más altos se encontraron en la RM con 16,2 mg/kg. (Cuadro 6).

De los resultados de los análisis de residuos de Mancozeb realizados en las diferentes hortalizas, parece evidente que los agricultores utilizan el fungicida y en algunos cultivos como lechuga y espinaca (principalmente), las aplicaciones del producto están por sobre lo permitido, lo cual representa un peligro para la salud de los consumidores (Cuadro 6).

Cuadro 6. Detalle de los sitios en que se detectó Mancozeb (mg/kg) por especie.

Ubicación/ Localidad	Cultivo	Región	Valor muestra Mancozeb mg/kg	LMR (España) Mancozeb (ppm)	LMR (Codex) Mancozeb (ppm)
Central Lo Vargas	Espinaca	RM	0,52	0.05	-
Chile Nuevo	Espinaca	RM	0,50	0.05	-
Chile Nuevo	Espinaca	RM	16,2	0.05	-
Lampa	Espinaca	RM	4,55	0.05	-
Pan De Azúcar	Lechuga	IV	20,8	5	-
Pan De Azúcar	Lechuga	IV	100	5	-
Pan De Azúcar	Lechuga	IV	3,32	5	-
Reina Sur	Lechuga	RM	8,21	5	-
Reina Sur	Lechuga	RM	3,66	5	-
Lampa	Lechuga	RM	0,33	5	-
Lampa	Lechuga	RM	37,0	5	-
Liray	Lechuga	RM	2,4	5	-
San Pedro	Lechuga	V	0,39	5	-
San Pedro	Lechuga	V	31,5	5	-
Troncal	Lechuga	V	0,60	5	-
Cailloma	Lechuga	VI	0,87	5	-
Cailloma	Lechuga	VI	2,66	5	-
Hijuela de la Viña	Lechuga	VI	0,69	5	-
Camino Cailloma	Lechuga	VI	0,47	5	-
Panquehue	Lechuga	VI	1,81	5	-
Panquehue	Lechuga	VI	14,26	5	-
Atajo	Lechuga	VI	0,52	5	-
Miraflores	Lechuga	VII	5,97	5	-
El Peumo	Lechuga	VII	1,48	5	-
Parcela San José	Lechuga	VII	3,67	5	-
Pirque	Lechuga	VII	0,82	5	-
El Olivar	Lechuga	VII	3,32	5	-
Fdo. Santa María	Lechuga	VII	6,19	5	-
San Pedro	Repollo	V	tr	1	-
San Pedro	Repollo	V	0,99	1	-
San Pedro	Repollo	V	0,42	1	-
Chimbarongo	Repollo	VI	1,09	1	-
Patagua	Repollo	VI	tr	1	-
Olivar	Repollo	VI	tr	1	-
San Clemente, Talca	Repollo	VII	tr	1	-

Continuación cuadro 6.

Ubicación/ Localidad	Cultivo	Región	Valor muestra Mancozeb mg/kg	LMR (España) Mancozeb (ppm)	LMR (Codex) Mancozeb (ppm)
Arica	Tomate	I	0,34	3	5
Juan Noe, Arica	Tomate	I	0,25	3	5
Casa Grande, Arica	Tomate	I	tr	3	5
Los Litres, Monte	Tomate	IV	tr	3	5
Los Litres, Monte	Tomate	IV	tr	3	5
Sataqui	Tomate	IV	0.46	3	5
El Espinal	Tomate	IV	0.31	3	5
Sta Filomena, Colina	Tomate	RM	0,26	3	5
Alto del Río, Qta Tilcoco	Tomate	VI	tr	3	5
La Torina, Pichidegua	Tomate	VI	tr	3	5
Toquihua	Tomate	VI	tr	3	5
Toquihua, SVTT	Tomate	VI	tr	3	5
Zuñiga, Zúñiga	Tomate	VI	tr	3	5
Zuñiga, Zúñiga	Tomate	VI	0,18	3	5
El Manzano, Zuñiga	Tomate	VI	tr	3	5
Tunca El Molino	Tomate	VI	tr	3	5
Parc. 35, Maule	Tomate	VII	tr	3	5
Fdo Las Tejas, San Clemente	Tomate	VII	tr	3	5
Callejones, Maule	Tomate	VII	tr	3	5
Camino Pelarco, Pelarco	Tomate	VII	0,23	3	5

tr = trazas

En la **Figura 3**, se señala el porcentaje de muestras positivas por región y cultivo.

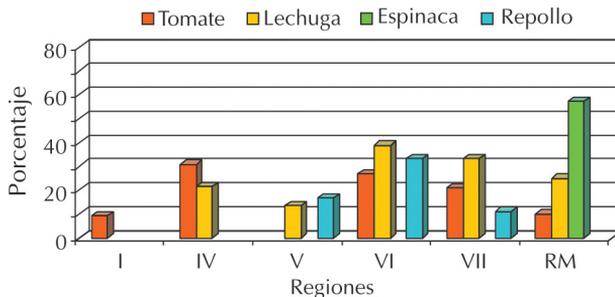


Figura 3. Porcentajes de muestras positivas a Mancozeb por especie y región.

Al realizar un análisis de las diferentes especies con respecto a sobrepasar los LMR, se observó que un 33,3% de las muestras de lechuga se encuentra sobre el LMR como se observa en el **Cuadro 7**. En ninguna de las muestras de tomate se encontró residuos de Mancozeb, mientras en el 100% de las muestras de espinaca se encontraron valores por sobre el LMR. Para repollo fue una muestra que equivale al 14,3%.

Cuadro 7. LMR para Mancozeb en Lechuga en todas las regiones del país.

Cultivo	Región	Valor muestra Mancozeb (mg/kg)	LMR (España) Mancozeb (ppm)	LMR (Codex) Mancozeb (ppm)
Lechuga	IV	20,8	5	-
Lechuga	IV	100	5	-
Lechuga	IV	3,32	5	-
Lechuga	RM	8,21	5	-
Lechuga	RM	3,66	5	-
Lechuga	RM	0,33	5	-
Lechuga	RM	37	5	-
Lechuga	RM	2,4	5	-
Lechuga	V	0,39	5	-
Lechuga	V	31,5	5	-
Lechuga	V	0,6	5	-
Lechuga	VI	0,87	5	-
Lechuga	VI	2,66	5	-
Lechuga	VI	0,69	5	-
Lechuga	VI	0,47	5	-
Lechuga	VI	1,81	5	-
Lechuga	VI	14,26	5	-
Lechuga	VI	0,52	5	-
Lechuga	VII	5,97	5	-
Lechuga	VII	1,48	5	-
Lechuga	VII	3,67	5	-
Lechuga	VII	0,82	5	-
Lechuga	VII	3,32	5	-
Lechuga	VII	6,19	5	-

Conclusiones

- Los resultados de los análisis de residuos del i.a. Mancozeb, señalaron niveles por sobre lo permitido en varias muestras, lo cual representa un problema para la salud. Es importante señalar que no existe correlación entre lo detectado en las muestras y lo señalado por los agricultores. La causa de ello podría ser un desconocimiento de los agricultores de los productos aplicados o también omisión en la información entregada.
- Los resultados de las encuestas refleja que los agricultores consideran el empleo de control químico para disminuir la incidencia de las enfermedades en sus hortalizas en diferente porcentaje dependiendo de la región y cultivo. Es así como el 100% de los agricultores de lechuga, apio y papa de la IV Región utilizan fungicidas, como también el 100% de lechuga espinaca y cebolla de la Región Metropolitana y el 100% de los cultivos de tomate en la VI y VII Regiones. El menor porcentaje de empleo de fungicidas fue 40% en lechugas de la VI Región.
- Las encuestas reflejaron que existe un conocimiento de las enfermedades que afectan las diferentes hortalizas en las distintas regiones del país. Sin embargo, muchas de ellas no concuerdan con la literatura respecto al problema que aqueja a los cultivos. Esto significa que es fundamental y necesario hacer una capacitación extensiva a todos los agricultores hortícola, de tal modo de clarificar cuales son los problemas fitopatológicos que afectan los cultivos y cual es el mejor ingrediente activo para el control.
- Los resultados de las encuestas con respecto al uso de los grupos químicos en los cultivos hortícolas, en forma independiente de la Región donde fue cultivada, permite concluir que en tomate tanto al aire libre como en invernadero, el grupo más frecuentemente utilizado fue Acilalanina, seguido por Ditiocarbamatos y Benzimidazoles. En la otra especie de fruto comestible de invernadero como el pimiento, se encontró también que el grupo químico de mayor frecuencia fue Acilalanina. En especies de hojas, se observó que en lechuga, se destaca el uso de i.a. del grupo Acilalaninas, en cambio

en Espinaca el de mayor frecuencia corresponde a Ditiocarbamatos. En especies donde se consume el tallo como el apio, se observa una mayor frecuencia de uso del grupo químicos Acilalaninas. En bulbos, el grupo químico de mayor frecuencia de uso fué Ditiocarbamatos y Ácido cinámico/Ditiocarbamatos. En tubérculos, según los agricultores, el grupo químico con mayor frecuencia de uso fue Acilalaninas. En términos generales los grupos químicos utilizados por los agricultores están en directa relación con las principales enfermedades de las especies hortícolas señaladas por ellos mismos.

- Finalmente, se debe señalar que existe conocimiento por parte de los agricultores de la existencia de una serie de ingredientes activos que son utilizados en diversa medida dependiendo del cultivo y región para el control de enfermedades. Sin embargo, sólo un 1.3% utiliza 6 a 7 i.a., mientras que un 65% de los agricultores encuestados utiliza entre 1 y 3 i.a. para el control de las enfermedades en sus hortalizas. Los i.a. más frecuentemente utilizados fueron Mancozeb, Metalaxilo y Benomilo. Esto concuerda plenamente con los fungicidas más vendidos en el país.

INGREDIENTE ACTIVO CAPTAN

Considerando que en Chile no existe información completa disponible sobre los límites máximos de residuos (LMR) para ninguna de las especies consideradas en el proyecto, fue necesario tomar información disponible en el extranjero y es así como en el **Cuadro 8** se señala los valores de LMR para hortalizas en España.

Los resultados de los análisis de residuos para tomate en las diferentes regiones del país señalaron que de un total de 140 muestras no se encontraron residuos en ninguna de ellas (**Cuadro 9**).

El Límite de cuantificación = 0.06 mg/kg y el Límite de detección es = 0.02 mg/kg.

Cuadro 8. Límite máximo de residuos (LMR) de Captan para hortalizas en España.

Cultivo	CAPTAN LMR España ppm
Papas	0.1
Cebollas	0.1
Tomates	3
Pimientos	0.1
Repollo	0.1
Espinaca	0.1
Lechuga	2

Cuadro 9. Resultados para Captan en muestras de tomate en diferentes regiones del país.

Región	Número de muestras	Valor muestra Captan (mg/kg)
I	33	ND
IV	13	ND
V	28	ND
VI	38	ND
VII	19	ND
RM	9	ND
Total	140	ND

El Límite de cuantificación = 0.06 mg/kg y el Límite de detección es = 0.02mg/kg.

Conclusiones

Los resultados del análisis no reflejaron presencia de residuos de Captan en las muestras de tomate, lo cual significa que el producto fue utilizado por los productores para el control de enfermedades, respetando las indicaciones de tiempo de carencia y dosificación.

CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DE HERBICIDAS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS

*Juan Ormeño N.
Ing. Agrónomo Ph.D.
INIA - La Platina*

9.1 COMPORTAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE HERBICIDAS EN EL MEDIO AGUA, SUELO Y VEGETACIÓN

El uso de pesticidas tanto en Chile como a nivel mundial ha crecido de manera importante desde la década de los 80 en adelante, aunque es considerablemente mayor en el caso de los herbicidas, especialmente aquellos usados en cereales, fruticultura y silvicultura. Esto ha llevado a que en los últimos años, se ha prestado atención al movimiento que pueden experimentar los pesticidas aplicados en los suelos agrícolas tanto hacia aguas subterráneas como superficiales.

Los pesticidas pueden llegar al agua a través de tres vías principales:

1. Derrames accidentales, en los cuales llegan grandes cantidades de pesticida, usualmente en altas concentraciones. Entran al agua superficial causando accidentes mayores.
2. Contaminación referida como problemas agudos causados por el uso descuidado de los pesticidas como pulverizando sobre cursos de agua o ductos de drenaje, desplazamiento directo de sectores aplicados y por descuido en el lavado de las maquinarias y en el descarte de envases. Los niveles de contaminación por esta forma suelen ser considerables, pero son generalmente atenuados por el factor dilución. Un manejo adecuado reduce considerablemente el riesgo.

3. Lixiviados del suelo, los que llegan al agua superficial o subterránea y que corresponde al lavado de moléculas del pesticida y sus productos de degradación a través de un período largo de tiempo. Los niveles de pesticidas que contribuye la lixiviación son generalmente bajos pero, bajo ciertas circunstancias, pueden ser suficientes para concentrarse en las aguas como para exceder los límites tolerados.

Todos los pesticidas poseen un riesgo potencial de contaminación ambiental, porque ellos son por estructura y funcionamiento, químicos tóxicos. En Chile no existen normas de concentración admisible en cuerpos de agua, como es el caso de Europa y Norteamérica, donde los valores máximos permitidos son de 0,1 mg μ -1. Los compuestos mayoritariamente problemáticos y que han sido encontrados con mayor frecuencia son los herbicidas Atrazina, Simazina así como insecticidas aplicados al suelo del grupo de los Carbamatos y Cloropropanos. Estos compuestos se han detectado en concentraciones que superan los 1 mg μ -1 en acuíferos superficiales tanto en Europa como en EEUU. Las concentraciones de pesticidas específicos que son típicamente encontrados en muestras de agua, son generalmente bajas y raramente llegan a superar la barrera de las 10 mg μ -1. Se debe señalar que el tratamiento convencional a que se somete el agua potable es pobre en cuanto a remoción de muchos de los pesticidas, especialmente de aquellos más solubles, debido a que estos sistemas no fueron diseñados con este propósito.

Los sistemas de agua subterráneas son generalmente caracterizados por tasas reducidas flujo de materiales químicos. El tiempo de respuesta de pozos con aguas profundas a la entrada de elementos polucionantes de la superficie es del orden de décadas. Esta respuesta más bien lenta, significa que la determinación del pesticida en muestras sacadas mediante bombeo provee de una inadecuada indicación de la calidad del agua subterránea. Para medir adecuadamente y determinar el origen de la contaminación, se necesita datos obtenidos en tres dimensiones de la distribución subsuperficial de los pesticidas en el perfil, especialmente en la zona insaturada de los acuíferos.

Movilidad de herbicidas en el perfil de suelo.

Los factores que significativamente afectan la lixiviación de pesticidas desde el suelo son: 1. Dosis y métodos de aplicación empleados, 2. solubilidad en agua de la molécula formulada y 3. movilidad en la solución suelo y, 4. tasa de degradación en el suelo que posean los ingredientes activos.

La movilidad generalmente se expresa como el Coeficiente de Partición del compuesto en relación al carbón orgánico (Koc) y la degradabilidad por el suelo en términos de la vida media (días). Existe una alta cantidad de información y que se pueden encontrar en citas referenciales. Sin embargo, estos datos están generalmente relacionados a suelos orgánicos, fértiles y ricos en arcillas. La movilidad y persistencia de una molécula puede ser mucho mayor en el suelo de los acuíferos pues ellos contienen una fracción mucho menor de minerales arcillosos y materia orgánica, además de una población bastante más reducida de microorganismos.

El transporte de solutos a través de la matriz insaturada de los acuíferos se sabe ocurre a tasas de 0,5 a 1,5 m por año. Como la mayoría de los compuestos plaguicidas se han utilizado por menos de 10 a 20 años, la mayoría de los pesticidas lixiviados de suelos agrícolas se esperarían que permanecieran inmóviles en la zona insaturada, excepto en áreas con altas napas freáticas. Sin embargo, de acuerdo a la naturaleza irregular y fracturada de los acuíferos, junto con sus características hidráulicas específicas, existe una alta probabilidad de flujo preferencial en los macroporos o fisuras, sobrepasando la matriz. El flujo preferencial es difícil de probar y cuantificar pero, si está presente, permitiría un transporte de los polucionantes y una menor retardación por adsorción, reacciones químicas y degradación de las moléculas.

El muestreo de flujos preferenciales o mayores es dificultoso. Investigar los pesticidas en la zona insaturada presenta dificultades extras tanto de muestreo como de análisis, porque la cantidad de compuestos utilizados en agricultura es bastante numerosa. Asimismo, no resulta fácil de obtener volúmenes adecuados en las muestras para alcanzar

los límites analíticos de detección, así como el extremo cuidado y manejo que se debe tener de estas muestras antes de analizarlas.

Aguas superficiales generalmente contienen la mayor diversidad de pesticidas y junto con los herbicidas, fungicidas como Carbendazim e insecticidas como Cypermethrin, también se han detectado. La cantidad de pesticidas que pueden alcanzar las aguas superficiales es considerablemente mayor luego de lluvias intensas y bajo sistemas de riego que impliquen arrastre superficial de sedimentos.

Los pesticidas y en particular los herbicidas, se pueden encontrar en el agua potable o bebestible de fuentes naturales como consecuencia del uso legítimo y generalmente adecuado que se hace tanto en el sector agrícola como no agrícola. Sin embargo, los pesticidas tienen una mala imagen pública y su presencia en las aguas, aun en pequeñas cantidades, es considerada por el público no solamente como innecesaria sino que totalmente indeseable. Existe la convicción de que ellos son elementos polucionantes y que están presentes como consecuencia de actividades que en lo absoluto están vinculadas con las fuentes acuíferas mismas. Sin embargo, desde el ámbito científico se ha indicado que pretender que existe un gran riesgo para la salud a las concentraciones que actualmente se han encontrado o bien implicar que cualquier concentración por sobre el valor estándar establecido de 0,1 mg L⁻¹, indefectiblemente causará daño a la salud humana, resulta irresponsable e infundado.

Herbicidas aplicados al suelo.

En el **Cuadro 1**, se presenta un listado de todos los herbicidas actualmente disponibles en el mercado chileno que, tanto aplicados al suelo como al follaje, poseen una actividad significativa en el suelo, herbicidas también llamados suelo-activos. Estos herbicidas debido a sus propiedades físico-químicas, pueden permanecer en el suelo en forma activa por tiempos variables que pueden ir de algunos días hasta más de un año. En el Cuadro 1, ellos se ordenan en cada uno de los cultivos donde son utilizados, indicando además el tipo o forma como ellos son aplicados en el terreno y el rango de dosis de ingrediente activo en que es utilizado.

Cuadro 1. Herbicidas del tipo suelo-activos empleados en cultivos en Chile. Fuente Manual AFIPA 2006-2007.

Ingrediente activo	Cultivos	Tipo aplicación	Dosis i.a. kg, g o L/ha
EPTC	Porotos	PSI	3,3-4,2
	Maravilla	PSI	2,5
	Maíz	PSI	4,1-5,0
Linuron	Porotos Arvejas Lupino	Pre, Post	0,5-1,7
	Maravilla Papas	Pre Post	1,0-1,7
	Cebollas, ajos	Pre,Post	0,4-0,75
Metolacoloro	porotos maíz remolacha	PSI	1,4-1,9
Trifluralina	porotos arvejas maravilla		
	tomate raps cebolla, ajos	PSI	0,5-1,2
	Frutales, vides, berries	PSI	1,0-2,4
Pendimetalina	porotos arvejas papas tomates	PSI,Pre	1,0-1,6
	cebollas, ajos	Pre,Post	1,0-1,6
	Frutales, vides, berries forestales	Pre	1,0-1,6
Metribuzina	lupino tomates papas	Post	0,25-0,75
Simazina	lupino	Pre	1,0-2,0
	Frutales, vides, forestales	Pre	2,0-4,0
Alaclor	maravilla	PSI	1,4-2,8
	maíz	PSI	1,9-3,8
Iodosulfurón	trigo, avena, cebada	Post	150
Metsulfuron-metil	trigo, avena, cebada	Post	4,8 g
Picloram	praderas	Post	0,1-0,15
Triasulfurón	trigo, avena, cebada	Post	7,5 g
Bensulfurón-metil	arroz	Post	60-72
Cyclosulfamurón	arroz	Post	49
Pirazosulfurón-etil	arroz	Post	22,5 g
Molinate	arroz	Pre, Post	7,0-10,0
Atrazina	maíz	Pre,Post	1,5-2,0
Cyanazina	maíz	Pre,Post	1,5-2,0
Acetocloro	maíz	PSI	1,5-2,1
Nicosulfurón	maíz	Post	52
Halosulfurón	maíz	Post	75-150
Cloridazon	remolacha	PSI	1,3-3,25
Lenacil	remolacha	PSI	0,6-1,2
Metabenzthiazuron	papas	Post	2,1-2,8
	cebollas, ajos	Pre,Post	1,4-2,1
Napropamida	tomates Frutales, vides,	Pre	18,0-27,0
Oxadiazon	cebolla, ajos Frutales, vides,	Pre,Post	0,5-0,75
Oxifluorfen	cebolla, ajos Frutales,		
	vides, forestales	Pre,Post	0,12-0,24
Diurón	alfalfa, frutales, vides	Pre	1,5-2,5

Continuación Cuadro 1.

Ingrediente activo	Cultivos	Tipo aplicación	Dosis i.a. kg, g o L/ha
Flumetsulam	alfalfa ;praderas	Post	40
Imazetapir	alfalfa	Post	106
Propizamida	alfalfa	Post	1,0-1,5
Aminotriazol	Frutales, vides, berries	Post	4,0-6,0
Oryzalin	Frutales, vides, subtropicales	Pre	1,6-2,4
Terbutizalina	Frutales, vides, Forestales	Pre	2,0-2,5
Hexazinona	Forestales	Post	1,8-3,6
Carbofuran (Insect.)	Hortalizas, papas, maíz, etc.	PSI	1,0-2,0
Aldicarb (Insect.)	Hortalizas, papas, maíz, etc.	PSI	1,5-2,2

PSI = Aplicado de pre siembra y luego incorporado al suelo mecánicamente o a través del riego.

Pre = Aplicado de pre emergencia del cultivo.

Post = Aplicado sobre el follaje emergido de cultivo y malezas.

En el **Cuadro 2**, se presenta los mismos herbicidas incluidos en el Cuadro 1, pero en cada uno de ellos se indica las características físico-químicas que se emplean para evaluar el potencial de contaminación de aguas. Estos son los valores de solubilidad en agua (ppm) que posee el herbicida y que indican la habilidad del producto formulado de solubilizarse en agua una vez aplicado al suelo. El otro parámetro incluido en el Cuadro 2, es el llamado Coeficiente Adsorción o Koc, valor que indica la tendencia que tiene el compuesto para adsorberse o adherirse electromagnéticamente a las partículas del suelo. Este valor es una medida del grado de retención que ejerce el suelo sobre el producto una vez aplicado y que, junto con la solubilidad, resulta de gran utilidad para poder predecir su potencial de escurrimiento en solución en las aguas tanto subterráneas como superficiales. Valores de Koc menores de 500, indican que el ingrediente activo posee poca o nula capacidad de adsorción y, por ende, el herbicida posee un potencial mayor para lixiviar en el suelo.

La vida media en el suelo es una medida de la persistencia como tal del ingrediente activo una vez aplicado y es expresada en número de días necesarios para reducir a la mitad la concentración inicial en que fue aplicado el producto. Finalmente, en la última columna del Cuadro 2, se indica una apreciación referencial del potencial de contaminación de aguas y que es el que fue usado por el extenso estudio realizado por la

Cuadro 2. Solubilidad en agua mg/L o ppm, Coeficiente de Adsorción (Koc), Vida media del ingrediente activo en el suelo (días) y estimaciones referenciales de contaminación de agua.

Ingrediente activo	Solubilidad en agua (mg/L)	Coef. de adsorción Koc	Vida media (días)	Contaminación agua
Acetocloro	223	ND	56-84	Baja
Alaclor	242	170	8	Baja
Aminotriazol	280.000	100	14	Media
Atrazina	28	100	+ 360	Alta
Bensulfurón-metil	2,9-120	ND	11-143	Baja
Cloridazon	400	ND	ND	
Cyanazina	171	190	14-63	Media
Cyclosulfamurón	ND	ND	ND	ND
Diurón	42	480	30-360	Media
EPTC	375	200	6-32	Baja
Hexazinona	33.000	54	30-180	Alta
Imazetapir	0,14	11-31	ND	Baja
Lenacil	6	ND	ND	Baja
Linuron	81	400	30-150	Media
Metabenzthiazuron	59	ND	ND	Baja
Metolaclo	530	200	15-70	Media
Metribuzina	1.050	60	30-120	Media
Metsulfuron-metil	2.790	NA	14-180	Baja
Molinate	880	190	5-21	Media
Napropamida	73	700	56-84	Baja
Nicosulfurón	1,2g/100g	15-78	26-63	Baja
Oryzalin	2,5	600	20-128	Baja
Oxadiazon	0,7	ND	90	Baja
Oxifluorfen	0,1	100.000	30-40	Baja
Pendimetalina	0,3	5.000	40	Baja
Picloram	430	16	20-300	Media
Pirazosulfurón-etil	14,4	ND	ND	Baja
Propizamida	15	800	60	Baja
Simazina	5	130	28-149	Media
Terbutizalina	8,5	ND	30-90	Baja
Triasulfurón	1.500	ND	ND	Baja
Trifluralina	<1	8.000	45-320	Baja

Coeficiente de Adsorción. Koc = concentración adsorbido/concentración disuelto % carbono orgánico en el suelo

Koc menores de 500 indica poca o nula capacidad de adsorción y, por ende, el herbicida posee un potencial para lixiviarse en el suelo.

ND. No disponible.

National Water Quality Assessment Program (NAWQA), en donde por varios años se midió los niveles de residuos de todos los pesticidas empleados en la agricultura y otras actividades en aguas subterráneas y superficiales a través de todos los estados de Estados Unidos.

En el **Cuadro 3**, se seleccionó los herbicidas que potencialmente y de acuerdo a sus características físicas - químicas representan un mayor riesgo de contaminación de las aguas sobre la base de los parámetros arriba descritos. De esta forma, ellos fueron seleccionados como potencialmente contaminantes de agua debido a: (1) su alta solubilidad en el agua del suelo, (2) Coeficientes de Adsorción (Koc) menores de 500 pues este valor que indica la tendencia que tiene el compuesto para quedar adsorbido a las partículas coloidales del suelo y (3) la vida media en el suelo en donde los pesticidas que tienen la tendencia a poseer una mayor vida media fueron los considerados más peligrosos como potenciales contaminantes esto debido a que pueden permanecer por más tiempo activos en suelo y, por ende, estar disponible por un mayor tiempo en suelo para moverse en forma activa hacia capas inferiores del perfil. El cuarto elemento considerado en la selección de pesticidas, fue el grado de riesgo del producto que tiene a nivel de estudios similares realizados en otros países, y que es usado referencialmente en la literatura sobre contaminación de aguas subterráneas.

Si bien es cierto, todos los pesticidas presentados en el Cuadro 3 presentan un riesgo de contaminación, porque alguna de las características físico químicas del pesticida le permitirían potencialmente llegar a los acuíferos con relativa mayor facilidad que otros, la extensión de la superficie ocupada por los cultivos en donde ellos son empleados así como la dosis empleada y la frecuencia de su uso, juegan un rol clave en la determinación de su potencial de contaminación de aguas.

Ingredientes activos susceptibles a percolar a napas más profundas.

Atrazina. Al sobreponer esta información sobre las diferentes cuencas estudiadas y de acuerdo a la superficie cultivada en cada una de ellas con cultivos en donde estos se utilizan, se puede deducir que los pes-

Cuadro 3. Herbicidas suelo-activos empleados en cultivos en Chile. Selección realizada sobre la base hidrosolubilidad (>5mg/L), Valores de Koc (<500) y de valores de vida media mayores a 30días.

Ingrediente activo	Cultivos	Rango dosis i.a. kg, g o L/ha	Hidrosolubilidad mg/L	Coef. adsorción Koc	Vida media días	Contaminación agua
Linuron	Porotos, Arvejas, Lupino, maravilla, Papas, Cebollas, ajos	0,4-1,7	81	400	30-150	Media
Metolacoloro	Porotos, Maíz, Remolacha	1,4-1,9	530	200	15-70	Media
Metribuzina	Lupino, Tomates, Papas	0,25 - 1,9	1.050	60	30-120	Media
Simazina	Lupino, Frutales, Vides, Subtropicales, Forestales	0,25-4,0	5	130	28-149	Media
Picloram	Alfalfa, Praderas	0,1-0,15	430	16	20-300	Media
Atrazina	Maíz	1,5-2,0	28	100	+ 360	Alta
Cyanazina	Maíz	1,5-2,0	171	190	14-63	Media
Nicosulfurón	Maíz	52	1.200	15-78	26-63	Baja
Diurón	Alfalfa, Frutales, Vides, Subtropicales, Forestales	1,5-2,5	42	480	30-360	Media
Hexazinona	Forestales	1,8-3,6	33.000	54	30-180	Alta

ticidas que potencialmente tendrán una mayor posibilidad de contaminar difusamente las aguas superficiales así como subterráneas son los herbicidas de las familias de las triazinas. Entre ellos el que aparece como más importante es el herbicida Atrazina, producto utilizado in-

tensamente en el cultivo del maíz en la zona central. Este es un cultivo altamente tecnificado y que se explota bajo riego, ya sea en forma tradicional con riego por surco o bien con pivote y se ubica en sectores donde existe una alta concentración de población rural como son los valles de la Región Metropolitana, la VI Región y en ciertos sectores de la VII Región. En este sentido, debiera ponerse énfasis en aguas de pozos ubicados en sectores tradicionalmente maiceros de estas regiones pues el uso prolongado de atrazina y que ya fácilmente alcanza las dos décadas, y particularmente debido al intenso monocultivo que se hace de este cultivo en estas zonas, convierten a este herbicida residual en un candidato particularmente importante como elemento contaminador de aguas subterráneas. En sentido opuesto, dado el carácter secundario que tiene el maíz para grano en el resto de las cuencas hidrográficas, no debieran existir riesgos mayores de contaminación en los valles de las otras Regiones.

Nombres comerciales: Gesaprim 90 wg; Anatraxina 500 f; Atranex 50sc; Atrazina 500 sc; Atrazina 90 df Primagran 500 fw (metolaclo).r).

Las características de degradación de los respectivos i.a. de estos herbicidas, se aprecian en Anexo en CD.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESIDUOS DE HERBICIDAS DETECTADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS

Juan Ormeño N.

Ing. Agrónomo Ph.D.

Stella Moyano A.

Químico Laboratorista M.Sc.

INIA – La Platina

TEMPORADA 2004-2005

Metodología general de muestreo de aguas para detección de plaguicidas

Lugares de muestreo. Para la detección específica de los residuos de plaguicidas en aguas, se eligió las cuencas del río Mapocho en la RM y las del río Cachapoal y Tinguiririca en la VI Región. El río Mapocho se muestreó desde sus inicios en la precordillera andina (blanco de río) hasta la unión con el río Maipo en el sector de El Monte, y las cuencas del Cachapoal y Tinguiririca desde la cordillera (blanco de río), hasta inmediatamente antes de desembocar al lago Rapel en las cercanías del pueblo de Pataguas.

La selección de los lugares, se realizó sobre la base de cuatro criterios (1) de cuenca, para lo cual se seleccionó cuencas hidrográficas representativas en cada una de las dos regiones cubiertas por el proyecto, (2) Distribución y ubicación de pozos profundos de acuerdo al catastro de la CNR, y (3) ubicación geográfica de acuerdo a la posición dentro de cada subcuenca. Es por ello, que se estimó tres categorías: alto, medio bajo dependiendo si se encontraba ubicada en el primer, segundo y tercer tercio del recorrido del curso de agua hasta llegar al punto de unión con otra subcuenca o cuenca hidrográfica. El cuarto

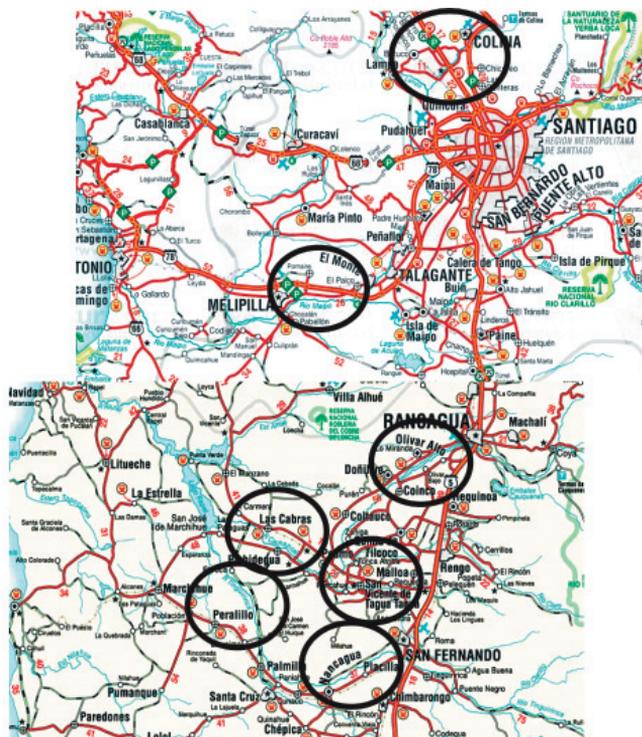


Figura 1. Puntos de Muestreo de Aguas para plaguicidas en la RM y VI Región años 2004/5 y 2005/6.

criterio (4), consistió en ubicar lugares que hubiesen sido incluidos dentro de la encuesta a los agricultores obtenida el mismo año, como parte de este proyecto.

En cada cuenca, además de las muestras de pozos profundos, se procedió a tomar muestras de agua en el curso del río en superficie tanto en sectores de cordillera como de precordillera andina, asumiendo esos lugares como cero geográfico o referenciales para cada una de las cuencas muestreadas aguas abajo.

Muestreo de pozos. En cada pozo, las muestras se colectaron desde la primera salida masiva del ducto, tratando de estar lo más cercano posible al tubo elevador de agua. En cada muestreo, se dejó correr el agua al menos tres minutos, independientemente si estos estaban en

uso o temporalmente detenidos. La muestra, se extrajo en cada sitio colocando el frasco de vidrio en la misma salida del flujo. Los ductos de salida de los pozos profundos, tenían todos un diámetro que oscilaba entre 90 y 120 mm, por lo cual la fuerza de salida y volúmenes de agua emergiendo, fueron en todos los casos de consideración. De manera que sólo bastó poner el jarro al costado del chorro por unos segundos para obtener la muestra completa.

Una vez lleno el jarro de 2 litros de capacidad, se procedió a cubrir la boca del frasco con una película de papel aluminio y luego, se procedió a sellar, cubriendo la entrada del frasco con la tapa de vidrio provista en su borde de una goma para sellado hermético. Una vez cerrados los frascos, se procedió a identificar el sitio de muestreo y la muestra misma, georeferenciando el lugar del pozo. En seguida, se rotuló los frascos y se llenó una planilla individual con todos los datos físicos del lugar y condiciones específicas relativas al tipo de tuberías, acumuladores, profundidad, entre otros.

Los frascos fueron envueltos con plástico especial de embalaje (con vesículas de aire) y luego se dispusieron en coolers plásticos de 30 L de capacidad, cada uno con 5 "icepacks" para mantener la temperatura lo más baja posible durante el período de traslado de las muestras. En cada día de colecta, se obtuvo un máximo de ocho muestras, porque ese fue el número máximo que posteriormente se podía procesar en el laboratorio de residuos de pesticidas de INIA en La Platina. Las muestras se trasladaron desde el punto de muestreo al laboratorio dentro del pick up cubierto de una camioneta y en todos los casos se realizó durante el mismo día de efectuado el muestreo.

Las muestras de agua llegaron al laboratorio en envases de vidrio de dos litros en cooler con ice-pack, rotulados e identificados. La literatura indica preservantes en caso de que las muestras tengan cloro, como son las de agua potable, y en otros casos si tuvieran materia orgánica, a estas muestras de aguas no se les agregó ningún preservante. Una vez inscritas en el libro de registro, la extracción se realizó inmediatamente.

Método de extracción: Las muestras de agua de 1,0 L se colocaron en un embudo de decantación y se adicionó sulfato de sodio anhidro,

grado pesticida (pr). Se agitó y luego se extrajo dos veces con diclorometano (pr), los dos extractos se pasaron a través de sulfato de sodio anhidro pr pero en polvo. Se colectó el filtrado en un balón de destilación y se evaporó el solvente en un evaporador rotatorio con vacío. Antes de llegar a sequedad, se adicionó hexano, dos veces y se llevó a casi sequedad. Se enrasó la muestra a 2 ml con metil-ter-butil éter (MTBE), guardándose la muestra en viales de vidrio en congelador a <math> < 20^{\circ}\text{C}</math> hasta analizarlas por los cromatógrafos. Las muestras se concentraron 500 veces para aumentar la sensibilidad del método.

Cromatografía: Para los análisis de agua, se usó dos tipos de cromatógrafo de gases (GC). (1) GC Perkin Elmer Auto System XL con detector de captura electrónica (ECD); columna DB1 de 30m x 053mm x 1.5um; temperaturas: 200/250/380°C; Gases: helio como gas de arrastre y argón/metano en make up. El GC con detector EC originalmente incluido en el proyecto tuvo que ser reemplazado por otro igual traído desde Chillán (INIA - Quilamapu). (2) GC Perkin Elmer 8600 con detector nitrógeno-fósforo (NPD), con perla de rubidio; columna 4%SE-30 / 6% SP- 2401 de 2m x 2mm; temperaturas: 200/240/240°C; Gases: nitrógeno, aire y generador de hidrógeno. Los porcentajes de recuperación obtenidos en agua fortificada y límites de cuantificación de ingredientes activos cuantificados se presentan en el **Cuadro 1**.

Resultados. Durante los meses de octubre a diciembre de 2004, se realizó un total de 41 muestreos de pozos profundos de los cuales 10 se efectuaron en la RM y 31 en la VI Región. Los principales resultados obtenidos con los análisis de las muestras colectadas se presentan en el **Cuadro 2**.

De las 41 muestras analizadas, un 24,4% (10 muestras), fueron consideradas positivas de acuerdo a los análisis realizados con el cromatógrafo de gases con detector de captura electrónica (CG-DCE), un 14,6% (6 muestras) con el cromatógrafo de gases con detector NP (CG-NPD). En el caso de la VI Región y donde se realizó el mayor número de muestreos, un 22,6% (7 muestras) fueron positivas con DCE y sólo 16,1% (5 muestras) con NPD. En el Cuadro 2, las muestras consideradas positivas se indican destacadas con el número 1 y las muestras consideradas negativas, están representadas con valor 0.

Cuadro 1. Porcentajes de recuperación obtenidos en agua fortificada y límites de cuantificación de ingredientes activos cuantificados en laboratorios.

Compuesto	Adición (ug/L)	% de recuperación	Límite de detección (ug/L)
Acetoclor	0,98	88,4	0,060
Alaclor	0,82	100,0	0,016
Aldrín	0,20	89,2	0,004
Alfa-BHC	0,08	100,0	0,003
Atrazina	5,40	98,7	0,270
Butaclor	3,90	92,3	0,072
Captan	0,40	100,0	0,008
Clorotalonil	0,20	89,1	0,004
Clorpirifos	0,44	96,9	0,025
Delta-BHC	0,23	96,4	0,005
Dicofol	2,10	97,1	0,040
Dimetoato	0,22	70,2	0,013
Endrín	0,40	94,1	0,008
Ethion	2,20	100,0	0,018
Etil Paratión	1,00	83,7	0,010
Fenitrotion	0,90	92,3	0,039
Kresoxim Metil	1,00	104,0	0,100
Metil Paration	1,00	100,0	0,011
Metolaclor	1,00	98,7	0,180
Norflurazon	3,90	90,4	0,076
O,p-DDE	0,42	100,0	0,008
O,p-DDT	0,60	90,0	0,012
Oxifluorfen	0,20	96,0	0,020
P,p-DDE	0,40	99,0	0,008
Pirimifos	1,00	88,5	0,011
Propaclor	5,92	95,0	0,090
Simazina	2,70	98,1	0,520
Triadimefon	0,50	94,1	0,016
Trifluralin	0,60	85,0	0,012

De las 12 muestras enviadas para confirmación con cromatógrafo de gases con detector de masa (CG-Masa), sólo tres resultaron positivas y se pudo individualizar la presencia de un compuesto, dos en la RM y una en la VI Región. Los límites mínimos de cuantificación de plaguicidas determinados en muestras de aguas se presentan en el **Cuadro 3**.

Cuadro 2. Detección de residuos de plaguicidas con Cromatógrafo de Gases (CG) equipados con detector de captura electrónica (DCE), detector nitrógeno fósforo (DNP) y detector de masa (MS) en muestras de aguas subterráneas colectadas en la RM y VI Región durante primavera-verano 2004.

Localidad o pueblo	Cuenca o sub cuenca	Posición cuenca	Región	CG-DCE	CG-DNP	CG-Masa	Compuesto
1 Pomaire	Mapocho	B	RM	1	1	1	Atrazina
2 Río blanco	Mapocho	O	RM	0	0	0	
3 Colina	Río Colina	A	RM	0	0		
4 Colina	Río Colina	A	RM	0	0		
5 Colina	Río Colina	A	RM	1	0	1	Propachlor
6 Colina	Río Colina	M	RM	0	0		
7 Lampa	Estero Lampa	M	RM	0	0		
8 Lampa	Estero Lampa	M	RM	1	0	0	
9 Lampa	Estero Lampa	M	RM	0	0		
10 Lampa	Estero Lampa	M	RM	0	0		
				3(30%)	1(10%)	2(20%)	
11 El Tambo	Cachapoal	M	VI	0	0		
12 Larmahue	Cachapoal	M	VI	0	0		
13 Loreto	Cachapoal	M	VI	0	0		
14 Loreto	Cachapoal	M	VI	0	0		
15 Loreto	Cachapoal	M	VI	1	1	0	
16 Pataguas	Cachapoal/Tin	B	VI	1	1	0	
17 Pataguas	Cachapoal/Tin	B	VI	0	0		
18 Pichidegua	Cachapoal	B	VI	0	0		
19 Pichidegua	Cachapoal	B	VI	0	0		
20 Zúñiga	Cachapoal	M	VI	0	0		
21 Zúñiga	Cachapoal	M	VI	0	0		
22 Quinta Tlco	Río Claro	M	VI	0	0		
23 Quinta Tlco	Río Claro	M	VI	0	0		
24 Rengo	Río Claro	A	VI	0	0		
25 Río blanco	Río Claro	O	VI	0	1	0	
26 Río blanco	Río Claro	O	VI	0	0		
27 Río blanco	Río Claro	O	VI	0	0		
28 San Vicente	Río Claro	M	VI	1	1	0	
29 Calleuque	Tinguiririca	M	VI	0	0		
30 Calleuque	Tinguiririca	M	VI	0	0		
31 Calleuque	Tinguiririca	M	VI	0	0		
32 Calleuque	Tinguiririca	M	VI	0	0		
33 El Huique	Tinguiririca	B	VI	1	0	0	
34 El Huique	Tinguiririca	B	VI	1	1	1	Dimetoato
35 Nancagua	Tinguiririca	M	VI	1	0	0	
36 Nancagua	Tinguiririca	M	VI	1	0	0	

Continuación cuadro 2

Localidad o pueblo	Cuenca o sub cuenca	Posición cuenca	Región	CG-DCE	CG-DNP	CG-Masa	Compuesto
37 Palmilla	Tinguiririca	B	VI	0	0		
38 Palmilla	Tinguiririca	B	VI	0	0		
39 Palmilla	Tinguiririca	B	VI	0	0		
40 Nancagua	Tinguiririca	M	VI	0	0		
41 Sta Cruz	Tinguiririca	M	VI	0	0		
Total VI R				7(23%)	5(16%)	1(3%)	
Total RM y VI R.				10(24%)	6(15%)	3(7%)	

Posición en la subcuenca. A = alta; M = media; B = baja; O = origen.

Cuadro 3. Referencia de límites mínimos de cuantificación de plaguicidas en muestras de aguas colectadas y analizadas en el estudio.

Compuesto	Límite mínimo cuantificación (ug/L)	Compuesto	Límite mínimo cuantificación (ug/L)
Acetoclor	0,0600	Fenitrotion	0,039
Alaclor	0,0160	Kresoxim Metil	0,100
Aldrín	0,0040	Metil Paration	0,011
Alfa-BHC	0,0027	Metolaclor	0,180
Atrazina	0,270	Norflurazon	0,076
Butaclor	0,072	o,p-DDE	0,008
Captan	0,008	o,p-DDT	0,012
Clorotalonil	0,004	Oxifluorfen	0,020
Clorpirifos	0,025	p,p-DDE	0,008
Delta-BHC	0,005	Pirimifos	0,011
Dicofol	0,040	Propaclor	0,090
Dimetoato	0,013	Simazina	0,520
Endrín	0,008	Triadimefon	0,016
Ethion	0,018	Trifluralin	0,012
Etil Paratión	0,010		

En filas en oscuro aparecen los herbicidas y en negrita los compuestos con los valores límites **mayores a 0,1 ug/L.**

CONCLUSIONES PRIMER AÑO

Se encontraron problemas en el muestreo: algunas muestras se presentaron coloreadas y otras con signos evidentes de residuos orgánicos.

Hubo problemas Analíticos en relación a:

- Interferencias del agua destilada: se extrajeron las muestras y simultáneamente se hicieron los blancos con agua destilada pero como falló el cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones fue necesario reemplazarlo por el descrito arriba. Sólo fue posible ver a tiempo el problema del agua destilada con la llegada del nuevo GC y que a pesar de haber enviado a mantención el destilador del laboratorio, continuaron las interferencias.
- Septas de viales inapropiados: para guardar los extractos de las muestras, se compraron viales con septas recubiertas con teflón. Por catálogo éstas eran las apropiadas para el solvente en que se enrasaron las muestras MTBE. Sin embargo, aunque guardadas a <20°C, el solvente prácticamente disolvió la película de teflón y las muestras pudieron tener contacto con la goma de la tapa, por lo cual se cambió a tubos de ensayo.
- Problemas con solvente MTBE indicado en el método: el trabajo con MTBE, que es un solvente neurotóxico, no fue adecuado para el enrase de las muestras, demasiado volátil. Se cambió a iso-octano por ser menos volátil y de menor toxicidad para los analistas.

La falta de GC-MS: la identificación de las muestras de agua que dieron positivas. Sin un equipo GC-MS se hace casi imposible, son demasiados los pesticidas que en las columnas salen al mismo tiempo de retención o muy cercanos. Por esta razón, se enviaron al GC-MS del Cepedeq de la U.de Chile, las muestras que eran positivas para la evaluación por masa, pero ellos abarcaron sólo un grupo de pesticidas faltando muchos otros.

TEMPORADA 2005-2006

Para la detección específica de los residuos de plaguicidas en aguas subterráneas, se eligió las mismas cuencas del río Mapocho en la RM y las del río Cachapoal y Tinguiririca en VI Región, tal como se realizó la

temporada anterior. La selección de los lugares, se realizó sobre la base de cuatro criterios (1) de cuenca hidrográfica representativa, (2) distribución y ubicación de pozos profundos de acuerdo al catastro de la CNR, (3) ubicación geográfica de acuerdo a la posición dentro de cada subcuenca, y (4) lugares que hubiesen sido incluidos dentro de la encuesta a los agricultores. El detalle de los criterios se puede obtener del primer informe de este proyecto.

En el segundo año de estudio, se realizó 36 muestreos de agua durante los meses de mayo, julio, agosto y noviembre de 2005, utilizando la metodología de recolección, manejo de muestras y análisis descrito en el primer informe. Se muestreó los mismos pozos del primer año, con especial énfasis en aquellos donde los análisis dieron resultados positivos y en algunos casos especiales, tratando de cubrir algunas áreas que no fueron muestreadas la primera vez. Las muestras se manipularon y prepararon de acuerdo a la metodología descrita en el primer año de recolección. Una vez preparadas las muestras congeladas a -30°C y se retiraron a medida que fueron analizándose.

Los análisis de las 41 muestras de pozos colectadas fueron realizados primeramente en INIA - La Platina durante el período de recolección. En estos análisis se empleó un Cromatógrafo de Gases (GC) equipado con un detector de captura electrónica (ECD). La columna empleada esta vez fue una columna de Agilent Technologies modelo DB-1 de 30 mts de largo x 0.53 mm espesor x 1.5 μm de diámetro.

El deterioro irrecuperable del Cromatógrafo de Gases con detector nitrógeno-fósforo (NPD), impidió realizar el análisis de chequeo o confirmación como se hizo la temporada anterior. Para poder compensar se tuvo que implementar una doble confirmación de la presencia de plaguicidas en las muestras, empleando detectores más finos y precisos como son los GC Masa. Estos análisis de confirmación fueron realizados en el SAG de Punta Arenas empleando las 41 muestras iniciales y por el SAG - Lo Aguirre en Santiago, empleando las muestras que habían resultado positivas con el GC ECD¹.

¹ *Se reconoce y agradece la gentil y desinteresada colaboración de los laboratorios del SAG Punta Arenas y Lo Aguirre, gesto que resulta digno de destacarse y, en nuestra opinión, es un ejemplo de profesionalismo y trabajo cooperativo muy destacable.*

Los análisis de muestras de agua efectuados en el SAG de Lo Aguirre se realizaron durante los meses de abril y junio de 2006 y el equipo GC-MS utilizado fue un Merk modelo CP 3800 con un detector Satur 2000 MS y una columna VF- 5 MS de 30 m de largo y diámetro 0,25mm – 0,25 μ m. La temperatura de operación fue de gradiente 20°C minuto hasta 300°C. Los análisis de muestras de agua efectuados en el SAG de Punta Arenas se realizaron durante los meses de noviembre 2005 y enero de 2006 y el equipo GC-MS utilizado fue un Perkin Elmer modelo Clarus 500, con un detector cuadrupolo y una columna Equito 5 supelco.

Resultados. Los principales resultados obtenidos de los análisis de muestras de aguas colectadas en la temporada 2005-2006 se presentan en forma resumida en el **Cuadro 4**. Las columnas donde se indican la presencia de ingredientes activos corresponden a (1) los análisis realizados en INIA - La Platina con Cromatógrafo de Gases con detector de captura electrónica (ECD), (2) análisis de confirmación SAG de Punta Arenas con Cromatógrafo de Gases detector Masa (MS), y (3) segundo análisis de confirmación SAG Lo Aguirre con Cromatógrafo de Gases detector Masa (MS).

De los casos de muestras positivas, 23 muestras dieron positivas de acuerdo al Cromatógrafo de Gases con detector de captura electrónica (ECD), 6 con el GC-Masa de Lo Aguirre y ninguna con el GC-Masa de Punta Arenas. Los resultados de estos análisis de confirmación se presentan agrupados en el Cuadro 4.

Muestras positivas de acuerdo a los análisis realizados con GC-ECD

De acuerdo a la columna específica utilizada en los análisis efectuados con el GC-ECD, los tiempos de retención para los ingredientes activos de las moléculas detectadas se presentan en el **Cuadro 5**.

Los resultados de los análisis realizados con el GC-ECD se expresan en los gráficos correspondientes con los tiempos de retención (TR) para cada uno de los ingredientes activos. Por razones de ilustración de la respuesta, los gráficos presentados tienen una escala menor que la usada en la detección donde las centésimas de segundo contaban para discriminar entre los ingredientes activos. De acuerdo a esto, las áreas

Cuadro 4. Muestras positivas de acuerdo al análisis realizado con Cromatógrafo de Gases con detector de captura electrónica (GC-ECD) y las confirmaciones realizadas con el GC-Masa de Lo Aguirre y GC-Masa de Punta Arenas.

Muestra N°	Lugar de muestreo	ECD INIA La Platina	MS SAG Punta Arenas	MS SAG Lo Aguirre*
181-05	Pichidegua, VI región	Alaclor BHC-Delta	ND	Alaclor BHC-Delta
182-05	Pichidegua, VI región	Alaclor BHC-Delta	ND	Alaclor BHC-Delta
183-05	El Tambo, El Tambo	Clorpirifos Metolaclor	ND	Clorpirifos
185-05	Santa Cruz VI Región	Aldrin Clorpirifos	ND	ND
186-05	Nancagua, VI región	Clorpirifos Metolaclor	ND	Clorpirifos
202-05	Calleque VI región	Aldrin Oxifluorfen	ND	ND
203-05	Calleque, VI región	Clorpirifos Clorotalonil	ND	Clorpirifos Clorotalonil
204-05	Calleque VI región	Oxifluorfen	ND	ND
205-05	Palmilla, VI región	Aldrin Metoxiclor	ND	ND
220-05	Calleque, VI región	Captan Endrin	ND	ND
222-05	Nancagua VI región	Captan Endrin PP'DDE	ND	ND
223-05	Nancagua VI región	PP'DDT	ND	ND
224-05	Nancagua VI región	Metoxiclor	ND	ND
225-05	Nancagua VI región	Methyl Parathion PP'DDT	ND	Methyl Parathion
232-05	Lampa RM	Ethyl Parathion	ND	ND

* Químico responsable de la evaluación por GC-MS, Sr Sergio Rojas, SAG- Lo Aguirre, Santiago.

** Químico responsable de la evaluación por GC-MS, Sra Solange Sillard, Laboratorio Regional de Diagnóstico y Análisis, SAG- Punta Arenas.

cercanas a los picos señalados con TR cercanos a 1,65 min y 6,02 min., deben ser analizados con cautela y considerar los análisis de confirmación de presencia del ingrediente activo con tiempos de retención muy cercano como única forma de verificar su presencia.

Conclusiones segundo año

De las 41 muestras analizadas, 15 resultaron positivas para la presencia de ingredientes activos mediante los análisis con GC-ECD. De estas 15 muestras positivas, sólo 6 fueron confirmadas por los análisis de GC-Masa Lo Aguirre y ninguna de ellas (incluidas las negativas) lo fueron por el GC-Masa de Punta Arenas.

Cuadro 5.

Ingrediente activo	Tiempo de retención en minutos
BHC delta	1,14
clorotalonil	1,21
alaclor	1,65
clorpirifos	2,09
metolaclor	2,11
etil paration	2,13
aldrin	2,20
metil paration	1,50
captan	2,50
PP DDE	3,85
oxyfluorfen	4,05
endrin	4,35
PP DDT	6,08
metoxiclor	9,33

Para estos análisis de aguas subterráneas donde las cantidades de las moléculas a determinar son extremadamente pequeñas, se hace necesario disponer de un GC-Masa, que actúe en paralelo con el cromatógrafo empleado para identificación de compuestos. La posibilidad de contaminación involuntaria de las muestras de agua, por ejemplo al tomar moléculas depositadas en las salidas de las cañerías por donde se colecta el agua, hace que si no se cuenta con un equipo GC-MS de confirmación inmediata, la detección se torna casi imposible de realizar. Esto es así porque son muchos los pesticidas y los reactivos que en las columnas de los GC tienen los mismos o muy cercanos tiempos de retención. Por esta razón, sólo las muestras que eran positivas para la evaluación por masa sólo se circunscribieron a un grupo de pesticidas, faltando aún muchos otros.

Los ingredientes activos confirmados en las cuencas de los ríos Tinguiririca y Cachapoal en la VI Región fueron el herbicida alaclor, los insecticidas BHC-Delta, clorpirifos, metil-paration, y el fungicida clorotalonil. Este año no fue posible detectar ingredientes activos en ninguna porción de la cuenca hidrográfica del valle del río Mapocho.

CONCLUSIONES GENERALES

La encuesta realizada a los productores hortícolas al inicio del proyecto, indicó un bajo uso de herbicidas en los cultivos, indicando una clara preferencia por herbicidas totales de tipo no selectivos. Junto a un bajo conocimiento de los herbicidas, se detectó una amplia desinformación en el reconocimiento de las especies de malezas por parte de los productores, así como fallas en la metodología de chequeo de la información entregada.

Los herbicidas suelo activos son los con mayores potenciales de causar contaminación de aguas y acuíferos subterráneos. Los más peligrosos pertenecen al grupo químico de las Triazinas (Atrazina, Metribuzina, Cianazina, Simazina, Hexazinona), Ureas (Linuron, Diuron) y Cloroacetoamidas (Metolaclo).

Usando el criterio de cuenca hidrográfica, durante dos años se muestrearon pozos profundos de la RM y VI Región para detectar residuos de plaguicidas. La falta de consistencia en los resultados junto con la necesidad de doble o triple chequeo con instrumentos mucho más precisos a los utilizados, no permitió determinar de manera concluyente la presencia de contaminantes de aguas y acuíferos subterráneos.

CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

Carlos Rojas-Walker

Ing. Agrónomo Ph.D.

Sergio González M.

Ing. Agrónomo M.Sc.

INIA – La Platina

11.1. FUENTES DE FERTILIZANTES NITROGENADAS EMPLEADAS EN LAS ESPECIES HORTÍCOLAS ESTUDIADAS

En la etapa de diagnóstico de este estudio, basado fundamentalmente en una encuesta de terreno aplicada a 304 agricultores distribuidos entre las Regiones I a VII, se logró un conocimiento básico sobre el uso y manejo de los fertilizantes nitrogenados entre otros agroquímicos, que emplean pequeños y medianos productores hortícolas en estas Regiones del país, y que representan alrededor del 80% de la superficie hortícola de Chile.

Considerando la posible contaminación de las aguas subterráneas, que es una de las entradas importantes de residuos al sistema, se origina por el lixiviado de residuos nitrogenados derivados de fertilizantes residuales remanentes en el suelo después de la cosecha de los cultivos, se efectuó la caracterización de las fuentes fertilizantes, formas, dosis y épocas de fertilización nitrogenada aplicados por los agricultores hortícolas.

Al respecto, la literatura es extensa en señalar que las fuentes orgánicas de cualquier origen, pueden generar nitratos por efecto de la mineralización y pueden ser una fuente importante de contaminación de las napas freáticas bajo ciertas circunstancias. Sin embargo, éstas

son menos susceptibles de lixiviarse que las fuentes minerales, porque el N es un elemento que se mueve por flujo de masas disuelto en el agua, por lo cual las fuentes nítricas deben ser cuidadosamente manejadas para evitar posibles riesgos de contaminación de las aguas subterráneas.

11.2. CARACTERIZACIÓN DEL USO Y MANEJO DE FUENTES NITROGENADAS POR ESPECIE HORTÍCOLA Y REGIÓN

A partir de la información de la encuesta, se ha apreciado que en la mayoría de las Regiones en estudio, se empleó principalmente formas sólo mineral (ya sea nítricas, amoniacales o en combinación) y formas mixtas, o sea en este caso incluyendo alguna fertilización orgánica. El análisis por Región y por especie, ha permitido concluir según datos de la encuesta, que por ejemplo en la VI y Región Metropolitana, sólo se utilizan fuentes minerales y dentro de éstas fuentes minerales, se destaca el uso de fuentes nítricas y la combinación de formas nítricas y amoniacales. En la I Región, el 75% de los encuestados, indicó el uso de fuentes minerales y dentro de éstas el 50% dijo emplear sólo fuentes nítricas, el 25% restante, a formas nítricas y amoniacales. En la IV y V Región, el 89% de los productores, utiliza fuentes minerales, predominando las formas amoniacales y nítricas. El 97% de los agricultores encuestados de la VII Región, señaló que utilizaba fertilizantes nitrogenados minerales y un 3%, indicó que usaba fuentes orgánicas y minerales en forma mixta. Dentro de las fuentes minerales, destaca el uso de fuentes nítricas y amoniacales preferentemente. Un resumen de las fuentes de nitrógeno empleada por el universo de los agricultores encuestados, se aprecia en el **Cuadro 1**.

Las definiciones de las fuentes de nitrógeno, se encuentran en el glosario de términos de este Boletín.

Un resumen de las fuentes de nitrógeno utilizada por los agricultores según las especies consideradas, se aprecia en el **Cuadro 2**.

Cuadro 1. Fuentes de nitrógeno empleada por los agricultores por regiones según su frecuencia de uso.

Fuentes de Nitrógeno	% de agricultores encuestados					
	I	IV	V	VI	VII	RM
Sólo orgánica	0	0	0	0	0	0
Sólo Mineral	75	89	89	97	97	100
Sólo Nítricas	50	15	22	9	9	8
Sólo amoniacales	0	2	4	2	2	25
Nítricas y amoniacales	25	72	63	86	86	67
Formas mixtas	25	11	11	3	3	0
N	16	46	64	56	56	65

Cuadro 2. Fuentes de Nitrógeno y su distribución por especie.

Fuentes de Nitrógeno	Tomate aire libre	Tomate Inv.	% de agricultores encuestados						
			Lechuga	Repollo	Espinaca	Apio	Cebolla	Pimiento	Papa
Sólo orgánica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sólo Mineral	95	63	96	89	100	100	100	100	95
Sólo Nítricas	31	43	16	16	29	13	11	11	0
Sólo amoniacales	7	0	15	2	71	0	26	26	0
Nítricas y amoniacales	57	20	65	71	0	88	63	63	95
Formas mixtas	5	17	4	2	0	0	0	0	5
N	72	30	89	51	7	8	19	8	20

El análisis de los datos de la encuesta por especie, ha permitido concluir que en todas las especies seleccionadas, la principal fuente de fertilización nitrogenada fue solo mineral. En el caso del cultivo del tomate al aire libre, las fuentes minerales más utilizadas fueron las nítricas y amoniacales en forma alternada. En cambio en tomate de invernadero, se observó la aplicación de fuentes nítricas en forma preferencial.

En especies de hojas, como lechuga y repollo, los resultados de la encuesta indicaron que los agricultores emplearon fuentes minerales,

aplicando alternadamente fuentes nitrogenadas nítricas y amoniacales. En la especie espinaca, en cambio, se destacó la aplicación de fuentes nitrogenadas minerales con un mayor empleo de fuentes amoniacales sobre las nítricas, pero en ningún caso en forma combinada.

En especies tales como apio y cebolla, los resultados de la encuesta, indicaron que los agricultores utilizan principalmente fuentes minerales en combinación nítrica y amoniacal preferentemente.

Se ha considerado que las dosis de N recomendadas a los agricultores, deben ser ajustadas a cada especie hortícola según su rendimiento esperado, pues éste a su vez está estrechamente relacionado al requerimiento interno de nitrógeno para ese específico rendimiento esperado (Rodríguez J., 1993).

Para este efecto, se incluye el **Cuadro 3** que relaciona la dosis de N con el rendimiento esperado de las especies en estudio.

Se puede apreciar que las dosis recomendables para satisfacer los rendimientos esperados de estas especies hortícolas, son en general inferiores a 200 kg de N/ha, siendo el tomate de invernadero la única excepción debido a las altas producciones del tomate en condiciones de cultivos forzados.

Cuadro 3. Dosis de Nitrógeno recomendada en hortalizas según el rendimiento esperado.

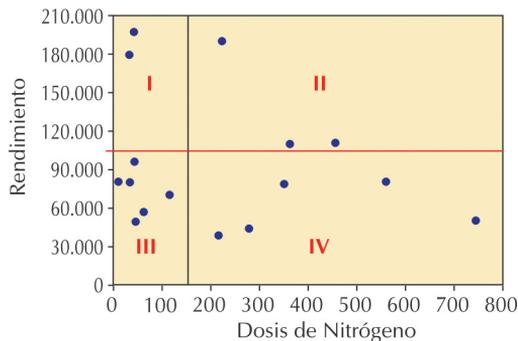
Especie	Rendimiento esperado	Dosis recomendable (kg N/ha)
Apio	60.000 unidades	170
Lechuga	50.000 unidades	80
Tomate aire libre	80.000 kg/ha	170
Tomate invernadero	130.000 kg/ha	280
Repollo	30.000 kg/ha	110
Espinaca	60.000 kg/ha	100
Papa	30.000 kg/ha	150
Cebolla	70.000 kg/ha	160

Fuente: Adaptado de Rodriguez et al., 1993 e INIA, 2005, no publicado.

Análisis de los rendimientos y Dosis de N empleada por los agricultores

A fin de interpretar la información relativa a la dosis de nitrógeno aplicada por los agricultores a los cultivos, que se asume debiera satisfacer la demanda de nitrógeno para un rendimiento esperado, considerando la suma de los suministros de nitrógeno determinados por el aporte del suelo y la eficiencia misma de la dosis de N empleada (Rojas, 2002) se empleó un modelo gráfico simple de predicción de ajuste de los valores de rendimiento para cada especie informado por los agricultores con las dosis de N empleadas, luego de cruzar en las coordenadas x e y, los valores de rendimiento esperado y la dosis recomendable para ese particular rendimiento esperado, como se aprecia en la **Figura 1**. La bondad de ajuste de esta relación, se apreció al comparar los puntos que debieran caer mayoritariamente en los Cuadrantes II y III, al respecto un modelo similar aplicado para rendimientos y nutrientes disponibles, ha sido empleado por Cate y Nelson (Cate, y Nelson, 1971).

Así, la relación entre rendimientos de los cultivos y las dosis de N empleadas, debieran ajustarse con cierto paralelismo. Sin embargo, si prevalecen otros factores determinantes de la productividad con rendimientos superiores, entonces debiera pensarse en la presencia de otros factores de la producción que pueden estar afectando los rendimientos. En esas condiciones, se produce una baja eficiencia del fertilizante y posiblemente estamos en la etapa de consumo de lujo o en la presencia de pérdidas de nutrientes en el medio suelo, contribuyendo como agente de contaminación difusa en el enriquecimiento de nitra-



tos de las napas freáticas de las cuencas del estudio. Este análisis gráfico se ha efectuado con cada una de las especies del estudio y en todas las Regiones y se ha considerado un error del orden de un 10% para la estimación del indicador de rendimiento esperado por los agricultores encuestados (ver Anexo en CD).

Así por ejemplo, en tomate al aire libre, el 47% de los productores aplican una dosis mayor a la requerida por el cultivo. En esta misma especie cultivada bajo condiciones de invernadero, la demanda del cultivo es superior a los 250 k, dado el mayor rendimiento esperado bajo condiciones más controladas (**Cuadro 4**).

Sin embargo, en especies de hojas, donde la demanda del cultivo no supera los 200 k/ha, se encontró que la dosis de fertilización aplicada en lechuga, repollo, espinaca y apio, supera los requerimientos de los cultivos, en proporciones como 31%, 34%, 43% y 25%, respectivamente. En cultivos de fruto como Pimiento, un 25% de los productores utiliza dosis superiores a la demanda del cultivo. En papas, un 40% de los productores aplica nitrógeno por sobre la demanda del cultivo.

A fin de buscar la asociación entre los resultados de manejo de fertilizantes obtenidos a partir de la encuesta de los agricultores hortaliceros con la realidad de los contenidos de nitrógeno residuales en las aguas de riego, se efectuó la prospección de éste parámetro en estos sistemas hídricos.

Cuadro 4. Dosis de Nitrógeno recomendada en hortalizas según el rendimiento esperado.

Dosis aplic. Kg N/ha	Tomate		% de agricultores encuestados						
	aire libre	Inv.	Lechuga	Repollo	Espinaca	Apio	Cebolla	Pimiento	Papa
No aplica	1	0	1	0	0	0	11	13	5
0-100	21	30	43	27	14	50	11	50	10
101-200	31	23	25	35	43	25	42	13	45
201-300	22	3	21	14	29	25	26	0	15
301-400	15	7	6	20	14	0	11	25	20
>400	10	10	4	0	0	0	0	0	5
N	72	30	89	51	7	8	19	8	20

11.3 DETECCIÓN DE NITRATOS EN SUELOS DE LAS ESPECIES HORTÍCOLA DEL ESTUDIO

Los muestreos de suelos de suelos para la detección de residuos de fertilizantes, especialmente de nitratos y amonio, se iniciaron el año 2004 y se completó en la temporada del verano y otoño del año 2006. En el verano del año 2006, se completó el muestreo de suelos para residuos de fertilizantes nitrogenados, coincidentes con el muestreo de frutos a la cosecha (ver protocolo) de los cultivos de repollo y lechuga de la VI y VII Regiones, los que fueron postergados por razones climáticas y de oportunidad de cultivo agrícola.

Se obtuvo un total de 600 muestras de suelo considerando dos profundidades, superficiales (0-20 cm) e igual número de muestras subsuperficiales (20-50 cm.). El total de muestras obtenidas y analizadas por Región, se presenta en el **Cuadro 5**.

Así en este estudio, se efectuó la caracterización de las muestras, del punto de vista de la acumulación de Nitratos residuales en las áreas de las especies hortícolas seleccionadas y que son muy representativas de los cultivos hortícolas del país.

Al respecto, la mayor parte de los agroquímicos que dejan residuos nitrogenados, permanecen por cierto tiempo en el suelo generando lo que denomina **“efecto residual”**. La fracción de nitratos libres puede moverse fuera del perfil y perderse por lixiviación o desnitrificación. Al respecto, para que ocurran pérdidas por lixiviación, es necesario que se cumplan ciertos prerequisites, tales como: 1) Ocurra una alta acumulación de Nitratos en el suelo lo cual puede ser inducido por el empleo de altas dosis de fertilizantes nitrogenados o de residuos orgánicos, **“guanos”**, residuos de cosechas y otros. Todos estos eventos pueden ser fuertemente influenciados por efectos estacionales, tales como la acumulación de aguas lluvias, riegos o efectos estacionales en cambios de temperatura, como en la época de primavera y verano. Así por ejemplo, en primavera, las tasas de mineralización se incrementan y coincide que al mismo tiempo, se aplican fertilizantes nitrogenados en la temporada de máximo crecimiento de los cultivos.

Cuadro 5. Muestras realizadas para suelos, según especie y región*.

Región	Especie	Muestras Programadas*	Muestras Captadas	Muestras Pendientes	Muestras Analizadas	Análisis Pendientes
I	Tomate aire libre	66	66	0	66	0
IV	Tomate Invernadero	26	26	0	26	0
	Lechuga	28	28	0	28	0
	Papa	40	40	0	40	0
	Apio	8	8	0	8	0
V	Tomate Invernadero	30	30	0	30	0
	Lechuga	44	44	0	44	0
	Repollo	32	32	0	32	0
	Pimiento	16	16	0	16	0
RM	Tomate aire libre	14	14	0	14	0
	Lechuga	40	40	0	40	0
	Repollo	4	4	8	4	8
	Cebolla	18	18	0	18	0
	Espinaca	14	14	0	14	0
	Apio	8	8	0	8	0
VI	Tomate aire libre	62	62	0	62	0
	Lechuga	36	36	0	36	0
	Repollo	18	18	0	18	0
VII	Tomate aire libre	38	38	0	38	0
	Lechuga	32	32	0	32	0
	Repollo	18	18	0	18	0

Para la interpretación de los análisis de suelo, se consideró las siguientes categorías (Dahnke y Vasey, 1973), presentadas en el **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Categorías de nitratos en los suelos.

Categorías				
Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
0-10mg/kg de suelo	11-20 mg/kg de suelo	21-35 mg/kg de suelo	36-60 mg/kg de suelo	61 o mg/kg de suelo

En la Primera Región, donde se cultiva tomate al aire libre, se observó que del total de muestras analizadas (n=33), una alta frecuencia, superior a un 60% era mayor a 61 mg/k, tanto en estratos de 0-20 cm, así como de 20 a 50. Otra de las categorías que le siguió en importancia en más de un 5%, correspondió a valores inferiores a 10 mg/k (Figura 2). Las otras categorías intermedias, se agruparon con frecuencias inferiores a un 15%, lo cual se había anticipado o a través del modelo gráfico. Los mayores rendimientos se lograron con dosis inferiores a 200 kg de N/ha, por lo cual sin duda, otros factores están limitando los rendimientos en esta Región fuera del nitrógeno. En el mapa en referencia (ver Anexo en CD), se aprecian los valores bajos de N residual en la desembocadura del río San José y los altos valores en la mayor parte del valle de Azapa, donde se registran productores de tomate que aplican sobredosis de fertilización nitrogenada, con riesgo de contaminación de las napas freáticas.

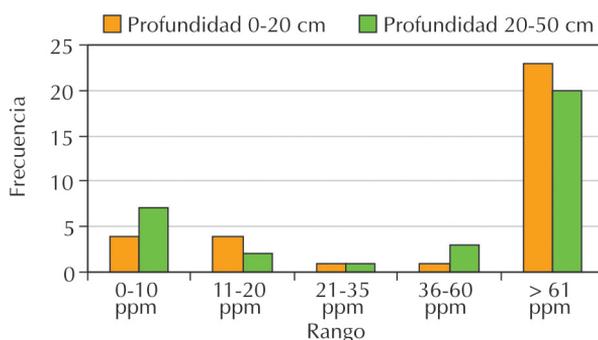


Figura 2. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelos de tomate al aire libre en la I Región (n = 33).

En la IV Región, se aprecian mayoritariamente frecuencias de nitratos inferiores a 10 mg/k en un 40% de las muestras, aunque algunas, en más de un 50% de los casos, se distribuyen en el rango de 36 y más de 60 mg/ha de Nitrógeno. Estas últimas muestras, se ubican en su mayoría en los sectores de Pan de Azúcar, Huachalalume, El Tambo y otros sectores del valle regado de la Comuna de Coquimbo como se aprecia en el mapa del Anexo en CD.

Un número similar de muestras en cultivos de tomate de invernadero de las localidades de Ovalle y Sataqui, mostró una distribución muy

homogénea de las categorías de nitratos en suelos en similares proporciones en rangos bajos, medio y altos (**Figura 3**).

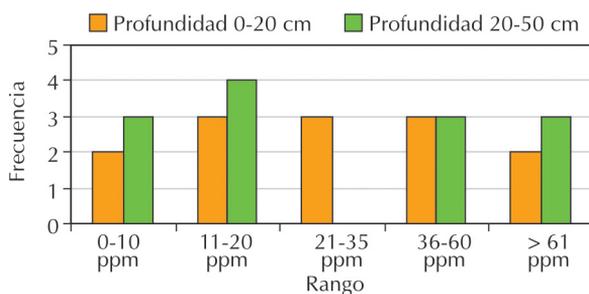


Figura 3. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelo de cultivo de tomate de invernadero en la IV Región (n = 13).

Al respecto, el modelo gráfico de predicción, indicó que un escaso número de agricultores estarían en valores de consumo de lujo de N por efecto de las dosis de fertilización nitrogenada empleada. En esta misma Región, las más altas frecuencias de nitratos en suelo, se detectaron en el cultivo de papas con contenidos superiores a 60 mg/k de suelo, lo cual coincide con la predicción que casi un 40% de los agricultores está efectuando la aplicación de dosis superiores de N a la requerida para los rendimientos del cultivo. Las otras categorías, de rangos altos, medios y bajos, se distribuyeron con frecuencias similares (**Figura 4**), siendo muy bajas las frecuencias con bajos contenidos de nitratos en estos suelos (15%). Otra característica que explica los altos valores de nitratos encontrados en esta Región y cultivo, es la que se refiere a que en esta especie altamente tecnificada en la zona, se

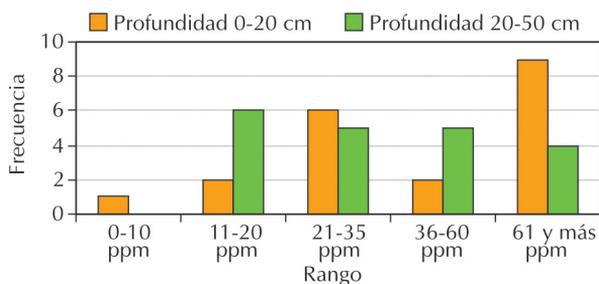


Figura 4. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelos de cultivo de papas en la IV Región (n = 20).

aplican importantes cantidades de guano y residuos vegetales, los cuales son susceptibles de mineralizarse y tienen un importante efecto residual en los suelos. Al observar el mapa de nitratos de suelos productores de papas de la Región (en Anexo en CD), se aprecia que las muestras con altos y muy altos contenidos de nitratos en suelos, se distribuyen en toda el área productiva en los márgenes norte y sur del río Elqui, desde el sector de Pan de Azúcar, Altovalsol, Las Rojas y en los márgenes del río en las cercanías de Vicuña.

En suelos cultivados con lechugas en la IV Región, se observa una alta distribución de muestras con bajos contenidos de nitratos y una distribución similar con medios y altos contenidos (**Figura 5**).

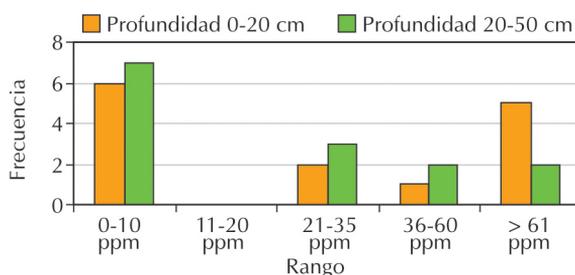


Figura 5. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelos de cultivo de lechugas en la IV Región (n = 14).

En apio, la mayor parte de las categorías de nitratos en el suelo en esta Región, se concentra en valores bajos, siendo muy baja la acumulación de valores altos de nitratos superficiales (**Figura 6**). Llama la atención este cultivo, que se maneja con altas poblaciones de plantas y en forma de secuencia intensiva como monocultivo por parte de los agricultores de esta Región. Al respecto, el modelo predictivo gráfico, indicó rendimientos incrementales con aplicaciones crecientes de N acorde con los altos rendimientos esperados. En los mapas (Anexo en CD), se aprecia la localizada ubicación del cultivo en el sector de Pan de Azúcar, cuyo escaso número de productores cubre casi el 50% de la producción nacional de este rubro.

En la V Región, el modelo gráfico predictivo, indicó certeramente que algunos productores de lechugas encuestados emplearon sobredosis de

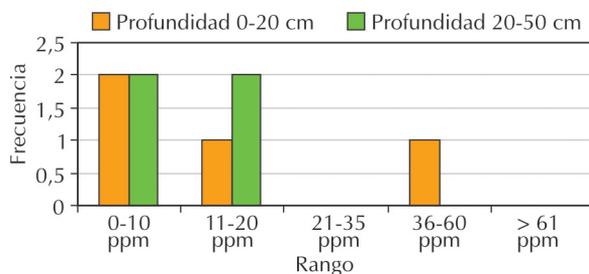


Figura 6. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelos de cultivo de apio en la IV Región (n = 4).

N al cultivo. De igual modo, en el análisis de nitratos, se observó que más de un 30% de los valores de nitratos residuales, se ubicaron en las categorías altas y muy altas (**Figura 7**). El resto de la población de nitratos, se distribuyó en las categorías muy bajos, bajos y medios. El cultivo de lechugas en esta Región, se extendió en una amplia planicie del valle que se distribuye en las localidades de Quillota, San Pedro, El Manzanar y Colmo, como se muestra en el Mapa del Anexo en CD.

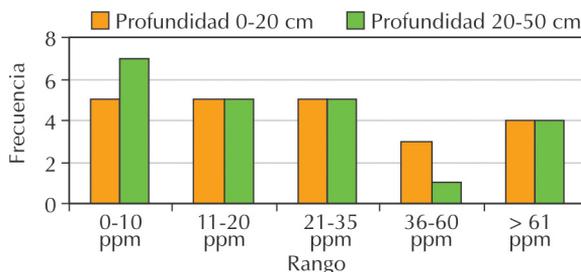


Figura 7. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelos de cultivo de lechugas en la V Región (n = 22).

En la V Región, se observó a través del modelo gráfico, una gran variación de los rendimientos de tomate de invernadero, así como de las dosis aplicadas. Al respecto, un importante grupo, aplicaba sobredosis de N. Esta predicción, concuerda con los contenidos de nitratos residuales encontrados, porque más de un 50% de los agricultores mostraban acumulación de nitratos residuales en categorías altos y muy altos en el suelo (**Figura 8**). Al respecto, el tomate de invernadero de esta Región, se desarrolla con una intensa rotación de otras especies

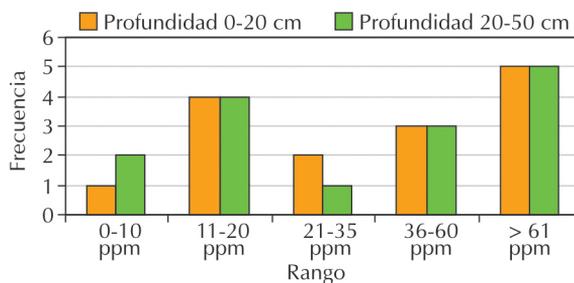


Figura 8. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelo de cultivo de tomate de invernadero en la V Región (n = 15).

hortícola que incluyen pimiento, ají, pepino de ensalada, zapallitos italianos, etc. En este sistema de cultivo, los agricultores ejecutan un manejo intensivo en estas especies y en este reducido rango espacial aplican formulas de fertilización completa para las especies. De esta forma, se desarrolla una acumulación continua de fertilizantes nitrogenados minerales y del guano que se emplea frecuentemente en cultivos forzados, lo que explica esta acumulación de nitratos.

La distribución de los productores de tomates de invernadero, es muy localizada en esta Región, concentrándose en sitios puntuales de los valles de Quillota y Limache, como se aprecia en los mapas.

En pimiento de invernadero de esta misma Región, más de un 60% de las muestras de suelo tenían altos y muy altos contenidos de nitratos. Los sitios de muestreo, se concentran en las mismas localidades que el tomate de invernadero, es decir, en las localidades de San Pedro. Los valores de nitratos son aun más altos que en tomate de invernadero, cuyos valores se explicarían por la práctica de aplicación de guano que corresponden al doble de lo aplicado en tomate y así, probablemente una mayor proporción de N orgánico es susceptible de mineralizarse y acumularse en el suelo. Las otras categorías, se distribuyen en proporciones similares en el área de estudio como se observa en la **Figura 9**.

En el cultivo de repollo, el modelo predictivo anticipó que un pequeño grupo de agricultores estaba aplicando dosis superiores a los requerimientos. En la **Figura 10**, se observa que los valores altos y muy altos de nitratos residuales se presentan en el 25% de los casos y una con-

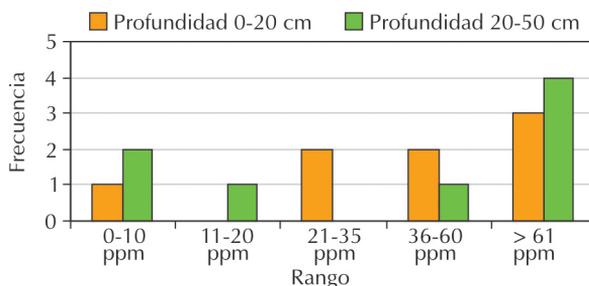


Figura 9. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelo de cultivo de pimiento de invernadero en la V Región (n = 8).

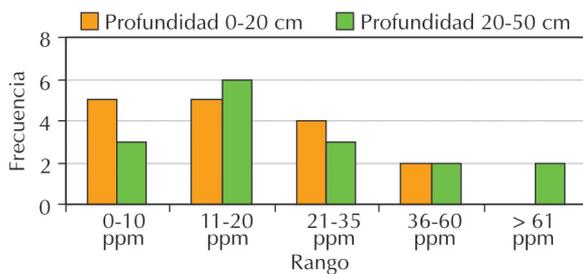


Figura 10. Frecuencia de nitratos en suelo de cultivo de repollos en la V Región (n = 16).

centración importante de estas muestras, se distribuye bajo estos índices en proporciones similares. Las muestras con altos contenidos, se localizan principalmente en el sector de San Pedro y El Manzanar como se observa en el mapa del Anexo en CD.

En la Región Metropolitana, en suelos bajo cultivo de tomate, el contenido de nitratos en los suelos, se distribuyó mayoritariamente en los rangos de 0-10 y 21-35 mg/k en muestras superficiales (**Figura 11**). En el rango alto, se un 14% de las muestras. Las muestras, se distribuyeron preferentemente en las localidades de Lampa y Colina (ver mapa del Anexo en CD).

En apio, en forma similar a la IV Región, se apreció una mayor concentración de nitratos residuales en las categorías bajos y muy bajos, sin observarse valores elevados de nitratos residuales en el cultivo (**Figura 12**). Esta relación también fue predicha a través del modelo gráfico. Al respecto, las fertilizaciones nitrogenadas en este rubro deben ser ele-

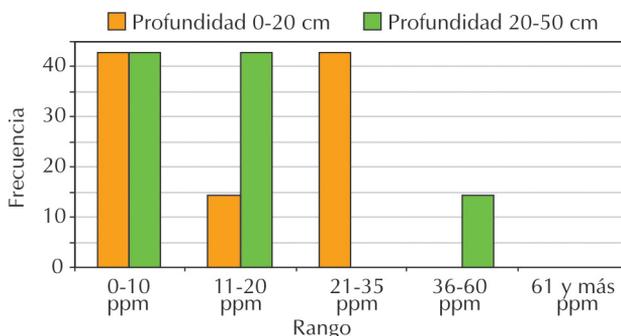


Figura 11. Frecuencia de nitratos en suelo de cultivo de tomate en la Región Metropolitana (n = 7).

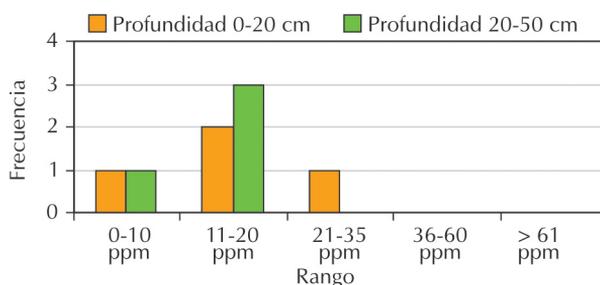


Figura 12. Frecuencia de nitratos en suelo de cultivo de apio en la Región Metropolitana (n = 4).

vadas para mantener el fuerte ritmo de crecimiento del cultivo. Las distribuciones de los suelos bajo cultivo de apio corresponden a las Comunas de Pudahuel y Maipú (ver mapas del Anexo en CD).

En los suelos bajo cultivo de cebollas en la RM, se apreció similar distribución de nitratos en las categorías muy bajo, bajo y valores medios (alrededor de un 30% en cada caso, no observándose valores en categorías altas ni muy altas (**Figura 13**). Aparentemente, los rendimientos informados por los agricultores han sido inferiores al rendimiento estimado de 70.000 unidades/ha, por lo cual no existe evidencia de acumulación de nitratos residuales en los suelos. En los mapas, se indica que estas fueron obtenidas en las localidades de Talagante, El Monte, Pudahuel y Colina.

En áreas de producción de lechugas de la RM, se observó que la mayoría de las muestras, indicaron valores predominantemente muy bajos de

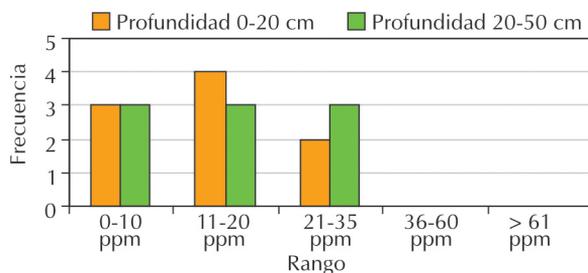


Figura 13. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelo en cultivo de cebolla en la Región Metropolitana (n = 9).

nitratos en un 70% de los casos y un 30% restante en categorías bajas de nitratos residuales (**Figura 14**). En esta misma Región, el análisis de predicción informó de un rango muy variable de rendimientos entre 20 mil a 80 mil u/ha con dosis inferiores a 150 k/ha, lo cual explicaría las bajas acumulaciones de nitratos residuales. En los mapas (Anexo en CD), se observa que los sitios muestreados se concentran en el área norte de Colina y al poniente de Lampa.

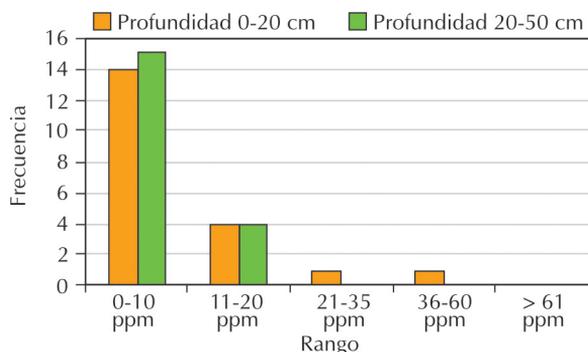


Figura 14. Frecuencia de nitratos en suelo de cultivo de lechuga en la Región Metropolitana (n = 20).

En espinacas de la RM, se observó que las muestras se distribuían en categorías muy bajas de nitratos en un 70% de los casos y el resto en categorías bajas (**Figura 15**). Sólo un 14% de las muestras subsuperficiales mostraron contenidos medios de nitratos. Esto concuerda con la observación de las encuestas en que escasos agricultores emplean dosis superiores a 200 k de N/ha en el cultivo. La totalidad de las muestras se obtuvieron en la localidad de Lampa (Ver mapa del Anexo en CD).

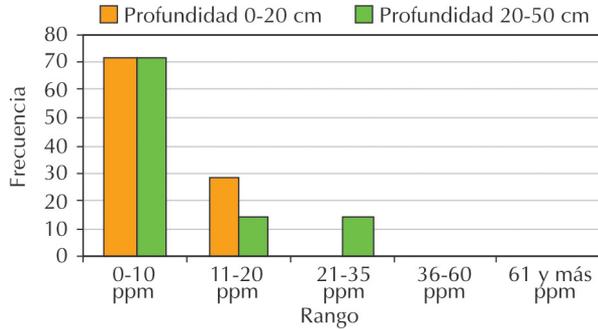


Figura 15. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelo en cultivos de espinacas en la Región Metropolitana (n = 7).

En la VI Región, más de un 66% de las muestras bajo cultivo de lechugas, mostró valores medios, altos y muy altos de nitratos residuales (**Figura 16**) y el 33% restante contenidos bajos a muy bajos. Esto concuerda con el modelo predictivo en que los rendimientos fluctuaban entre 20 mil a 60 mil u/ha con dosis cercanas a 100 k de N/ha. De este modo, dosis superiores estarían generando consumo de lujo en este cultivo y/o pérdidas de N en el suelo. En el mapa del Anexo en CD, se observa que la mayor distribución de estos valores, se concentra en el valle Cachapoal en las localidades de Quinta Tilco, Rengo y Coinco, preferentemente.

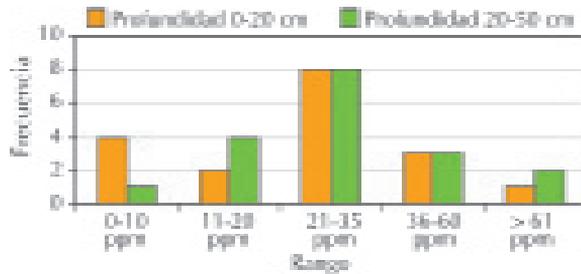


Figura 16. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en cultivo de lechuga en la VI Región (n = 18).

En la VI Región, el cultivo de tomate industrial, se practica con altas y muy altas dosis de N, lo cual genera también altos contenidos de N residual en el suelo. Así un 58%, se mantenía en valores superiores a

36 k de N/ha y más de 60 mg/k de suelo (**Figura 17**). Los valores altos, medios y bajos, comprendió las localidades de Quinta Tilcoco, San Vicente, Peumo y Rengo, donde se concentra la gran producción de tomate industrial en la Región.

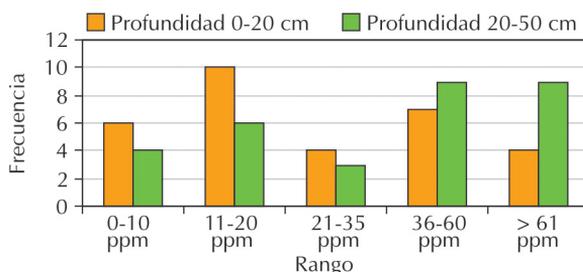


Figura 17. Frecuencia de ocurrencia de nitratos en suelo de cultivo de tomate en la VI Región (n = 31).

En esta misma Región, los productores de repollo empleaban dosis muy ajustadas con los rendimientos del cultivo, observándose escaso número de agricultores empleando dosis elevadas de N. Así un 11% de las muestras se distribuyó en valores elevados de N residual, mientras un 90% concentro bajos valores de nitratos (**Figura 18**).

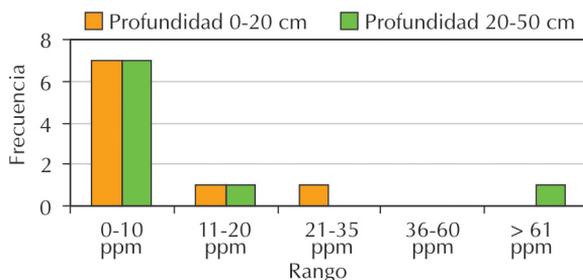


Figura 18. Frecuencia de nitratos en suelo de cultivo de repollos en la VI Región (n = 9).

En la VII Región, en suelos bajo cultivo de lechugas, se detectó valores de N residual en categorías altos y muy altos en más de un 56% de las muestras. Una distribución creciente de valores de nitratos residuales se ha observado en este estudio. Como se aprecia en la **Figura 19**, la distribución de las muestras se observa preferentemente en los secto-

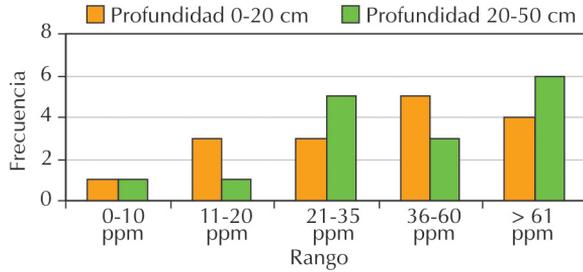


Figura 19. Frecuencia de nitratos en suelo de cultivo de lechugas en la VII Región (n = 16).

res del valle del Maule, especialmente al norte de Talca, Pelarco, San Clemente y Colín como se visualiza en el mapa (Anexo en CD). Rendimientos en rangos desde 20 a 60 mil u/ha obtienen algunos agricultores con menos de 300 k/ha de N. Sin embargo, un 47% de ellos emplea dosis superiores a 500 k de N/ha.

En la VII Región, en el cultivo del tomate industrial, se detectó en más de 60% de las muestras subsuperficiales, valores de nitratos residuales en las categorías altos y muy altos (**Figura 20**).

En la VII Región, en suelos bajo cultivo de repollo, más de un 80% de las muestras estaban en categorías bajas de nitratos residuales. Sin embargo, los agricultores acusaron el empleo de dosis superiores a 400 k de N/ha. Al respecto, sólo dos categorías de nitratos residuales estaban presentes, de 0 a 10 y de 11 a 20 mg de N/ha (**Figura 21**).

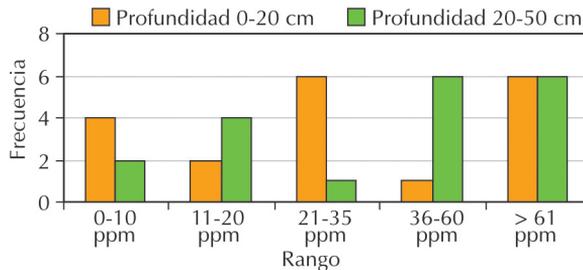


Figura 20. Frecuencia de nitratos en suelo de cultivo de tomate en la VII Región (n = 19).

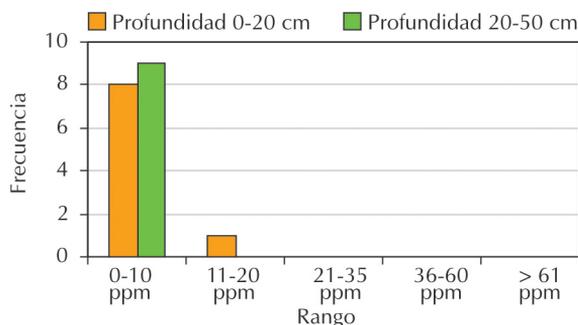


Figura 21. Frecuencia de nitratos en suelo de cultivo de repollo en la VII Región (n = 9).

11.4 DETECCIÓN DE NITRATOS EN AGUAS DE RIEGO CON CRITERIO DE CUENCA

A diferencia de otros elementos, que ciclan a través de las aguas y los suelos, el nitrógeno tiene un origen predominantemente biológico, siendo escasos los ejemplos de acumulación de nitrógeno en formas minerales. Uno de estos ejemplos lo constituyen los yacimientos de salitre en el norte chileno, que no se reproducen en el resto del mundo.

Siendo el nitrógeno el principal nutriente, desde la perspectiva de la cantidad requerida y los roles fisiológicos asumidos, debe ser aportado abundantemente en los sistemas agrícolas y pecuarios, si se desea acceder a altos niveles de rendimiento. Por consiguiente, siendo la eficiencia estimada en un 50%, este elemento se presenta también abundantemente en las aguas residuales de estas actividades.

Por consiguiente, el contenido de formas nitrogenadas minerales solubles en aguas que ciclan a través de sistemas agropecuarios es usado rutinariamente como indicador del proceso de contaminación difusa. Esto es, una contaminación de aguas que no cuenta con sitios puntuales de descarga de aguas residuales y que es producida por los restos de agroquímicos –fertilizantes y plaguicidas- y por las deyecciones orgánicas de planteles animales.

Se trata, por tanto, de un indicador de contaminación difusa de aguas, no específico y que tanto puede provenir del arrastre de formas nitrogenadas de fertilizantes no aprovechados por las plantas, como de las deyecciones animales (directamente en el campo o en condiciones de estabulación), o incluso, de la presencia de aguas cloacales humanas. En el caso del Proyecto, la componente animal es de bajo peso relativo, por lo cual la determinación de contenidos de nitrato en aguas dulces, estará reflejando la contaminación con fertilizantes y aguas servidas, principalmente.

2. Muestreo de aguas

Durante el desarrollo del estudio, se colectó muestras de aguas dulces, tanto superficiales, ya fueran naturales (ríos y esteros) o construídos (canales) como subsuperficiales (norias) y subterráneas (pozos). La diferencia entre noria y pozo refleja la realidad de los acuíferos, por cuanto:

- las norias identifican cuerpos hídricos de poca profundidad que, generalmente, mantienen comunicación con la superficie del suelo, por lo cual puede esperarse que reflejen las acciones que ocurran en ella, y
- los pozos identifican cuerpos hídricos de mayor profundidad que, generalmente, se encuentran confinados entre estratas impermeables. Por ello debe esperarse un mínimo o nulo efecto de las acciones humanas que ocurran en la superficie del suelo.

Todas las muestras fueron tomadas en forma puntual, con el uso de envases plásticos, sin uso previo pero previamente ambientados con la misma agua por muestrear, de 1 litro de volumen, boca ancha y tapa rosca. En el caso de los pozos, se tuvo la precaución de hacer funcionar el sistema de extracción por, a lo menos 5 minutos a objeto de purgar el agua acumulada en las cañerías y asegurar que el agua colectada provino del cuerpo de agua subterráneo. Cada envase fue rotulado con una clave de identidad, al mismo tiempo que se llenó una ficha técnica, donde se incluyó la información relevante referente al sitio de toma de muestra (nombre y georreferenciación del lugar, condiciones meteorológicas al momento de la toma de muestra, fecha y hora de la toma de muestra).

Los envases, llenos y cerrados herméticamente, fueron colocados al interior de un depósito refrigerado, a objeto de minimizar los cambios en las poblaciones microbiológicas conducentes a cambios en las formas solubles de nitrógeno. Los contenedores refrigerados fueron transportados por vía terrestre en vehículos propios o por servicio de Chile Express, a los laboratorios de servicio, instalados en la Región Metropolitana. Se procuró que el tiempo máximo entre la toma de las muestras y la entrega a los laboratorios no excediera las 24 horas, con el cuidado que las muestras estuvieran siempre en un ambiente refrigerado (entre 2 y 8°C).

Las áreas de muestreo fueron las siguientes:

- Valle de Azapa, en la I Región de Tarapacá¹,
- Valles de Elqui y Limarí, en la IV Región de Coquimbo,
- sector hortofrutícola del valle del Aconcagua, entre las localidades de Hijuelas y San Pedro, en la V Región de Valparaíso,
- valles del río Mapocho y estero Lampa, en la Región Metropolitana de Santiago,
- valle del Cachapoal, en la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins Riquelme, y
- valle del Maule, en la VII Región del Maule.

La cartografía digital con la ubicación de los puntos muestreados y resultado de los análisis realizados, se encuentra en el Anexo en CD. La cantidad de muestras por área de estudio, generadas en el período 2004-2006, para la cuantificación del contenido de nitrógeno nítrico, es indicada en el **Cuadro 7**.

3. Procedimiento analítico

La detección y cuantificación de la forma nítrica del nitrógeno se efectuó mediante el uso de electrodos específicos.

¹ Hoy, XIV Región de Arica y Parinacota

Cuadro 7. Muestras de agua; sitios por valle.

Región y valle	Superficial	Subsuperficial	Subterránea	Total
I Región, valle de Azapa	15	0	17	32
IV Región, valles de Elqui y Limarí	19	11	34	64
V Región, valle de Aconcagua	15	9	20	44
Región Metropolitana, valles de Mapocho y Lampa	12	5	16	33
VI Región, valle del Cachapoal	48	16	24	88
VII Región, valle del Maule	11	4	18	33
Total	120	45	129	294

11.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE CONTENIDOS DE NITRATOS EN AGUAS DE DIVERSAS FUENTES

4. Resultados

4.1. Resultados globales

Los valores promedios por cada área de muestreo y fuente de agua, se presentan en el **Cuadro 8**. Lo primero que llama la atención (ver **Figura 22**) es que los contenidos de nitratos, como promedios nacionales por tipo de agua, son máximos en las aguas subsuperficiales y mínimos en las aguas superficiales, quedando las aguas subterráneas en posición intermedia, pero más cercanas a las aguas subsuperficiales. Si se considera el promedio de las aguas subsuperficiales como 1, el de las aguas subterráneas sería 0,88 y el de las aguas superficiales alcanzaría a 0,23.

Ello concuerda con la geoquímica natural, que indica que los cuerpos de agua existentes bajo la superficie terrestre –por la lenta renovación de sus aguas- son reservorios de los compuestos químicos lixiviados desde la superficie del suelo. La diferencia entre las aguas de norias y pozos estriba en el grado de comunicación con la superficie: a ese

Cuadro 8. Contenido de nitrato, como promedios regionales.

Región	Superficiales		Subsuperficiales		Subterráneas		Total regional	
	mg L ⁻¹	N	mg L ⁻¹	N	mg L ⁻¹	N	mg L ⁻¹	N
I Región, valle de Azapa	0,8	15	-	0	41,2	17	22,3	32
IV Región, valles Elqui y Limarí	5,9	19	37,2	11	32,3	34	25,3	64
V Región, valle Aconcagua	9,1	15	31,1	9	21,4	20	19,2	44
Región Metropolitana, valles Mapocho y Lampa	16,6	12	55,5	5	35,4	16	31,6	33
VI Región, valle Cachapoal	7,3	48	22,9	16	22,4	24	14,3	88
VII Región, valle del Maule	1,1	11	9,0	4	7,7	18	5,7	33
Total nacional	6,9	120	35,4	45	26,9	129	20,0	294

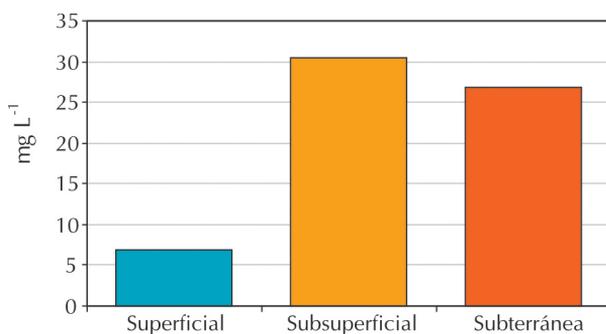


Figura 22. Contenidos promedio globales de Nitrato, en aguas dulces

respecto, las aguas de norias están más expuestas a la lluvia de lixiviados provenientes de la superficie, que las aguas de pozos.

La **Figura 23**, indica que la presencia de nitrato en las aguas dulces es máxima es la Región Metropolitana, lo cual sería un reflejo del impacto de las descargas de aguas servidas no tratadas, situación que empezó a remediarse a principios de la década del 2000. Al excluir la Región Metropolitana de esta figura, la tendencia lineal a la disminución de la concentración de nitrato, en el sentido norte-sur, se hace mucho

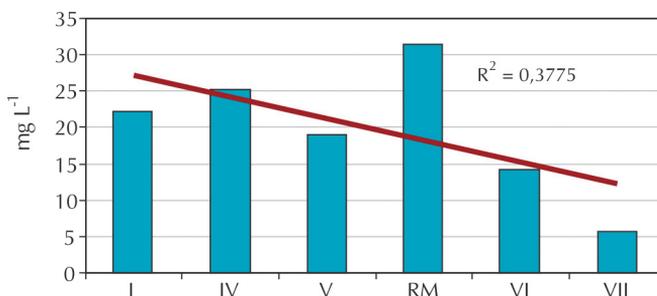


Figura 23. Contenidos de Nitrato, como promedios regionales

más evidente, alcanzando un coeficiente de ajuste R^2 de 0,82. Esta tendencia lineal de disminución norte-sur, parece estar indicando que la presencia de nitrato tiene una estrecha relación con la caída pluviométrica, siendo ésta la principal variable conductora.

El Cuadro 9, muestra los valores promedios de las aguas superficiales, desagregadas en muestras tomadas de cursos naturales (ríos y esteros) y cursos artificiales (canales de riego). De acuerdo a estos resultados, existen substanciales diferencias en el contenido nítrico de las aguas superficiales, dependiendo de donde procedan. En este cuadro, se hace referencia sólo a las Regiones donde se tomaron muestras desde canales. Al parecer, la principal causa de esta diferencia a favor de los canales es el hecho que la población los utiliza como vías de descarga de sus residuos, incrementando la carga de nitrógeno; otra razón, de valor secundario, sería la menor dilución de las aguas en los canales, respecto de los cursos naturales.

Cuadro 9. Contenidos promedio de nitrato en aguas superficiales (mg L⁻¹).

Región	Cursos naturales	Canales
V	4,3	10,3
XIII	16,0	16,7
VI	0,7	8,6
VII	0,7	1,3
Total	3,0	9,5

La información del Cuadro 8 y Figura 22 señala que la tendencia de contenidos de nitrato, en la secuencia aguas subsuperficiales > aguas profundas >>> aguas superficiales, se presenta en todas las áreas de estudio, con la única excepción de la VI Región, donde no hubo diferencia entre las dos fuentes subterráneas de agua.

Si bien los promedios regionales globales permiten conformar una tendencia lineal decreciente de los contenidos de nitrato, en el sentido norte-sur, con la excepción de la Región Metropolitana, donde el máximo valor puede explicarse por una mayor incidencia de aguas servidas no tratadas, los resultados por fuente de agua no son tan claros al momento de definir tendencias.

Según la **Figura 24**, los promedios regionales del contenido de nitrato en las aguas superficiales manifiestan una tendencia que se describe adecuadamente por una ecuación polinomial de 2º grado, con un coeficiente de ajuste R^2 igual a 0,8. La tendencia asume la forma de una curva de distribución normal, con un máximo en la Región Metropolitana (16,6 mg L⁻¹) y mínimos hacia las regiones extremas de Tarapacá y del Maule (0,8 y 1,1 mg L⁻¹, respectivamente).

Por su parte, los valores promedio de las aguas subsuperficiales (ver **Figura 25**) se ordenan en forma similar a como lo hacen las aguas superficiales, presentando un mismo tipo de ajuste (polinomial), con un grado de ajuste R^2 de 0,78. Esta similitud en la tendencia norte-sur entre estos dos tipos de aguas está indicando la existencia de una asociación entre ellas. La diferencia entre ambas aguas estaría explicada

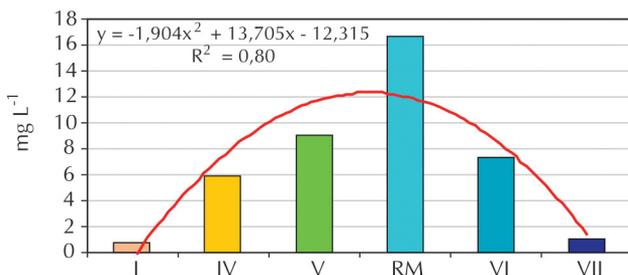


Figura 24. Contenidos de Nitrato en aguas superficiales, según sus promedios regionales

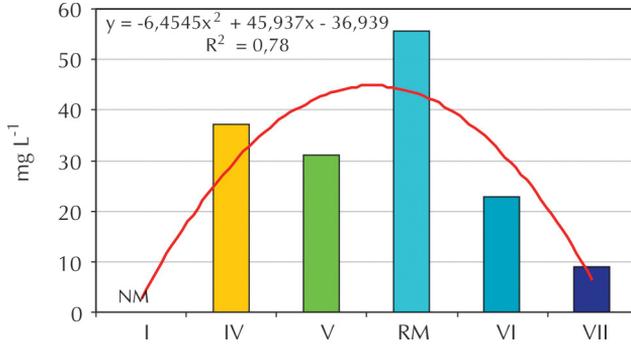


Figura 25. Contenidos de Nitrato en aguas subsuperficiales, como promedios regionales

por una mayor capacidad de acumulación de electrolitos que tienen las aguas subsuperficiales, respecto de las superficiales.

Finalmente, las aguas profundas (ver **Figura 26**) presentan una tendencia norte-sur distinta a la detectada para las otras dos fuentes de aguas, pero que se asemeja claramente a la construida con los promedios regionales globales (ver Figura 23): decreciente de norte a sur con un valor anómalo en la Región Metropolitana, que se escapa de la tendencia general. Esta tendencia se ajusta mejor a una ecuación polinomial de segundo orden, con un coeficiente de ajuste R^2 igual a 0,73. Evidentemente, la exclusión de la Región Metropolitana aumentaría significativamente el ajuste a la curva. Esta diferencia sería indicativo que la dinámica de las aguas subterráneas sería distinta a la de las otras dos fuentes de agua.

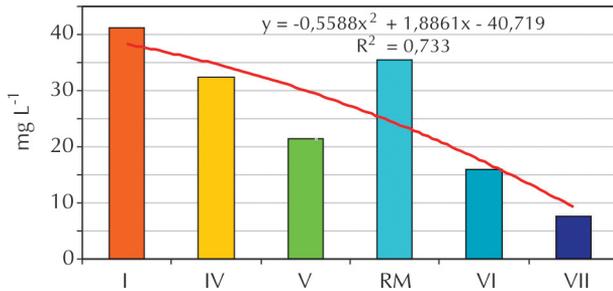


Figura 26. Contenido de nitrato en aguas profundas, en promedio por región

4.2. Análisis por área de estudio

4.2.1. Valle de Azapa (I Región)

En este valle, no hubo sitios desde donde muestrear aguas subsuperficiales.

A. Aguas superficiales

De un total de 15 muestras tomadas, 7 presentaron contenidos no detectados de nitratos. Esto es inferiores al límite de detección analítica¹. Para efecto de cálculo de promedios, los valores no detectados fueron reemplazados por un valor equivalente al valor medio de la clase, que corresponde al 50% del valor máximo, o sea 0,25 mg L⁻¹.

El promedio de nitrato en las aguas superficiales del valle de Azapa alcanzó a 0,77 mg mg L⁻¹, con un rango fluctuante entre ND (no detectado) y 1,46 mg L⁻¹. Para el cálculo del promedio, se excluyó una muestra que registró 31 mg L⁻¹, largamente fuera de la tendencia para la zona en estudio. Si esta muestra fuera incluida, el contenido promedio subiría a 2,7 mg L⁻¹.

Ninguna muestra, con excepción de la que se hace referencia en el párrafo anterior, excede el valor límite máximo de 10 mg L⁻¹, definido para aguas aptas para consumo humano o bebida de animales, tanto por la Organización Mundial de la Salud como por la normativa del Ministerio de Salud.

B. Aguas subterráneas

En 17 muestras analizadas, el rango de concentración de nitrato varió entre ND y 76 mg L⁻¹, con un promedio de 41,2 mg L⁻¹. Esto es cerca de 50 veces el promedio en aguas superficiales. Del 100% de las muestras analizadas, sólo una presentó un contenido de nitrato por debajo del límite máximo que fija la norma para aguas de consumo humano. Hubo una muestra en la que no se detectó la presencia de nitrato, razón por

¹ $lmd = 0,5 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$

la cual no fue tomada en cuenta para el cálculo del valor promedio; si ella hubiera sido incluida, este valor bajaría a 38,9 mg L⁻¹.

4.2.2. Valles de Elqui y Limarí (V Región)

De acuerdo a un estudio de CONAMA-INIA (2002), en esta zona, dedicada a la agricultura intensiva, existe un incremento en el consumo de guanos de diverso origen (aproximadamente, 10 mil toneladas anuales), para su empleo en cultivos de hortalizas y frutales, siendo posible observar una agricultura mixta, con fertilización tanto inorgánica como basada en guanos y reciclaje de residuos de poda. Las áreas con mayor riesgo de contaminación difusa se concentran en algunas terrazas planas de baja cota, tales como Quillota, Limache y otras localidades.

En estos valles, los mayores contenidos de nitrato fueron detectados en las aguas subsuperficiales, seguidas por las aguas profundas y, finalmente, las aguas superficiales. Las aguas subsuperficiales tienen entre 6 y 5,6 veces más nitrato que las superficiales.

A. Aguas superficiales

Se analizó 19 muestras de aguas superficiales de estos valles de la IV Región. La totalidad de las muestras presentó contenidos de nitrato por encima del límite de detección analítico (0,5 mg L⁻¹); en el extremo de los contenidos máximos, cuatro muestras presentaron contenidos excedidos del límite para consumo humano o animal, llegando hasta un valor máximo de 21 mg L⁻¹.

Para estos valles, el contenido promedio en aguas superficiales alcanzó a 5,9 mg nitrato L⁻¹, valor casi ocho veces superior al promedio de la I Región. La mayor concentración de nitratos en las aguas superficiales de esta región, respecto de la I Región, parece asociarse a un mayor uso de fertilizantes nitrogenados y a un mayor lavado de los suelos, producto de la mayor disponibilidad de agua de riego y de la menor aridez ambiental. Este hecho, concuerda con los resultados de la encuesta a agricultores, que indican un mayor uso y empleo de sobredosis de nitrógeno por los agricultores hortaliceros consultados.

B. Aguas subsuperficiales

Se muestreó en once localidades, alcanzándose un contenido promedio de 37,3 mg L⁻¹. Esto es más de seis veces el promedio de las aguas superficiales de los mismos valles, con un rango entre 0,7 y 112,5 mg L⁻¹. En general, se trata de cuerpos hídricos cuya profundidad no supera los 10 m de profundidad, casi todos ellos superando el límite máximo que la Norma Chilena NCH-409 define para aguas de consumo humano, por lo cual se trata de aguas no aptas para este uso. De las 11 muestras, sólo dos contenidos de nitrato fueron inferiores a este límite.

C. Aguas subterráneas

En 34 muestras de aguas desde pozos, se alcanzó un contenido promedio de 32,3 mg L⁻¹ (un valor similar al obtenido para las muestras subsuperficiales), con un rango entre <0,5 y 125 mg L⁻¹. En general, se trata de muestras tomadas a profundidad mayor a los 10 m. De la totalidad de las muestras analizadas, dos presentaron contenidos no detectables (contenidos bajo el lmd), siete estuvieron bajo el límite de 10 mg L⁻¹, que fija la normativa nacional para aguas de consumo humano. Para aguas de consumo humano o animal, en tanto que las restantes 25 excedieron este valor umbral.

4.2.3. Sector hortofrutícola del Valle Aconcagua (V Región)

Las aguas del valle del Aconcagua, en el tramo de la 3ª Sección del río del mismo nombre, que se extiende entre Hijuelas, por el este, y San Pedro, por el oeste, presentan la misma tendencia en sus contenidos de nitrato, que las de la IV Región: aguas subsuperficiales > aguas subterráneas > aguas superficiales. El promedio regional, de 19,2 mg NO₃⁻¹ L⁻¹, equivale al 86 y 76% de los promedios de las Regiones I y IV, respectivamente, lo cual podría explicarse por la mayor pluviometría de la zona, factor que neutralizaría efectivamente la mayor superficie e intensidad de las prácticas agrícolas.

A. Aguas superficiales

Las 15 muestras colectadas presentaron contenidos discernibles de nitrato (> lmd), aunque solamente tres excedieron el límite de 10 mg L⁻¹

para consumo humano o animal, demostrando no tener aptitud para consumo humano o animal. El rango de contenidos de nitrato fluctuó entre 0,9 y 35,5 mg L⁻¹, con un promedio de 9,1 mg L⁻¹.

Un elemento interesante de considerar fue que el contenidos promedio de nitrato en muestras de los canales de riego fue substancialmente mayor al de cursos naturales (ríos, esteros): 10,3 versus 4,3 mg L⁻¹, respectivamente. No existe una razón demostrada para explicar este hecho, pero es evidente que el uso de los canales, como medios de evacuación de aguas residuales humanas, tiene que estar influyendo en esto.

B. Aguas subsuperficiales

Las nueve muestras analizadas contuvieron nitrato en cantidades discernibles, con un amplio rango entre 0,6 y 128 mg L⁻¹, con un valor promedio de 31,1 mg L⁻¹. Este valor es un 76% superior al de las aguas superficiales y un 45% superior al de las aguas subterráneas, reflejando que se trata de las aguas más afectadas por la contaminación difusa con nitrógeno. En cinco muestras, los contenidos excedieron largamente el límite para aguas aptas para el consumo humano, en un rango entre 17,6 y 128,0 mg L⁻¹; esta amplia variabilidad sólo puede explicarse por el hecho que se trata de un área dedicada a agricultura intensiva, con altas aplicaciones de nitrógeno mineral, las que ocurren en distintas épocas del año.

C. Aguas subterráneas

Se analizó un total de 15 muestras de aguas de pozos, dando todas ellas contenidos por sobre el lmd. El rango de contenidos de nitrato se extendió entre 0,7 y 62 mg L⁻¹, con un promedio de 21,4 mg L⁻¹. El 75% de las muestras (12), presentó contenidos nítricos que excedieron el límite para consumo humano o animal.

La amplia variabilidad en los contenidos de nitrato tiene, necesariamente, la misma causa aludida para las aguas subsuperficiales: la agricultura intensiva del valle Aconcagua, con evidente sobre uso de fertilizantes nitrogenados, sumado a una permeabilidad variable de los suelos y a una caída pluviométrica invernal.

En general, los contenidos de nitrato medidos son mayores que los detectados por la red de monitoreo de la DGA que se observan en el cuadro del Anexo en CD, lo cual seguramente se debe en parte a diferencias en la localización de los puntos de muestreo y época del año en que fueron colectadas.

4.2.4. Valles del río Mapocho y estero Lampa (Región Metropolitana)

Especialmente en las aguas procedentes del valle del río Mapocho, se esperaba una mayor influencia del riego –hasta el inicio de la aparición del cólera- con aguas contaminadas con aguas servidas no tratadas, lo cual debía reflejarse en mayores contenidos nítricos. Este supuesto inicial parece confirmarse por el hecho que se trata del conjunto de muestras de aguas que generaron el contenido promedio de nitrato más alto, entre todas las áreas estudiadas (ver **Figura 23**), situación que se reproduce también para cada grupo de aguas de un mismo origen.

Los índices de nitratos encontrados en este estudio, pueden explicarse por el hecho de tratarse de uno de los valles más fértiles del país, donde se practica una agricultura intensiva de riego con especies de gran valor comercial (hortalizas) y otras tradicionales, como el maíz. Todas ellas con alto consumo de nitrógeno, que se soporta, principalmente, en la forma de urea y nitrato de potasio, como fertilizantes inorgánicos, además de guanos y compost de una amplia variedad.

Las áreas planas de baja cota y texturas gruesas en sectores de ríos y canales, son vulnerables a la contaminación difusa, lo cual queda re-frendado con los valores elevados de nitrato en las aguas subterráneas. Es necesario considerar que estas aguas han estado expuestas al riego con aguas servidas no tratadas por larga data, y que tiene que haber contribuido a alcanzar los tenores detectados, con mayor probabilidad que el alto consumo de fertilizantes nitrogenados.

A. Aguas superficiales

Las 12 muestras analizadas dieron contenidos discernibles de nitrato, aunque sólo cuatro presentaron excedencia del límite máximo para consumo humano o animal. El rango de contenidos fluctuó entre 0,7 y

25,3 mg L⁻¹, con un promedio de 16,6 mg L⁻¹. El promedio en esta agua equivale al 30% del propio de las aguas subsuperficiales y al 47% del de las aguas subterráneas.

No hubo diferencias significativas entre el promedio de nitrato en aguas de cursos naturales y el de canales: 16,0 versus 16,7 mg L⁻¹, respectivamente. Sin embargo, no es posible llegar a conclusiones definitivas, debido a que se analizó solo dos muestras provenientes de cursos naturales, lo cual genera una situación no necesariamente representativa.

B. Aguas subsuperficiales

Sólo, se analizó cinco muestras, todas ellas con contenidos discernibles de nitrato, conformando un rango entre 19,7 y 115,6 mg L⁻¹, y un promedio de 55,5 mg L⁻¹. Ello significa que todas las muestras presentaron mayor contenido de nitrato que el aceptable para aguas de consumo humano. El contenido promedio es 234 y 57% superior al de las aguas superficiales y subterráneas, respectivamente.

C. Aguas subterráneas

Todas las muestras analizadas (16), dieron contenidos de nitrato por encima del lmd analítico. Del total de 16 muestras, 13 presentaron contenidos por encima del límite para el consumo humano o animal, generando un rango entre 0,7 y 78,5 mg L⁻¹ y un promedio de 35,4 mg L⁻¹. El promedio para esta agua equivale al 64% del contenido promedio para aguas subsuperficiales.

4.2.5. Valle del Cachapoal (VI Región)

En esta cuenca hidrográfica, de ríos con amplios cauces, se reportan los mayores índices de consumo de nitrógeno, del orden de las 18,5 mil toneladas. Al mismo tiempo, esta región representa un sector agrícola con una amplia gama de cultivos industriales, con alta demanda nutricional (tabaco, remolacha, espárragos, maíz), algunos de los cuales ostentan récords mundiales de rendimiento unitario; aunque algunas especies vienen en reducción, el impacto del nitrógeno aplicado anteriormente puede estar aún vigente.

Adicionalmente, en esta región se localizan huertos de especies frutícolas con alto valor comercial, tales como manzanos, cítricos, cerezos y perales. Sin embargo, algunas áreas depresionales muestran condiciones de mayor riesgo de contaminación difusa, lo que explicaría algunos altos índices de nitratos detectados.

En este valle, se repite la tendencia descrita para las otras áreas de estudio, en el sentido que los contenidos máximos de nitrato se obtuvieron en las aguas subsuperficiales ($22,9 \text{ mg L}^{-1}$), aunque la diferencia con las aguas subterráneas es prácticamente inexistente ($22,4 \text{ mg L}^{-1}$); los contenidos menores se midieron en las aguas superficiales ($7,3 \text{ mg L}^{-1}$). Llama la atención la nula diferencia existente entre las aguas subsuperficiales y profundas, lo cual puede deberse a las siguientes dos causas: (a) un sistema hidrogeológico más abierto que en otras regiones y (b) una mayor dificultad para distinguir entre estos dos tipos de aguas.

A. Aguas superficiales

En esta región, seis de las 48 muestras analizadas presentaron contenido no discernibles de nitrato ($<0,5 \text{ mg L}^{-1}$), en tanto que 13 estuvieron por encima del límite para el consumo humano o animal ($>10 \text{ mg L}^{-1}$); el rango fluctuó entre $<0,5$ y $34,4 \text{ mg L}^{-1}$, con un promedio de $7,3 \text{ mg L}^{-1}$. Los contenidos de nitrato en canales de riego fueron substancialmente mayores a los de las aguas tomadas desde cursos naturales (ríos, esteros): promedio de $8,6$ versus $0,71 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente, siendo ello indicativo del mal uso que se hace de las aguas que conducen los canales.

B. Aguas subsuperficiales

El 100% de las muestras analizadas (16), presentó contenidos de nitrato discernibles, conformando un rango entre $1,1$ y $58,7 \text{ mg L}^{-1}$, con un promedio de $22,9 \text{ mg L}^{-1}$. Por su parte, 10 de las 16 muestras, excedieron el contenido límite para ser consideradas como aptas para el consumo humano o la bebida animal. El promedio, en estas aguas, fue 214% mayor al de las aguas superficiales aunque sólo un 2% mayor al de las aguas profundas.

Llamó la atención una muestra con un contenido de 370 mg L^{-1} , el cual se encuentra fuera de la tendencia más frecuente en el valle del Cachapoal. Por ello, empleando el mismo criterio aplicado para la I Región, esta muestra fue excluida de los cálculos; de haberse incluido, el promedio habría subido a $43,2 \text{ mg L}^{-1}$.

C. Aguas subterráneas

En este caso, cinco de las 24 muestras presentaron contenidos nítricos no detectables. O sea, bajo el límite de detección analítico, mientras que 14 estuvieron por encima del límite máximo para el consumo humano o bebida animal. El rango de concentraciones osciló entre $<0,5$ y $55,8 \text{ mg L}^{-1}$, con un promedio de $22,4 \text{ mg L}^{-1}$. En todo caso, en este valor influye significativamente la inclusión de un valor anómalo de 172 mg L^{-1} , cuya validez fue debidamente confirmada.

4.2.6. Valle del Maule (VII Región)

En esta Región, se reduce el consumo de nitrógeno de las especies frutícolas, con dominancia de las vides viníferas, una reducción de la superficie hortalicera, lo cual se contrapone con un incremento del área forestal. Existe un menor riesgo de contaminación difusa de las aguas superficiales y subterráneas en una cuenca de amplia irrigación de los valles, con altos volúmenes de agua circulante y una alta pluviometría, todo lo cual contribuye a diluir los contenidos de nitratos.

La diferencia en el contenido de nitrato entre las aguas subsuperficiales y superficiales es la máxima encontrada en este estudio, con una relación 59:1 entre ambos tipos de agua. Esta relación baja a 8,5:1, cuando se comparan las aguas subsuperficiales con las subterráneas.

A. Aguas superficiales

Las 11 muestras analizadas presentaron contenidos detectables de nitrato, aunque también las 11 muestras no excedieron el límite de 10 mg L^{-1} , definido como umbral máximo para aguas de consumo humano. El rango osciló entre $0,6$ y $3,8 \text{ mg L}^{-1}$, con un promedio de $1,1 \text{ mg L}^{-1}$, el segundo menor entre todas las áreas estudiadas. En este caso, es

evidente, la significativa mayor capacidad de dilución de la cuenca, que reduce substancialmente los contenidos de aquellas substancias aportadas por la actividad humana, factor que está vinculado al menor consumo de nitrógeno en esta región.

La diferencia entre los contenidos de nitrato en aguas de canales, en comparación con las de los cursos naturales, fue significativamente menor que para las regiones más al norte: 1,3 versus 0,7 mg L⁻¹. Esta menor diferencia puede ser imputable a la mayor capacidad de dilución existente en la región, lo cual incluye también a los canales de riego.

B. Aguas subsuperficiales

Se estimó el valor promedio sobre la base de cuatro muestras, insuficiente para extraer conclusiones válidas; el promedio alcanzó un valor de 9,0, con un rango entre 6,4 y 11,6 mg L⁻¹. Sin embargo, existe una cuarta muestra que proporcionó un valor de 234 mg L⁻¹, absolutamente fuera de tendencia y definido como anómalo. Debido a que no pudo confirmarse fehacientemente, fue dejado fuera de cálculo. De haberse incluido, el promedio habría ascendido a 65,4 mg L⁻¹.

C. Aguas subterráneas

El análisis de 18 muestras de pozos generó un promedio regional de 7,7 mg L⁻¹, con un rango de contenidos fluctuante entre 0,4 y 22,9 mg L⁻¹. De las 18 muestras, seis pueden ser clasificadas como no aptas para consumo humano o animal, debido a que exceden el umbral de 10 mg L⁻¹.

4.3. Comparación con datos de la Dirección General de Aguas (DGA)

En general, al comparar los valores de nitratos obtenidos en este muestreo, con aquellos valores informados por la Dirección General de Aguas (cuadro incluido en Anexo en CD), mayoritariamente para aguas superficiales, se observa que sólo algunos índices de nitratos obtenidos son concordantes entre sí y que, además, los contenidos medidos en este estudio tienden a ser significativamente mayores a los de la DGA. En gran medida, estas diferencias pueden ser explicadas por diferencias en las

fechas de muestreo dentro del año, en el año de muestreo y en los sitios de toma de muestras. También, puede haber diferencias en el manejo de las muestras, una vez colectadas y hasta ser ingresadas al laboratorio.

Con excepción de un par de muestras tomadas en este estudio mostrando valores extremos anómalos, que fueron eliminadas del análisis¹, los contenidos de nitrato de las aguas de este estudio dieron valores consistentes y reproducibles, por lo cual deben aceptarse como representativos de la situación real. De acuerdo a ello, debe concluirse que la contaminación difusa, expresada a través del contenido de nitrato, de las aguas continentales de Chile, es mayor de lo que podría pronosticarse al analizar sólo los datos de la DGA.

4.5. Conclusiones

Las principales conclusiones, alcanzadas en este estudio, fueron las siguientes:

- El nitrato es un anión de origen biológico y, en el caso de las aguas continentales nacionales, existentes dentro de áreas dedicadas a la agricultura, es un indicador de contaminación ambiental no específico, porque puede provenir de distintas fuentes (aguas servidas, residuos animales, fertilizantes minerales solubles).
- En la gran mayoría de los casos, el nitrato se encuentra en contenidos discernibles en las aguas continentales; de acuerdo a los cánones analíticos aplicados en el presente estudio, significa contenidos iguales o superiores a 0,5 mg L⁻¹.
- Los contenidos de nitrato son significativamente mayores en las aguas subsuperficiales (norias), seguidos por los de las aguas subterráneas o profundas (pozos), para terminar con las aguas superficiales (ríos, esteros, canales), que son las que presentan los contenidos menores.
- Dentro de las aguas superficiales, el nitrato es substancialmente mayor en las aguas colectadas desde canales de riego que en las

¹ Todos los valores medidos fueron incluidos en el análisis. Sin embargo, aquellos valores considerados anómalos y que no fueron comprobados fehacientemente, no fueron considerados

tomadas desde cauces naturales; ello es consistente con una dinámica propia de un contaminante ambiental.

- El proceso de contaminación difusa de las aguas continentales con formas minerales disueltas de nitrógeno está en una fase más avanzada de lo cual podría deducirse al analizar los datos proporcionados por la Dirección Nacional de Aguas (DGA).
- Sólo analizando el nitrato en muestras de aguas continentales, no es posible discernir el origen más probable del anión.
- Actualmente en la mayoría de las regiones, los índices de nitrato en aguas parece estar mejor reflejado por el tipo, consumo y modalidad de uso de los fertilizantes nitrogenados minerales, y
- los contenidos de nitrato en aguas de la Región Metropolitana deben reflejar en una medida importante el aporte desde las aguas servidas, no obstante la alta cobertura actual de los sistemas de tratamiento (cerca del 75% al 2006).

En este estudio, se tomó muestras de aguas, tanto superficiales (naturales, como ríos y esteros; construidos, como canales) así como subsuperficiales (norias) y subterráneas (pozos). La diferencia entre noria y pozo refleja la realidad del acuífero, a saber:

- las norias son de poca profundidad (< 25 m) y extraen aguas desde los cuerpos de aguas subterráneas que están comunicados con la superficie del suelo, por lo cual puede esperarse un efecto máximo de las acciones que sobre ella ocurran, y
- los pozos son de mayor profundidad y extraen aguas desde cursos que, generalmente, se encuentran confinados entre capas impermeables, por lo cual están poco influenciadas por las acciones humanas que ocurren en la superficie del suelo.

Las muestras fueron obtenidas bajo un estricto protocolo de muestreo (ver protocolos de muestreo en Capítulo 4, de este Boletín).

En el cuadro en Anexo en CD, se observa la selección preliminar de los sitios de muestreo para Nitratos en las cuencas seleccionadas en el Proyecto en las Comunas y Regiones consideradas.

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS NITROGENADOS EN TEJIDOS COMESTIBLES

Carlos Rojas-Walker
Ing. Agrónomo Ph.D.
INIA – La Platina

12.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE RESIDUOS NITROGENADOS DETECTADOS EN TEJIDOS VEGETALES.

El análisis e interpretación de los contenidos de N en frutos y tejidos de hortalizas no solamente tienen una clara importancia nutricional, sino también, lo tienen del punto de vista de la inocuidad alimentaria, porque altos contenidos de N o Nitratos en frutos y tejidos comestibles pueden significar una alta ingesta de estos componentes por animales y humanos que transformados en el tracto digestivo pueden generar nitrosaminas, un componente nitrogenado orgánico de comprobada acción cancerígena.

Los nitratos, no son en sí mismos sustancias tóxicas, pero estos se transforman en nitritos en las etapas del metabolismo humano. Los nitritos pueden reaccionar en medio ácido en el estómago con las aminas que provienen del metabolismo de alimentos proteicos, originando nitrosaminas, las cuales son agentes cancerígenos. Estudios epidemiológicos, han señalado así una correlación positiva entre la incidencia de cáncer gástrico, esofágico y nasofaríngeo con el alto uso de fertilizantes nitrogenados. Lechugas y espinacas son especies acumuladoras de nitratos. Al respecto, en niños bastan cantidades mínimas para desencadenar trastornos graves (Hill, 1990; Jaworska, 2005). Así desde el punto de vista dietético la OMS ha establecido un nivel de ingesta diaria admisible (IDA) de 3,7 mg de Nitratos por kg de peso vivo y en el caso de los infantes este valor es aun mucho menor, porque ellos son, espe-

cialmente sensibles a una dieta alta en nitratos. Así se ha establecido un IDA de 0,2 mg de Nitratos por k de peso vivo ([http://www.dsalud.com/alimentación numero 77.htm](http://www.dsalud.com/alimentación_numero_77.htm), 2006).

Al respecto, diferentes cultivares proveen diferentes cantidades de residuos nitrogenados frescos. Al mismo tiempo, es necesario considerar que en el caso de las hortalizas, se trata de una sucesión de cultivos de laboreo intensivo, situación que crea una desestabilización del N orgánico, como es el caso de especies no perennes en la cual se ha efectuado esta prospección.

Estos estudios constituyen una novedad, ya que en el país no se dispone de estándares nacionales conocidos como valores críticos o valores para estimar los requerimientos internos de N de los cultivos. En algunos casos, se dispone de los valores de requerimientos internos de la planta entera, pero no de los valores de RIN (requerimientos internos de N) por compartimentos como es el caso de las especies de fruto. Así, en este caso, se ha considerado los antecedentes disponibles de los valores de RIN obtenidos por el INIA y algunos antecedentes nacionales y del extranjero, como se muestra en el **Cuadro 1**.

A modo de ejemplo, se muestra aquí las distribuciones de frecuencia de los valores de RIN encontrados en algunas especies consideradas en este estudio.

En lechugas, de la V Región por ejemplo, un 24% de los valores detectados, se encontraron por encima del valor de RIN y el 76% restante por debajo de este índice. Aparentemente, los agricultores suben las dosis de N tal vez con la intención de incrementar la producción. Sin embargo, este efecto sólo incrementa los niveles de N total en las hojas de lechuga en un corto período vegetativo como se aprecia en la **Figura 1**.

■ 0-3,44% RIN ■ 3,45-3,55% RIN ■ 3,56% RIN y más

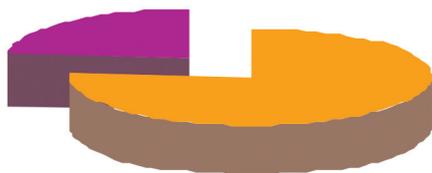


Figura 1.
Distribución de los valores de RIN encontrados en el cultivo de lechugas de la V Región (n= 21).

Cuadro1. Categorías y Rangos de valores de RIN en las especies consideradas

Especie	Categoría	Rango de RIN %
Tomate al aire libre	Bajo	0 - 2,59
	Normal	2,6 - 2,70
	Alto	+2,71
Lechuga	Bajo	0 - 3,44
	Normal	3,45 - 3,55
	Alto	+3,56
Tomate de invernadero	Bajo	0 - 2,59
	Normal	2,6 - 2,70
	Alto	+ 2,71
Apio	Bajo	0 - 2,44
	Normal	2,45 - 2,55
	Alto	+2,56
Papa	Bajo	0 - 1,64
	Normal	1,65 - 1,75
	Alto	+ 1,75
Pimiento de invernadero	Bajo	0 -2,59
	Normal	2,6 - 2,7
	Alto	+2,71
Repollo	Bajo	0 - 3,44
	Normal	3,45 -3,55
	Alto	+3,56
Cebolla	Bajo	0 - 3,54
	Normal	3,55 - 3,65
	Alto	+3,66
Espinaca	Bajo	0 - 3,44
	Normal	3,45 - 3,55
	Alto	+3,56

* Valores obtenidos de Mills y Benton Jones, Jr. Del Plant ANALISYS Hanbook II, INIA y otras referencias.

En esta misma Región, un 8% de las muestras de tomate de invernadero, se ubicó por sobre los valores de RIN, estando la mayoría bajo este valor, como se aprecia en la **Figura 2**.

En la VI Región, un 6% de los frutos de tomate al aire libre de la población de agricultores, se mantienen con valores superiores al RIN, mientras un 94% restante mostró en esta instantánea prospección, valores inferiores al RIN seleccionado, ver **Figura 3**.

0-2,59% RIN 2,60-1,7% RIN 2,71% RIN y más

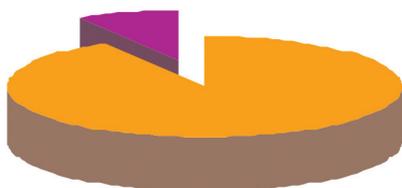


Figura 2.
Distribución de los valores de RIN encontrados en el cultivo de tomate de invernadero de la V Región (n= 24).

0-2,59% RIN 2,60-1,7% RIN 2,71% RIN y más

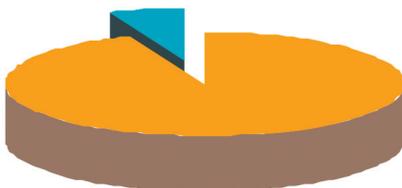


Figura 3.
Distribución de los valores de RIN encontrados en cultivo de tomate industrial (n= 34)

En lechugas de la VII Región, un 14% de las muestras de hojas indicó valores superiores al valor de RIN seleccionado como se aprecia en la **Figura 4.**

0-2,59% RIN 2,60-1,7% RIN 2,71% RIN y más

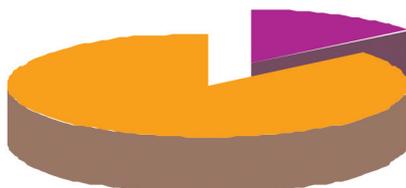


Figura 4.
Distribución de los valores de RIN encontrados en cultivo de Lechuga de la VII Región (n = 7).

En las mismas localidades del estudio, se efectuó una prospección simultánea del contenido de Nitratos contenidos en los tejidos de frutos y hojas de los cultivos hortícolas seleccionados como una forma de profundizar este estudio, porque son los nitratos y nitritos las formas más peligrosas del punto de vista de la inocuidad alimentaria.

Al respecto, es necesario indicar que los valores de nitratos en lechugas, repollo y espinacas en rangos deficientes y suficientes son válidos. Sin embargo, en el caso de las especies de frutos, tales como tomates, papas, cebollas y pimiento, los valores son referenciales, porque en estas especies predominantemente las formas nítricas son transformadas

en las hojas a formas orgánicas (tales como proteínas y aminoácidos) por efecto de la enzima nitrato reductasa. De este modo, escasas cantidades son detectadas en estos tejidos (Marshner, 1986; <http://www.consumer.es> eroski, 2006; Ruiz, comunicación personal, 2007).

Especies **“altamente acumuladoras”** de nitratos, se consideran: las espinacas, acelgas, lechugas e hinojo, remolachas, nabo, rábanos y rabanitos.

Especies de **“acumulación media”**, serían: repollo, coliflor, apio, berenjena, zanahoria, tomates.

Especies de **“acumulación baja”**, serían: pepino, pimientos, coles de Bruselas, endivias, cebollas y porotos verdes.

La presencia de nitratos y nitritos en productos vegetales, sobreviene por lo general como consecuencia de la sobre fertilización con fertilizantes nítricos. Los pesticidas que se usan en la agricultura, pueden contribuir con un incremento de los nitratos en las plantas, frutos y hortalizas. Los nitratos en las plantas, provienen de los nitratos en el suelo y a su vez estos derivan del aire del suelo o de los fertilizantes naturales o artificiales aplicados al suelo. A través de muchas investigaciones, se ha establecido la relación entre la cantidad de fertilizantes químicos incorporados al suelo y la cantidad de nitratos detectados en las plantas.

Algunos investigadores, han clasificado a las plantas según su demanda de Nitrógeno. Así las del Tipo III, son típicas especies de frutos que tienen un largo período de cultivo, por lo que demandan altos niveles de nitrógeno durante todo el ciclo de cultivo.

Las especies del Tipo II, que corresponden a especies de raíces, requieren más fertilizantes nitrogenados en períodos intermedios, tales como repollos o zanahorias. En las últimas etapas de desarrollo, estas plantas reducen sus requerimientos.

En las especies del Tipo I, estas requieren una alta dosis en el período inicial de crecimiento como **“estarter”** y no mas adiciones de N debido a su corto período vegetativo, como es el caso de las lechugas (Kato,

2000; Tanaka., 2003). Así en especies de lechugas, no se ha detectado variaciones de rendimiento en esta especie con dosis de 100 k de N/ha si el N no se aplica mas allá de 45 días después del transplante.

De acuerdo a valores referidos en la literatura y juicio experto, se confeccionó el **Cuadro 2** para discriminar aquellos valores que se encontraban muy por encima de los índices de suficiencia.

Cuadro 2. Valores de nitratos en rangos de deficiencia, medios y altos en las especies hortícolas del estudio.

Especie	Deficiente (mg/kg)	Medio (mg/kg)	Alto (mg/kg)
Papas	< 40	41 - 1000	>1000
Cebollas	< 10	11 - 30	>30
Tomate aire libre	< 150	151 - 300	>300
Tomate invernadero	< 150	151 — 400	>400
Pimiento rojo	<150	151—500	>500
Lechugas	< 3000	3001 — 4000	>4000
Apio	< 3000	3001 — 6000	>6000
Espinacas	< 900	901 — 1200	>1200
Repollo	< 3000	3001— 4000	>4000

A modo de ejemplo, se muestra el contenido de nitratos en lechugas de algunas Regiones del estudio. Así, como se observa en la **Figura 5**, los contenidos de nitratos en lechugas de la V Región, mostró una alta proporción de muestras (90%) con contenidos superiores a 4000 mg/k de tejidos y el resto de las muestras con valores inferiores a 3000 mg/k (deficientes).

En la misma Región, en tomate de invernadero (**Figura 6**), se apreció una alta proporción de muestras con contenidos deficientes, inferiores a 150 mg/k de materia seca (58%). Sin embargo, una proporción importante con contenidos medios (29%) y el resto con contenidos superiores a 400 mg/k de tejidos (12,5%).

En la VI Región sólo el 5,9 % de las muestras con tomate al aire libre, mostraron valores superiores a 300 mg/k y la más alta frecuencia de las muestras, se distribuyó en valores medios (47 %) y bajos (47%) en igual proporción.

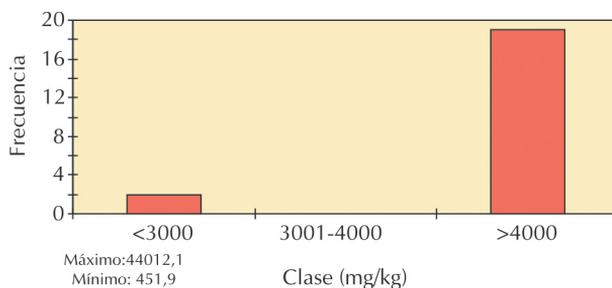


Figura 5. Distribución de frecuencia de nitratos en tejidos de hojas de lechuga de la V Región (n = 21).

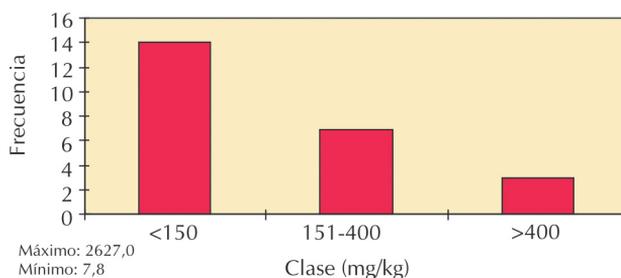


Figura 6. Distribución de frecuencia de nitratos en tejidos de frutos de tomate de invernadero de la V Región (n = 24).

En lechugas de la VII Región, nuevamente la más alta frecuencia de las muestras superó los 4000 mg/k y entre 3000 a 4000 mg/k el resto de las muestras analizadas, sin observarse valores bajos (**Figura 7**).

Este mismo análisis, se efectuó en todas las especies y Regiones del estudio.

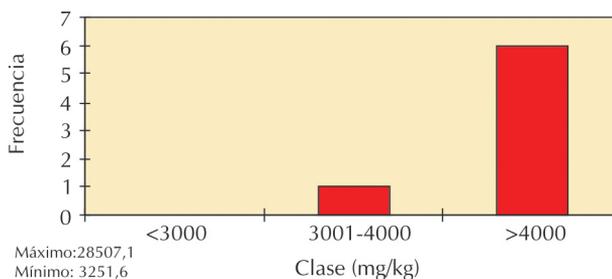


Figura 7. Distribución de los valores de nitratos en hojas de lechuga de la VII Región (n = 7).

CARACTERIZACIÓN DE COLIFORMES FECALES EN AGUAS DE RIEGO

Sergio González M.
Ing. Agrónomo M.Sc.
INIA – La Platina

13.1 CARACTERIZACIÓN DE COLIFORMES FECALES

Los coliformes fecales corresponden a bacterias naturalmente existentes en el tracto digestivo de los mamíferos superiores, incluyendo los seres humanos; por tal motivo, se encuentra a estas bacterias en los excrementos. Por ello, su presencia en cuerpos y cursos de aguas es una señal irredargüible de contaminación con materias fecales y, como tal, es el indicador más usado para tales efectos.

Si bien no corresponde a bacterias en sí patógenas para el ser humano, toda vez que forman parte de su propia flora intestinal, las normas primarias y secundarias de calidad de aguas establecen umbrales cuantitativos máximos para una presencia aceptable de coliformes fecales. De esta forma, la norma de calidad chilena para aguas de consumo humano¹ (y, por extensión, para animales domésticos) establecen el umbral de no presencia (presencia cero) de coliformes fecales en cuerpos de aguas. En tanto que la norma chilena para aguas de riego² fija un umbral de 1.000 coliformes fecales, como NMP³, para aguas destinadas al riego de plantas hortícolas de hábito rastrero y consumo preferente en verde, como la lechuga, achicoria, zanahoria y cebolla, entre otras.

Estos umbrales no deben interpretarse como un reconocimiento de la patogenicidad de las bacterias colifecales, sino que los estudios epidemiológicos, llevados a cabo hace ya algunos años tanto en los

¹ NCH-409, del Instituto Nacional de Normalización

² NCH-1333 Of. 78, del Instituto Nacional de Normalización

³ Número más probable

Estados Unidos de América como en países de Europa Occidental, indicaron que la aplicación de estos umbrales reducían significativamente la probabilidad de que alguien que bebiera de esa agua o consumiera una lechuga se contagiara con alguna enfermedad infecciosa cuyos patógenos se transmiten por las fecas, al igual que los coliformes fecales (por ejemplo, tífus, paratífus, hepatitis).

Otra razón para continuar usando este indicador biológico estriba en su facilidad de detección y cuantificación, situación que desafortunadamente no se da con los microorganismos verdaderamente patógenos ni menos con los virus causantes de enfermedades gastrointestinales. En todo caso, no puede perderse el horizonte que, no obstante permitir la detección de procesos contaminantes de aguas con materias fecales, es inespecífico en cuanto al origen de la contaminación, porque puede provenir tanto de fuente humana como animal.

13.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES EN AGUA

El **Cuadro 1**, presenta los resultados provenientes del análisis de 118 muestras de aguas tomadas desde cursos superficiales, existentes en las Regiones I de Tarapacá, IV de Coquimbo, V de Aconcagua, VI del Libertador Bernardo O'Higgins Riquelme y VII del Maule. Los resultados globales indican que el promedio ponderado alcanzó el valor de $1,25 \times 10^4$, esto es de 12.000 NMP coliformes fecales 100 ml⁻¹. Este valor se encuentra 12,5 veces encima del umbral determinado por la norma chilena para aguas de riego, correspondiente a $1,0E+03$ NMP

Cuadro 1. Contenidos de coliformes fecales (NMP 100ml⁻¹) en muestras de aguas superficiales.

Región	Promedio	Máximo	Mínimo	Nº de muestras
I	1,34E+03	2,30E+04	<2E+00	22
IV	1,42E+04	2,40E+05	<2E+00	33
V	2,87E+04	3,00E+05	1,30E+02	16
VI	5,44E+03	5,00E+04	<2E+00	37
VII	3,19E+04	2,30E+05	8,00E+01	10
Total	1,25E+04	3,00E+05	<2E+00	118

coliformes fecales 100 ml⁻¹. Evidentemente, sólo algunas pocas muestras tomadas en cursos superficiales de las Regiones I, IV y VI podrían ser consideradas aptas para consumo humano.

Otro elemento interesante es que, en todas las regiones estudiadas, fue posible encontrar algunas aguas superficiales con contenidos de coliformes fecales que cumplieron con el requisito de calidad fijado por la NCH-1333. Esto es, con contenidos <1.000 NMP coliformes fecales 100 ml⁻¹, lo cual las hace afines para riego de hortalizas de hábito rastrero y consumo preferente en verde.

La mayoría de las muestras de aguas superficiales tuvieron contenidos excedentes, respecto del umbral incluido en la norma chilena para aguas de riego, y que hace que todos los promedios regionales cayeran fuera de la norma para aguas de riego. Sin embargo, llama la atención que los contenidos máximos no excedieran de valores correspondientes a decenas de miles (E+04) o, en el peor de los casos, de centenas de miles (+E05).

Si bien se trata de contenidos altos y que impiden usar esas aguas para riego de hortalizas, no es menos cierto que son inferiores a los contenidos tradicionalmente detectados en aguas superficiales (E+06 a +E08). No contándose con otra información acerca de modificaciones profundas en la forma que la sociedad chilena gestiona sus aguas dulces superficiales, es que la implementación en todo el país de sistemas de tratamiento de las aguas servidas, puede asumir que estos valores máximos por debajo de los valores tradicionales en el país, estarían reflejando la descarga de aguas servidas tratadas en los cursos superficiales. Este impacto se maximizará cuando la totalidad de las aguas servidas estén siendo tratadas.

El **Cuadro 2**, por su parte, muestra los resultados de los análisis efectuados en muestras de aguas subterráneas, desagregadas en subsuperficiales o norias (36 muestras) y subterráneas o pozos (2 muestras).

La analítica efectuada en las aguas provenientes de norias indica que la mayoría de las muestras tuvo presencia de coliformes fecales, lo cual desmiente la creencia generalizada que las aguas existentes bajo

Cuadro 2. Contenidos de coliformes fecales (NMP 100ml⁻¹) en muestras de aguas subterráneas.

Aguas subsuperficiales (norias)				
I	NA	NA	NA	0
IV	4,34E+02	1,30E+03	<2E+00	3
V	1,40E+03	1,70E+04	<2E+00	13
VI	9,48E+01	7,00E+02	<2E+00	20
VII	NA	NA	NA	0
Subtotal	1,40E+03	6,64E+03	<2E+00	36
Aguas subterráneas (pozos)				
I	NA	NA	NA	0
IV	<2E+00	<2E+00	<2E+00	1
V	NA	NA	NA	0
VI	8,00E+02	8,00E+02	8,00E+02	1
VII	NA	NA	NA	0
Subtotal	8,00E+02	4,00E+02	<2E+00	2
Gran total	8,00E+02	6,31E+03	<2E+00	38

la superficie de la tierra se encuentran libres de esta contaminación fecal y son *per se* aptas para consumo humano. En este caso, se trata de un recurso hídrico que se encuentra a una profundidad que no es resguardo suficiente para ser alcanzadas por las materias fecales transportadas por las aguas superficiales.

No obstante lo anterior, debe reconocerse que los contenidos cuantificados son, tanto como contenidos máximos y promedios, significativamente inferiores a los encontrados en aguas superficiales, lo cual indica que la profundidad genera una barrera al desplazamiento de las sustancias fecales. Para que esta barrera sea completamente efectiva, deben cumplirse algunos requisitos, como la existencia de alguna zona impermeable por sobre los cursos de agua subterráneos y que impida el movimiento vertical descendente de las aguas que infiltran en los suelos.

Ello no ocurre con las muestras de norias, cuerpos de aguas cuya profundidad es relativamente baja y, por ende, pueden mantener en algunos puntos, contacto físico con la superficie del suelo. Si bien, la gran

mayoría de las norias se presentaron libres de coliformes fecales (contenidos bajo el límite mínimo de detección), certificando su condición de “aptas para el consumo humano”, 10 norias (de un total de 36) presentaron coliformes fecales, en un rango entre $7E+02$ y $1,7E+04$ NMP 100 ml⁻¹. Este hecho refleja la vulnerabilidad de estas aguas subsuperficiales a lo ocurrido en la superficie del suelo.

Respecto de las aguas subterráneas o pozos, no es mucho lo que se puede decir por tratarse sólo de dos muestras, una tomada en la IV Región y la otra en la VI Región. Aunque en ninguno de los dos casos se excedió el umbral fijado por el NCH-1333 para aguas de riego, lo más llamativo es el hecho que, en la muestra tomada en la VI Región, hubo detección de coliformes fecales ($8E+02$ NMP 100 ml⁻¹), con lo cual no puede clasificarse como apta para consumo humano o animal.

13.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES EN TEJIDOS VEGETALES

La detección microbiológica de coliformes fecales en hojas de lechuga, se realizó como un análisis complementario a la detección de coliformes en aguas de riego, a fin de conocer el grado de contaminación que pudieran sufrir estos cultivos de hojas antes de llegar a los supermercados y finalmente al consumidor en forma de ensaladas frescas de consumo directo. Para este efecto, se consideró la lechuga como cultivo indicador, porque existen evidencias que otras especies de hojas como repollos, no muestran contaminación de esta naturaleza (Escaff, 2007). En este análisis, se incluyó las Regiones de mayor importancia en lo referido a producción de lechugas (V, RM, VI y VII Regiones). Del total de muestras analizadas (35), sólo el 10% resultó con valores de coliformes fecales superiores a 1000 NMP/100 gr, por lo cual se deduce que el riesgo es mínimo en estas hortalizas de consumo directo. En muchos casos, el riego de las hortalizas, se efectúa con agua de pozo.

IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS DE BPMA, CON ORIENTACIÓN DE MIP POR ESPECIE HORTÍCOLA

Carlos Rojas-Walker.

Ing. Agrónomo Ph.D.

Paulina Sepúlveda R.

Ing. Agrónomo M.Sci.

Patricia Estay P.

Ing. Agrónomo M.Sci.

Juan Ormeño N.

Ing. Agrónomo Ph.D.

Alfonso Chacón S.

Ing. Agrónomo

INIA – La Platina

14.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MÓDULOS BPMA

Los criterios de selección de los sitios para el establecimiento de los módulos en las distintas localidades fueron:

- Superficie y Número de Agricultores que producen los cultivos en estudio.
- Ubicación en la cuenca.
- Calidad del agua.

Los criterios de selección de los agricultores donde se establecieron los módulos fueron:

- Aceptabilidad o accesibilidad de los agricultores: Grado de compromiso y cooperación y facilitar el éxito de los módulos.
- Representatividad (Superficie y rubros). Se seleccionó un agricultor medio, modal y representativo del área de impacto del modulo.
- Localización estratégica de la cuenca: con facilidades de acceso para futuras actividades grupales.
- Producción comercial del cultivo dentro del predio como especie sustentable.

A partir del tercer trimestre del año 2005, se establecieron los módulos de tomate al aire libre, tomate invernadero, pimiento invernadero, papa,

cebolla y a partir del segundo trimestre del año 2006, se establecieron los cultivos de repollo y apio (**Cuadro 1**).

Los agricultores y sitios seleccionados para establecer los módulos se presentan en el **Cuadro 2**.

Cuadro 1. Establecimiento de módulos de BPMA.

Región	Nº módulos	Cultivos	Localidad	Año
V	1	Tomate invernadero, Pimiento invernadero	Quillota	2005
VI	1	Tomate aire libre	Rengo	2005
RM	1	Lechuga, Espinaca	Lampa	2005
	1	Cebolla, Papa	El Monte	2005
	1	Repollo, Apio	Maipú	2006

Cuadro 2. Agricultores seleccionados para los módulos a establecer durante el año 2005.

Región	Nº módulos	Cultivos	Localidad	Agricultor
V	1	Tomate invernadero, Pimiento invernadero	Quillota-La Palma	Víctor Fabres
VI	1	Tomate aire libre	Rengo	Pedro Rojas
RM	1	Lechuga, Espinaca	Lampa	Ambrosio Venegas
	1	Cebolla, Papa	El Monte	Carlos Yañez

En cada uno de los módulos se comparó dos condiciones de manejo:

- 1) Parcela demostrativa destinada al manejo de plaguicidas y fertilizantes nitrogenados bajo sistema de BPMA (incluyó el protocolo de EurepGAP).
- 2) Parcela del agricultor (con manejo tradicional).

El tamaño de las parcelas demostrativas establecidas fueron de:

- 1) Bajo invernadero: se trabajó con naves establecidas, de una superficie de 210 m² (7 x 30 m), y
- 2) al aire libre: parcelas demostrativas de 500 m² (20x25m) cada una.

La estrategia de Manejo Integrado de Plagas (MIP), utilizó diversas técnicas de control complementarias entre sí y que buscan como objetivo final evitar o reducir el daño que ocasiona una o más plagas sobre un determinado cultivo. Se le dio prioridad a los métodos que siendo más seguros para la salud humana y el medio ambiente, permiten la producción económica de productos de calidad para el mercado.

Los elementos que se consideraron para desarrollar un Programa de MIP fueron:

- Identificación adecuada del problema; ejemplo, plagas o enfermedades y sus enemigos naturales.
- Monitoreo de plaga o agente causal de plaga.
- Comprensión de la biología de los organismos.
- Empleo de umbrales de daño económico.
- Investigación alternativa de soluciones del problema.
- Decisiones de manejo en la información proporcionada por el **monitoreo**.
- Evaluación de decisiones a nivel de pequeños, medianos y grandes agricultores.
- Transferencia de los resultados a nivel de los agricultores y asesores técnicos.

El fundamento del Programa de MIP, consistió en un adecuado **monitoreo**, porque:

- Permite conocer la población y distribución de la plaga o agente causal de enfermedades en un determinado momento del ciclo de cultivo.
- Registró el efecto de las condiciones ambientales naturales en el desarrollo de una plaga o agente causal de la enfermedad.
- Se evaluó la efectividad de las medidas de control.

Técnicas de Control a implementar en los Programas de MIP

Manejo Cultural: Basado en la estratégica elección del terreno y clima adecuados para el desarrollo de la especie a cultivar y conocimiento del efecto de estas condiciones en el desarrollo de las plagas y enfermedades.

Control Biológico: Uso de enemigos naturales de plagas y enfermedades, los cuales son manejados por el hombre, ya sea a través de:

- Modificación del ambiente (Control Biológico Conservacionista)
- Introducción, liberación y posterior adaptación a las nuevas condiciones (Control Biológico Tradicional).
- Reproducción de enemigos naturales en condiciones de laboratorio y posterior liberación periódica (Control Biológico Inundativo o Inoculativos).

Control Químico: Es sin duda la herramienta más utilizada, pero la que genera mayores problemas en el medio agrícola y la salud humana.

La tendencia actual es:

- Aplicar los pesticidas de acuerdo a monitoreo y con ello determinar umbrales de daño.
- Disminuir y en algunas especies donde es posible discontinuar el uso de organofosforados.
- Reemplazar por insecticidas “Suaves” o “Blandos”, como reguladores de crecimiento, derivados sintéticos o naturales de procesos producidos por organismos vivos.
- Insecticidas con sitio bioquímico de acción. En el caso de artrópodos, i.a. distintos a Órgano fosforados y Carbamatos.
- Utilizar rotación de pesticidas para evitar resistencia.
- Usar insecticidas selectivos de enemigos naturales.
- Buscar métodos eficientes de aplicación.

Otro aspecto muy importante para que todo programa de MIP sea viable, es la Transferencia Tecnológica y ello debiera lograrse:

- Formando profesionales, técnicos y agricultores, que sean capaces de Monitorear y Registrar, guardando la información año a año.

- Que los organismos que trabajan en investigación y desarrollo, transfieran la información a través de charlas, seminarios, publicaciones, guías de campo, creación de página web; en definitiva formación de monitores, asesores técnicos.
- Establecimiento de predios pilotos.
- Demostración de su factibilidad Técnico Económico.
- Demostración de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que tiene un Programa de MIP, para hortalizas en Chile, informar a las instancias pertinentes.

14.2 IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS PILOTOS

En todos los módulos pilotos donde se implementó un Modelo de BPA, el Programa de MIP se inicio con un programa de monitoreo que permitió conocer las especies de insectos, ácaros y los enemigos naturales presentes en cada cultivo hortícola, su fluctuación poblacional, los umbrales de daño económico y a partir de allí decidir la estrategia de manejo a utilizar. En este capítulo en relación a insectos se presentan las estrategias de monitoreo y control comunes a varias especies hortícolas.

Tomate al aire libre

La plaga primaria o clave en este cultivo es la polilla del tomate, especie que ataca a la Familia *Solanaceae*, especialmente tomate en frutos y papa a las hojas. El esquema de **Monitoreo propuesto** y utilizado consistió:

- **Tipo de monitoreo.** a) Trampa con feromona **Tuta Stop**; b) Muestreo y recuento.
- **Época de monitoreo.** Para a y b; desde el establecimiento del cultivo hasta la cosecha.
- **Estructuras dónde monitorear:** a) Trampas de feromona para machos adultos, b) Foliolos por el haz y envés para huevos. Hojas apicales, medias y próximas al racimo floral de la planta para plantas.

- **Tamaño y ubicación de la muestra.**
 - a) Cantidad de trampas de feromona a utilizar por predio:
 - 0 - 8 ha = 1 trampa cada 3 ha.
 - 8 - 16 ha = 1 trampa cada 5 ha.
 - 16 - 32 ha = 1 trampa cada 6 ha.
 - sobre 32 ha = 1 trampa cada 8 ha.Mínimo de trampas a utilizar en este caso = 2.
 - b) Elegir 10 plantas al azar y equidistantes por predio.
- **Cómo Monitorear:** a) Proceder al recuento de adultos machos de polilla del tomate capturados en trampas de feromona, b). revisar la planta completa en busca de larvas vivas y parasitadas. Registrar en planilla el número de larvas vivas y larvas parasitadas. Tomar 10 folíolos apicales de esa misma planta y revisar por el haz y envés a simple vista. Registrar el número de huevos encontrados por folíolos y el número de huevos parasitados por folíolo.
- **Frecuencia del Monitoreo:** Para a y b Semanal.
- **Resultado cuantitativos del monitoreo:** Promedio de larvas por planta, porcentaje de larvas parasitadas, promedio de huevos por folíolo, porcentajes de folíolos con huevo, porcentaje de huevos parasitados, número de adultos por día en trampas de feromona.
- **Decisión de control.** Relación de caída de machos en trampas con feromonas y daño o infestación.
 - 70 machos/día con 0 % de daño en plantas.
 - 50 machos/ día con 6% de plantas con huevos y/o larvas.
 - 25 machos/ día con 10% de plantas con huevo y/o larvas .Acumulación térmica desde peak de caída de machos relacionando fenología de la planta.

14.3 RESULTADOS DE LOS MÓDULOS BPMA

A continuación, se describe los resultados obtenidos por especies seleccionadas en los módulos de BPMA.

Resultados en tomate

En la **Figura 1**, se muestra la caída de machos de polilla del tomate en trampas con la feromona TutaStop. Se observó como a partir del mes de enero, se produjo un aumento sostenido de los adultos en el campo, lo que determinó que se realizara una aplicación del insecticida Sunfire i.a. Clorfenapir para el control de larvas de este insecto.

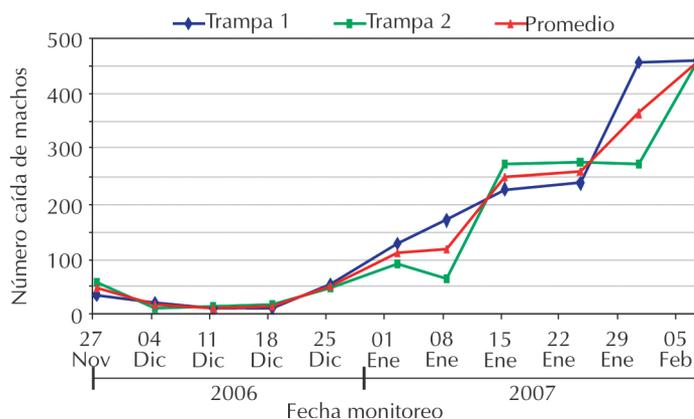


Figura 1. Caída de machos de polilla del tomate en trampas con feromona TutaStop (Rengo, VI Región).

Por otra parte, en la **Figura 2** se muestra la fluctuación poblacional de pulgones alados en trampas amarillas con pegamento. En ambos casos las mayores poblaciones de adultos alados, se alcanzaron alrededor de la última semana de octubre, momento en el cual en el Módulo de BPA, debido a la ausencia de enemigos naturales en esa fecha, se procedió a aplicar el insecticida Imidacloprid PC Confifor 350 SC, en el Módulo del Agricultor se aplicó el insecticida Metamidofos.

Lechuga y Espinaca

En ambas especies los áfidos y trips son las especies de insectos claves en el cultivo, por el daño directo sobre el cultivo, por ser vectores de virus, y porque su alta infestación y frecuencia de ataque sobre el cultivo provoca que el agricultor realice numerosas aplicaciones de

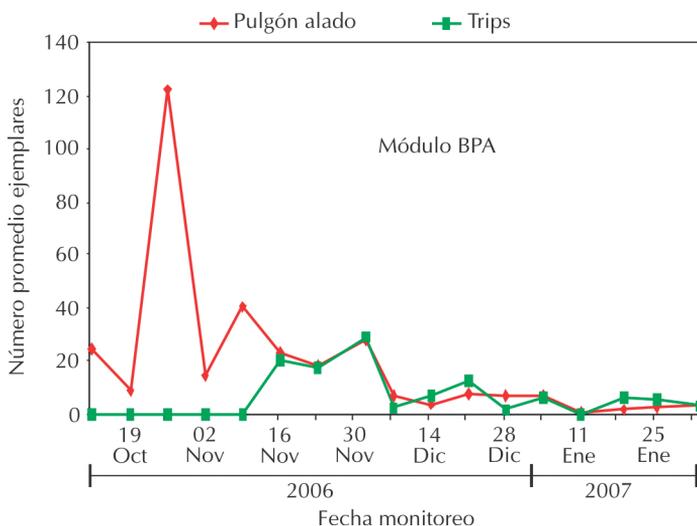


Figura 2. Número promedio de individuos en trampas amarillas. Módulo tomate aire libre BPA (Rengo, VI Región, octubre 2006-febrero 2007).

plaguicidas, especialmente como se informó anteriormente del insecticida Metamidofos, con los riesgos de presentar LMR que superen lo permitido. Por ello, en pulgones y trips lo más adecuado es monitorear con trampas amarillas al inicio del cultivo y tres semanas antes del transplante en primavera, para conocer la población de individuos alados y ápteros en las malezas. Para ello también es muy práctico realizar una evaluación de riesgo de malezas (**Cuadro 3**). Las trampas amarillas que se utilizaron fueron, las pegajosas (**Foto 1**), como también la trampa Moerike que consiste en un recipiente amarillo con agua y al-

Cuadro 3. Evaluación de Riesgo de Maleza.

Categoría	Cultivo	Malezas	Vectores
2	Limpio	-	-
4	Sano	Sana	-
6	Sano	Sanas	Presencia
8	Síntomas de enfermedad o ataque plagas	Síntomas	
10	Síntomas	Síntomas	Presencia

gún detergente (**Foto 2**). Ambas trampas permiten conocer el vuelo de pulgones y en el caso de la trampa Moerike los pulgones pueden ser identificados. También es muy importante que junto con la trampa se revisen plantas muestreando en forma de X, estableciendo como máximo 100 plantas por predio.



Foto 1. Trampa amarilla pegajosa.



Foto 2 . Trampa Moerike.

MÉTODOS DE CONTROL BAJO MANEJO BPMA

El control de los áfidos puede plantearse con métodos preventivos, curativos o erradicantes. No obstante es necesario considerar que en la mayoría de las hortalizas estos insectos tienen capacidad de transmitir virosis lo cual hace que las poblaciones tolerables sean muy bajas. La estrategia de control debe diseñarse para evitar la dispersión de los virus. Por ser una tarea muy difícil debe enfocarse principalmente al uso de medidas preventivas.

Control preventivo

- Las malezas deben ser controladas antes del transplante. Si no se ha efectuado antes de la aplicación del herbicida, se debe controlar los pulgones para evitar la infestación posterior de las plantas.
- Eliminación de plantas con síntomas de enfermedades virosas, quemándolas o enterrándolas lejos del cultivo. En el caso de las especies hortícolas cultivadas al aire libre, como la lechuga, espinaca, tomate, repollo, brócoli, coliflor, melón, zapallo italiano, se debe poner especial atención en el control de malezas que limitan el cultivo. Estas deben ser eliminadas, como también es necesario que las plantas provenientes de almácigo deben estar libres de pulgones y protegidos con algún insecticida sistémico para evitar posteriores colonizaciones de pulgones.

Control biológico

En relación al **control biológico** de los pulgones, en Chile se encuentra una gran cantidad de especies que actúan como depredadores o parasitoides, entre los que se destacan chinitas que pertenecen al Orden Coleoptera: Familia *Coccinellidae*, que tanto en el estado larvario, como en el adulto consume pulgones (**Foto 3**); sírfidos Orden Diptera. Familia: *Syrphidae*, se trata de una mosca conocida como mosca de las flores, lo que en su estado larvario consume pulgones (**Foto 4**), que se adapta bien a las condiciones de invernadero. El neuróptero *Chrysoperla sp*, en su estado de larva, es otro importante depredador de pulgones (**Foto 5**).

Entre los parasitoides, destacan los microhimenópteros o microavispa del género *Praon*, *Aphidius*. Estas especies colocan un huevo en el interior del cuerpo del pulgón, de allí eclosa una larva la que se alimenta del pulgón provocándoles la muerte. Es muy fácil de reconocer el parasitismo, porque los pulgones afectados se hinchan y toman un aspecto que es conocido como momia (**Foto 6**), de su interior emerge el adulto del parásito, dejando una perforación característica.



Foto 3. Larva de chinita.



Foto 4. Larva de Syrfito.



Foto 5. *Chrysopa* spp.



Foto 6. Momia del pulgón parasitado.

Estos enemigos naturales pueden disminuir en forma importante las poblaciones de los pulgones, ya sea porque están presentes en el medio ambiente o porque el hombre los libera. Cuando se requiere que los niveles de infestación sean nulos o muy bajos, por los problemas de virosis transmitidos por este vector u otra especie de pulgón, es muy difícil de alcanzar un control exclusivamente biológico. Sin embargo, se debe tener en consideración cuando se selecciona un insecticida

que este o el método que se emplee de aplicación debe ser selectivo, o sea que no dañe a los enemigos naturales, en especial de los pulgones que son buenos controladores en Chile.

Control químico

Para un buen control químico de los pulgones, los insecticidas conocidos también como aficidas deben tener las siguientes características:

- Selectividad. Ingrediente activo con acción específica para los pulgones y que respeten a los insectos polinizadores e insectos benéficos.
- Mecanismo de acción sistémica. Los pulgones se alimentan succionando la savia que se mueve en el floema. Los insecticidas sistémicos se incorporan al torrente savial y así intoxican a los pulgones. Esta propiedad permite un mayor efecto residual disminuyendo el número de aplicaciones y reduciendo el riesgo de transmisión de virosis.
- Largo efecto residual. Se refiere a que el producto desde que se aplica el insecticida puede proteger más allá de 21 días del ataque de pulgones.
- Baja toxicidad.

En muchos cultivos en los que se requiere protección para pulgones, para evitar transmisiones de virus, las aplicaciones de aficidas al suelo o en almaciguera, efectuados tres días antes del transplante, han resultado efectivas. Sin embargo, es necesario enfatizar que el suelo debe mantener una humedad adecuada para permitir la absorción radicular.

En el **Cuadro 4**, se muestran los insecticidas que permiten el control de pulgones tanto en aplicaciones al suelo, como foliar.

Cuadro 4. Insecticidas de nueva generación para control de pulgones.

Insecticidas para control con aplicaciones al suelo o foliar	
Ingrediente Activo	Producto Comercial
Imidacloprid	Confidor 350 SC Punto 70 WP
Imidacloprid + Cyflutrin	Provado 51 WP
Thiametoxan	Actara

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES EN EL MARCO DE LAS BPMA PARA ESPECIES HORTÍCOLAS

Carlos Rojas-Walker,
Ing. Agrónomo Ph.D.
Alfonso Chacón S.
Ing. Agrónomo
INIA – La Platina

De las especies, climas y suelos del estudio

A partir del estudio realizado, se ha podido obtener una serie de conclusiones generales, que a continuación se detallan:

Las especies predominantemente consideradas en este estudio fueron tomate al aire libre y lechugas, el primero representado en la I Región, V, RM, VI y VII y lechuga en las Regiones IV, V, RM, VI y VII.

Los climas considerados para el crecimiento de las especies del estudio, abarcaron diversos climas, desde clima tropical marino en la I Región, climas desérticos y clima seco de estepa en la IV Región. Se extendieron a clima seco de estepa en la V Región con climas templados que difieren en nubosidad y períodos secos, a mediterráneo semiárido en la RM y luego extendiéndose a clima mediterráneo cálido en la VI y templados cálidos en la VII Región, respectivamente.

En lo que se refiere a los suelos bajo los cuales se desarrollan estas especies, éstos también son de gran diversidad, incluyendo aridisoles en la I Región, así como entisoles e inceptisoles en los valles transversales de la IV Región. Luego se extendieron en forma dominante a los valles de la Zona Central en suelos aluviales del orden de los mollisoles y algunos alfisoles e inceptisoles. Asimismo, como una amplia gama de suelos dominados por los fértiles mollisoles de la VI Región y VII Región, apareciendo aquí los primeros andisoles del valle central.

Respecto a las grandes conclusiones técnicas del estudio, según el tipo de agroquímico considerado, las conclusiones son las siguientes:

De los insecticidas

De todos los ingredientes activos (i.a.) determinados, todos corresponden a i.a. de insecticidas registrados por el SAG para su uso en cada hortaliza estudiada.

La presencia de residuos de insecticidas para todos los productos registrados, se podría deber a un mal manejo de éstos y entre algunas de las causas estarían: dosis superiores a las recomendadas por el fabricante, no respeto de los períodos de carencia, o períodos de carencia recomendados por el fabricante no adecuados para cada especie y zona de muestreo, inadecuados sistemas de aplicación, etc.

Concordancia entre la encuesta realizada a los productores, el conocimiento del especialista y los resultados de los análisis de residuos, en relación a que por lo menos hasta el año 2006, el insecticida de mayor uso en las especies hortícolas en estudio (que son las de mayor consumo en el país) es Metamidofos, organofosforado, que en muchas especies hortícolas como ocurre en lechuga, espinaca, apio pimiento, no tiene actualmente registro en la UE y que en otras como tomate, está siendo fuertemente reducido su LMR también en la UE.

Altos niveles de residuos del insecticida Metamidofos en lechugas alcanzando los máximos en la IV Región de 8,45 mg/kg; en la R.M. 4,81 mg/kg; en la VI Región 22 mg/kg y en la VII Región 3,76 mg/kg. A nuestro juicio esta situación es muy grave en Chile, debido a que el i.a. de acuerdo al Codex Alimentarius a julio 2007, no debiera tener registro en nuestro país.

Problemas con la Resolución Exenta 581 del año 1999 del Ministerio de Salud, que establece los Límites Máximos de Residuos de plaguicidas químicos permitidos en alimentos de consumo interno, actualmente vigente y que se basa en las Recomendaciones de abril de 1997 del Comité del Codex Alimentarius sobre residuos de plaguicidas, los cuales a la fecha han sido cambiados por el Codex, se detectó por ejemplo

diferencias entre el Codex Alimentarius y la Resolución Exenta 581, en lo que se refiere a lechuga, repollo en relación al insecticida Metamidofos .

Diferencias entre los productos registrados por el SAG para determinadas especies, las cuales no están permitidas por la Resolución Exenta 581, ni por el Codex Alimentarius, como es el caso de Metamidofos en tomate y espinacas.

De los fungicidas

- Los resultados de los análisis de residuos del i.a. Mancozeb, señalaron niveles por sobre lo permitido en varias muestras, lo cual representa un problema para la salud, es importante señalar que no existe correlación entre lo detectado en las muestras y lo señalado por los agricultores. La causa de ello podría ser un desconocimiento de los agricultores sobre los productos aplicados o también omisión en la información entregada.
- Los resultados de las encuestas reflejaron que los agricultores consideran el empleo de control químico para disminuir la incidencia de las enfermedades en sus hortalizas en diferente porcentaje dependiendo de la Región y cultivo. Es así como el 100% de los agricultores de lechugas, apio y papa de la IV Región, utilizan fungicidas, como también el 100% de lechugas, espinacas y cebolla de la Región Metropolitana y el 100% de los cultivos de tomate en la VI y VII Regiones. El menor porcentaje de empleo de fungicidas fue 40% en lechugas de la VI Región.
- Las encuestas reflejaron que existe un conocimiento de las enfermedades que afectan las diferentes hortalizas en las distintas regiones del país. Sin embargo, muchas de ellas no concuerdan con la literatura respecto al problema que aqueja a los cultivos. Esto significa que es fundamental y necesario hacer una capacitación extensiva a todos los agricultores hortícolas de tal modo de clarificar cuáles son los problemas fitopatológicos que afectan a los cultivos y cuál es el mejor ingrediente activo para el control.

- Los resultados de las encuestas con respecto al uso de los grupos químicos en los cultivos hortícolas, en forma independiente de la región donde fue cultivada, permite concluir que en tomate tanto al aire libre como en invernadero, el grupo más frecuentemente utilizado fue Acilalanina, seguido por Ditiocarbamatos y Benzimidazoles. En la otra especie de fruto comestible de invernadero como es el pimiento, se encontró también que el grupo químico de mayor frecuencia fue Acilalanina. En especies de hojas, se observó que en lechugas, se destaca el uso de i.a. del grupo Acilalaninas, en cambio en espinacas el de mayor frecuencia corresponde a Ditiocarbamatos. En especies donde se consume el tallo como el apio, se observa una mayor frecuencia de uso del grupo químicos Acilalaninas. En bulbos, el grupo químico de mayor frecuencia de uso fue Ditiocarbamatos y Acido cinámico/Ditiocarbamatos. En tubérculos, según los agricultores, el grupo químico con mayor frecuencia de uso fue Acilalaninas. En términos generales, los grupos químicos utilizados por los agricultores están en directa relación con las principales enfermedades de las especies hortícolas señaladas por ellos mismos.
- Finalmente, se debe señalar que existe conocimiento por parte de los agricultores de la existencia de una serie de ingredientes activos que son utilizados en diversa medida dependiendo del cultivo y región para el control de enfermedad. Sin embargo, sólo un 1.3% utiliza 6 a 7 i.a., mientras que un 65% de los agricultores encuestados utiliza entre 1 y 3 i.a. para el control de las enfermedades en sus hortalizas. Los i.a. más frecuentemente utilizados son Mancozeb, Metalaxilo y Benomilo. Esto concuerda plenamente con los fungicidas más vendidos en el país.
- Los resultados de los análisis, no reflejaron presencia de residuos de Captan en muestras de tomate, lo cual significa que el producto fue utilizado por los agricultores para el control de las enfermedades, respetando las indicaciones del tiempo de carencia y dosificación.

De los residuos de plaguicidas en aguas de riego

Se encontró problemas en el muestreo: algunas muestras de aguas se presentaron coloreadas y otras con signos evidentes de residuos orgánicos.

Hubo problemas Analíticos en el análisis de muestras del primer año, en relación a:

- Interferencias del agua destilada: se extrajeron las muestras y simultáneamente se hicieron los blancos con agua destilada, pero como falló el cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones (fue necesario reemplazarlo por el descrito arriba, sólo fue posible ver a tiempo el problema del agua destilada con la llegada del nuevo GC, y que a pesar de haber enviado a mantención el destilador del laboratorio, continuaron las interferencias.
- Septas de viales inapropiados: para guardar los extractos de las muestras, se compraron viales con septas recubiertas con teflón; por catálogo éstas eran las apropiadas para el solvente en que se enrasaron las muestras MTBE. Sin embargo, aunque guardadas a <20°C, el solvente prácticamente disolvió la película de teflón y las muestras pudieron tener contacto con la goma de la tapa, por lo cual se cambió a tubos de ensayo.
- Problemas con solvente MTBE indicado en el método: el trabajo con MTBE, que es un solvente neurotóxico. Este no fue adecuado para el enrase de las muestras, siendo demasiado volátil, siendo necesario cambiar a iso-octano por ser menos volátil y de menor toxicidad para los analistas.

La falta de GC-MS: la identificación de las muestras de agua que dieron positivas. Sin un equipo GC-MS se hace casi imposible, fueron demasiados los pesticidas que en las columnas salen al mismo tiempo de retención o muy cercanos. Las muestras que eran positivas por esta razón se enviaron al GC-MS del Cepedeq de la U.de Chile, para la evaluación por masa pero ellos abarcaron sólo un grupo de pesticidas faltando muchos otros.

En la temporada de muestreo 2006-2007, para la detección específica de los residuos de plaguicidas en aguas subterráneas, se eligió las mismas cuencas del río Mapocho en la RM y las del río Cachapoal y Tinguiririca en VI Región, tal como se realizó la temporada anterior. La selección de los lugares, se realizó sobre la base de cuatro criterios (1)

de cuenca hidrográfica representativa, (2) distribución y ubicación de pozos profundos de acuerdo al catastro de la CNR, (3) ubicación geográfica de acuerdo a la posición dentro de cada subcuenca, y (4) lugares que hubiesen sido incluidos dentro de la encuesta a los agricultores. El detalle de los criterios se puede obtener del primer informe de este proyecto.

En este segundo año de estudio, se realizó 36 muestreos de agua durante los meses de mayo, julio, agosto y noviembre de 2005 utilizando la metodología de recolección, manejo de muestras y análisis descrito en el primer informe. Se muestreó los mismos pozos del primer año, con especial énfasis en aquellos donde los análisis dieron resultados positivos y en algunos casos especiales, tratando de cubrir algunas áreas que no fueron muestreadas la primera vez. Las muestras se manipularon y prepararon de acuerdo a la metodología descrita en el primer año de colecta. Una vez preparadas las muestras fueron congeladas a -30°C y se retiraron a medida que fueron analizándose.

Los análisis de las 41 muestras de pozos colectadas fueron realizados primeramente en INIA La Platina durante el período de recolección. En estos análisis se empleó un Cromatógrafo de Gases (GC), equipado con un detector de captura electrónica (ECD). La columna empleada esta vez fue una columna de Agilent Technologies modelo DB-1 de 30 mts de largo x 0.53mm espesor x 1.5um de diámetro.

El deterioro irreparable del Cromatógrafo de Gases con detector nitrógeno-fósforo (NPD) impidió realizar el análisis de chequeo o confirmación como se hizo la temporada anterior. Para poder compensar este problema se implementó una doble confirmación de la presencia de plaguicidas en las muestras empleando detectores más finos y precisos como son los GC Masa. Estos análisis de confirmación fueron realizados en el SAG de Punta Arenas empleando las 41 muestras iniciales y por el SAG Lo Aguirre en Santiago, empleando las muestras que habían resultado positivas con el GC ECD. Se reconoce y agradece la gentil y desinteresada colaboración de los laboratorios del SAG de Punta Arenas y de Lo Aguirre, gesto que resulta digno de destacarse y, en nuestra opinión, es un ejemplo de profesionalismo y trabajo cooperativo muy destacable.

Los análisis de muestras de agua efectuados en el SAG de Lo Aguirre se realizaron durante los meses de abril y junio de 2006 y el equipo GC-MS utilizado fue un Merk modelo CP 3800 con un detector Satur 2000 MS y una columna VF- 5 MS de 30 m de largo y diámetro 0,25mm – 0,25 μ m. La temperatura de operación fue de gradiente 20°C minuto hasta 300°C. Los análisis de muestras de agua efectuados en el SAG de Punta Arenas se realizaron durante los meses de noviembre 2005 y enero de 2006 y el equipo GC-MS utilizado fue un Perkin Elmer modelo Clarus 500, con un detector cuadrupolo y una columna Equito 5 supelco.

De los Nitratos en aguas de riego

- El nitrato es un anión de origen biológico y, en el caso de las aguas continentales nacionales, existentes dentro de áreas dedicadas a la agricultura, es un indicador de contaminación ambiental no específico, y que puede provenir de distintas fuentes (aguas servidas, residuos animales, fertilizantes minerales solubles).
- En la gran mayoría de los casos, el nitrato se encontró en contenidos discernibles en las aguas continentales; de acuerdo a los cánones analíticos aplicados en el presente estudio, significa contenidos iguales o superiores a 0,5 mg L⁻¹,
- Los contenidos de nitrato fueron significativamente mayores en las aguas subsuperficiales (norias), seguidos por los de las aguas subterráneas o profundas (pozos), para terminar con las aguas superficiales (ríos, esteros, canales), que fueron las que presentaron los contenidos menores,
- Dentro de las aguas superficiales, el nitrato fue substancialmente mayor en las aguas colectadas desde canales de riego que en las tomadas desde cauces naturales; ello es consistente con una dinámica propia de un contaminante ambiental,
- El proceso de contaminación difusa de las aguas continentales con formas minerales disueltas de nitrógeno se encontró en una fase más avanzada de lo que podría deducirse al analizar los datos proporcionados por la Dirección Nacional de Aguas (DGA).

- Sólo analizando el nitrato en muestras de aguas continentales, no es posible discernir el origen más probable del anión.
- Actualmente en la mayoría de las regiones, los índices de nitratos en aguas, parecen estar mejor reflejados por el tipo, consumo y modalidad de uso de los fertilizantes nitrogenados minerales.
- Los contenidos de nitrato en aguas de la Región Metropolitana, deben reflejar en una medida importante el aporte desde las aguas servidas, no obstante la alta cobertura actual de los sistemas de tratamiento (cerca del 75% al 2006).

De los Nitratos en Suelos

- La mayor parte de los residuos nitrogenados permanecen cierto tiempo en el suelo (efecto residual), aunque se mueven como pérdidas por desnitrificación y lixiviación. Las condiciones que favorecen las pérdidas son: 1) que ocurra una acumulación de Nitratos en el suelo probablemente inducido por altas dosis de fertilizantes y/o residuos orgánicos, 2) que ocurra un intenso flujo de aguas de riego y 3) que estos efectos sean influenciados por impactos estacionales de humedad y temperatura que afecten la mineralización.
- Considerando que un alto porcentaje de agricultores emplea fertilizantes minerales, se sugiere como buena práctica el mayor empleo de guanos y purines, porque éstas fuentes presentan un menor riesgo de lixiviación siempre y cuando se incorporen en la rotación al suelo, al menos dos meses antes del establecimiento.
- En este estudio, se observó que en la I Región del valle de Azapa, el 70% de las muestras de suelo superficiales bajo tomate, se mantuvo en rangos superiores a $60 \text{ mg} \times \text{k}^{-1}$, lo cual indicaría la necesidad de cautelar las dosis de fertilización mineral para prevenir riesgos de contaminación en aguas profundas.
- En suelos bajo cultivo de tomate de invernadero (V Región), se observó con frecuencia del orden de un 25% altos contenidos de N residual como Nitratos derivados de intensa fertilización y en pi-

miento, éstos fueron más altos sumado a la aplicación de guano que se mineraliza en muestras superficiales.

- En suelos bajo cultivos de lechugas (IV Región), un grupo de muestras superficiales, indicó altos contenidos de N. Sin embargo, otro grupo mostró bajos índices en este cultivo.
- En suelos de la V y Región Metropolitana, una mayor concentración de bajos contenidos de Nitratos se detectó en suelos superficiales bajo cultivos de lechugas.
- En suelos bajo cultivo de papas, cebollas y apio de la RM, se apreció un alto contenido de Nitratos en muestras superficiales y subsuperficiales, probablemente por el alto empleo de la fertilización mineral (según encuesta) y/o por la liberación de N residual remanente de larga data.
- En especies de repollo en las Regiones VI y VII, se observó una amplia distribución de valores de Nitratos en rangos bajos, debido probablemente a un empleo más moderado de fertilizantes en esta especie.
- Respecto al uso del N, se considera necesario implementar un programa de dosificación del N en hortalizas, basado en criterios que consideren el Análisis de Suelo para la estimación del suministro de N, los requerimientos en base al rendimiento esperado y los valores de RIN estimados y ajustados a las especies en estudio.

De los Nitratos en tejidos vegetales

- Del análisis de N total y contenidos de Nitratos en tejidos vegetales. Se observó que los Nitratos efectivamente se acumulan en las especies suculentas tales como lechugas, apio y espinacas, no así en las especies de bulbos y frutos. Las primeras, efectivamente acusan el impacto de la fertilización nitrogenada con valores elevados de Nitratos.

- En todas las especies del estudio, aparentemente los valores de referencia de RIN disponibles están sobrestimados en las especies de frutos y bulbos.
- De acuerdo a los resultados de detección en lechugas, repollos y apios, se observan valores superiores a un 30% de los valores de RIN en referencia. Sin embargo, en las especies de frutos o bulbos, estos índices oscilaron entre un 5-20% de este valor.

De coliformes fecales en aguas y tejidos vegetales

- Del total de aguas analizadas en este estudio, ninguna excedió los 10^6 coliformes fecales como NMP/100 ml, indicando que pueden ser usadas como aguas de riego.
- De las muestras de aguas superficiales analizadas (139), el 62% eran aptas para riego sin restricción por estar sus contenidos de coliformes fecales bajo el umbral de 10^3 NMP/100 ml, que establece la NCH-1333 Off. 78 para las aguas para riego de especies hortícolas de hábito rastrojero y consumo en verde.
- Sólo las aguas superficiales de la I Región, mostraron ser aptas para el consumo humano.
- En general, los contenidos de coliformes fecales fueron inferiores a los detectados en años anteriores, probablemente debido al impacto de tratamiento de aguas servidas implementados en los últimos 10 años.
- De todas las muestras de lechugas para análisis de coliformes fecales analizadas, sólo aproximadamente el 10% de las muestras indicó valores superiores a 10^3 NMP/100 gr de tejidos y éstas, probablemente fueron contaminadas con aguas de riego de canal como proceso previo a su entrega a los mercados.