

Capítulo 2

Estado de la inocuidad asociado a la producción de hortalizas de hoja

Arturo Correa B.

Ingeniero Agrónomo, Magíster
acorrea@inia.cl

Sebastián Elgueta P.

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
sebastian.elgueta@inia.cl

Stella Moyano A.

Química Analista, M.Sc.
smoyano@inia.cl

1. Introducción

Una de las primeras tareas abordadas en el proyecto fue establecer el estado del arte del sector productor de hortalizas de hoja – espinacas, lechugas y acelgas – en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana, esto como consecuencia de la ausencia de información actualizada respecto de la caracterización de los productores de cada zona, sus prácticas culturales como agronómicas con especial énfasis en el manejo nutricional y fitosanitario. Para abordar esta tarea se aplicó una encuesta en las tres regiones en estudio: Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana. Los resultados obtenidos de la encuesta están publicados in extenso en Boletín INIA N°343 de mayo 2017. Las principales brechas detectadas fueron analizadas en profundidad por el equipo de trabajo, priorizando las más atingentes. A continuación, se señalan algunas de las áreas críticas detectadas:

a. Nivel de formación de los productores

Se detecta una baja capacitación en temas propios del manejo de los cultivos hortícolas de hoja. La información agregada de las tres regiones muestra que el 68% de los encuestados superan los 50 años, tienen baja escolaridad y escasa capacitación en cuestiones propias del trabajo que realizan. La situación más

crítica se aprecia en pequeños productores de la región de Valparaíso. La situación descrita incide en la dificultad de los productores hortícolas de adaptarse a cambios productivos, tecnológicos y sociales más complejos, quedando relegados a mercados de menores exigencias, lo que limita su desarrollo económico.

b. Relación especie vegetal, variedad y condición edafoclimática

Se aprecia un gran número de variedades asociadas a las especies en estudio, algunas de ellas no identificadas por el productor o con nombres adaptados o no coincidentes con lo que se aprecia en visitas a campos posteriores. Esta situación, puede derivar en que las condiciones edafoclimáticas no sean las más adecuadas para el desarrollo del cultivo, lo que deriva en menores rendimientos o calidades inferiores a la exigida por el mercado, entre otras. La reacción de los productores es intentar corregir la situación vía agregación de insumos o prácticas adicionales, lo que conlleva a efectos económicos, ambientales y sobre la inocuidad del producto final.

c. Manejo de plantineras

En la gran mayoría de los casos, los productores hortícolas señalan desconocer el origen de la semilla usada para plantación directa o la destinada a la generación de los plantines de hortalizas de hoja. Debe promoverse el uso de semilla certificada que identifique genuinidad, pureza y condición fitosanitaria de manera que esta etapa del proceso productivo no se convierta en una limitante relevante para la generación del producto final.

d. Sistema de riego

El riego por surco es mayoritario entre los productores hortícolas de hoja (79%), esto permite disponer de un margen importante para implementar riego tecnificado, especialmente, dadas las condiciones de sequías recurrentes que afectan a las zonas productivas de hortalizas.

e. Análisis de agua y suelo

Los productores de hortalizas de hoja no efectúan mayoritariamente análisis de suelo y agua (físico, químico y de nutrición) antes de la siembra/trasplante del cultivo. Esta práctica permitiría racionalizar el uso de insumos, tanto desde la perspectiva productiva/económica como del impacto al medio ambiente.

f. Uso de fertilizantes y enmiendas

Se detectó el uso intensivo de fertilizantes, siendo preocupante la ausencia de cálculo de los requerimientos de fertilización por cultivo. En general los productores repiten lo que hacen otros productores (transmisión de la recomendación de productor a productor) o repite lo que hizo en años anteriores. Adicionalmente, el uso de enmiendas es importante, pero sin disponer de claridad respecto de su uso y su calidad (origen). La aplicación inadecuada de fertilizantes y enmiendas puede generar efectos tanto en los rendimientos, calidad e inocuidad de la hortaliza como también efectos negativos sobre el ambiente.

g. Identificación de plagas (insectos, enfermedades, otras)

Se detectó un alto grado de desconocimiento de los productores en la identificación de insectos y enfermedades que pueden presentarse en hortalizas de hoja, lo cual puede derivar en: a. errores en la elección del plaguicida definido para el control de las plagas, b. aplicaciones innecesarias o inadecuadas de plaguicidas, c. incremento de los costos, d. efectos ambientales y fundamentalmente, e. efectos negativos sobre la inocuidad del producto cosechado (presencia de residuos de plaguicidas no esperados o superiores a los permitidos).

h. Trazabilidad

Se detecta la ausencia de trazabilidad en los procesos productivos asociados a las hortalizas de hoja, lo que limita el acceso a mercados más exigentes. El control y seguimiento del proceso productivo, mediante un sistema de trazabilidad Online o *in situ*, da garantías de la calidad e inocuidad de los productos generados al consumidor y un reconocimiento de las buenas prácticas agrícolas aplicadas.

La compilación, procesamiento y análisis de los datos de la encuesta aplicada permitió disponer de una línea base actualizada, que abordó las materias asociadas a la producción, calidad e inocuidad de las hortalizas de hoja en estudio.

De manera complementaria y con el objetivo de verificar analíticamente el estado de la inocuidad de las hortalizas de hoja, se realizó un riguroso muestreo para determinar la presencia de residuos de plaguicidas, nitratos y metales pesados en las plantas en las tres regiones en estudio. A continuación, se entregan los resultados obtenidos.

2. Desarrollo

2.1. Análisis del contenido de residuos de plaguicidas en hortalizas de hoja

El monitoreo de residuos se hizo en dos periodos productivos, primavera-verano y otoño-invierno. El número de muestras analizadas fue de,124, desagregadas en 80 muestras de lechuga (8 Coquimbo, 45 Valparaíso y 27 RM), 27 de acelgas (3 de Coquimbo, 15 de Valparaíso y 9 de la RM) y 17 de espinacas (2 Coquimbo, 8 Valparaíso y 7 RM). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Residuos de Plaguicidas de INIA - La Platina.

El Ministerio de Salud, en conjunto con diversas entidades públicas y privadas, ha establecido LMRs (límite máximo de residuos) en diversos alimentos, basados principalmente en el Codex Alimentarius. El monitoreo de residuos ha sido utilizado como una herramienta de evaluación y control, respecto de potenciales efectos sobre la salud humana, así como también para detectar malas prácticas agrícolas implementadas por productores. Los LMRs de los plaguicidas detectados en las muestras analizadas se presentan en el **Cuadro 5**.

Cuadro 5. Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas (LMR's) según la legislación chilena de los plaguicidas detectados en las muestras vegetales.

Ingrediente Activo	Acelga	Espinaca LMR (mg/kg)	Lechuga
Azoxystrobina	0,5	no tiene	no tiene
Boscalid	30	30	30
Carbendazima (benomilo)	0,1	0,1	0,1 y 5
Ciflutrin	0,02	0,02	3
Cipermetrina	0,7	0,7	0,7
Clorantranilprole	20	20	20
Clortalonilo	0,01	0,01	0,01
Clorpirifós	0,05	0,05	1
Difenoconazol	0,05	2	2
Dimetomorf	0,05	0,1	10
Ditiocarbamatos (CS ₂)	0,05	0,05	10
Esfenvalerato	0,02	0,02	0,02
Imidacloprid	0,05	0,05	2 y 3,5

Continuación del Cuadro 5.

Ingrediente Activo	Acelga	Espinaca	Lechuga
		LMR (mg/kg)	
Iprodione	0,02	0,02	10 y 25
Lamdacihalotrina	0,5	0,5	2
Metalaxilo	0,05	2	2 y 5
Metamidofos	0,01	0,01	0,01
Metomilo	0,02	0,05	0,2
Permetrina	0,05	2	2 y 20
Pirimicarb	5	2	5
Propiconazol	0,05	0,05	0,05

Fuente: Ministerio de Salud (MINSAL, 2011)

Resultados periodo primavera - verano

Acelga

Se pudo determinar que, de 10 muestras captadas aleatoriamente, 8 superaron los límites máximos de residuos permitidos de plaguicidas nacionales. En la **Figura 3A**, metamidofos aparece en 7 de las muestras evaluadas (en algunas muestras se superó más de una vez el LMR). En la **Figura 3B**, metamidofos, lamdacihalotrina y boscalid, presentan 7, 3 y 3 apariciones respectivamente. Por otro lado, metamidofos presenta un 70% de apariciones en las muestras evaluadas.

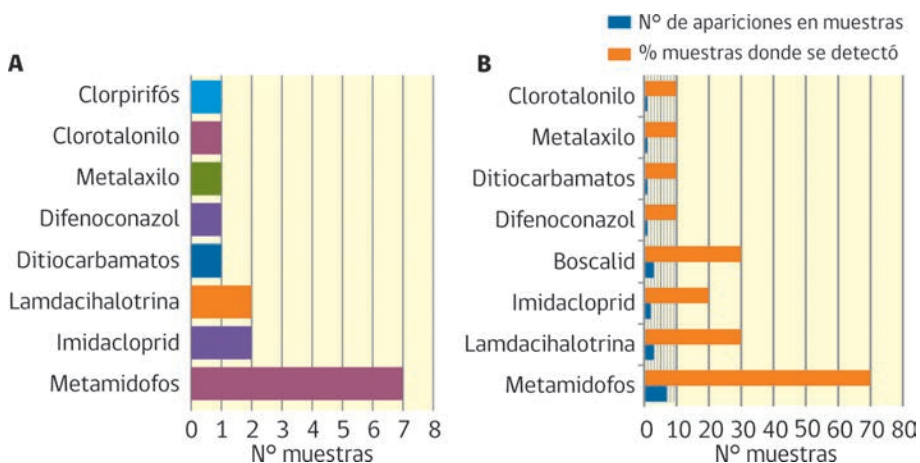


Figura 3. En acelga: A) Número de muestras con aparición del ingrediente activo que superó los LMR, B) Número de detecciones por plaguicida y % de muestras con residuos.

Espinaca

En espinaca, de las 5 muestras captadas como se indica en la **Figura 4A**, dos superaron los LMR, una presentó valores para ditiocarbamatos y la otra, para clorpirifós. En la **Figura 4B**, se muestran las apariciones de plaguicidas destacando el mayor valor para clorpirifós (3), con un 60% de detección en las muestras evaluadas.

Lechuga

En lechuga, de las 35 muestras evaluadas 11 superaron los LMRs de plaguicidas. En la **Figura 5A** se destaca la presencia de metamidofos con 8 apariciones. Los mayores porcentajes de aparición en muestras, **Figura 5B**, fueron metamidofos y lamdacihalotrina, con 31 y 28% respectivamente.

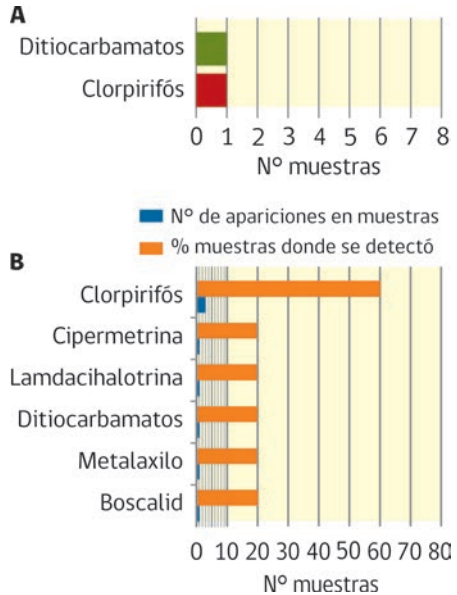


Figura 4. LMRs para espinaca: A) Número de muestras que superaron los LMRs para los plaguicidas detectados, B) Número de detecciones por plaguicida y % de muestras con residuos.

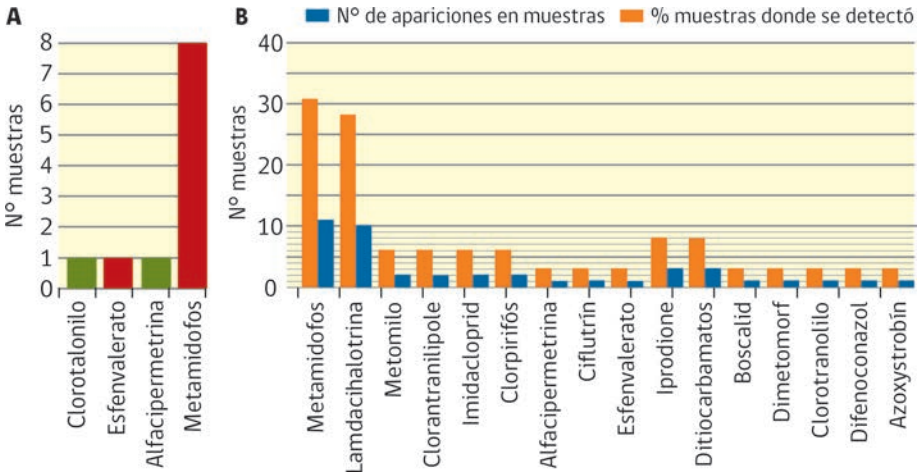


Figura 5. LMRs para lechuga: A) Número de muestras con aparición del ingrediente activo, B) Número de detecciones por plaguicida y % de muestras con residuos.

Conclusiones:

- Se observa que para todas las muestras evaluadas de primavera- verano, los mayores problemas detectados respecto a los LMRs fueron en acelga, donde hubo un uso muy importante de fungicidas.
- Las muestras de espinaca presentaron un 60% de valores bajo los LMRs establecidos para este cultivo.
- Un 26% de las muestras de lechuga no presentaron residuos de plaguicidas según los protocolos de detección utilizados en este estudio que fue de 0,01 mg/kg para la mayoría de los plaguicidas. En la **Figura 6A**, se observa los valores obtenidos.
- El 42% de las muestras captadas de hortalizas de hoja, 50 muestras periodo primavera - verano, superaron los LMRs de plaguicidas (**Figura 6B**).

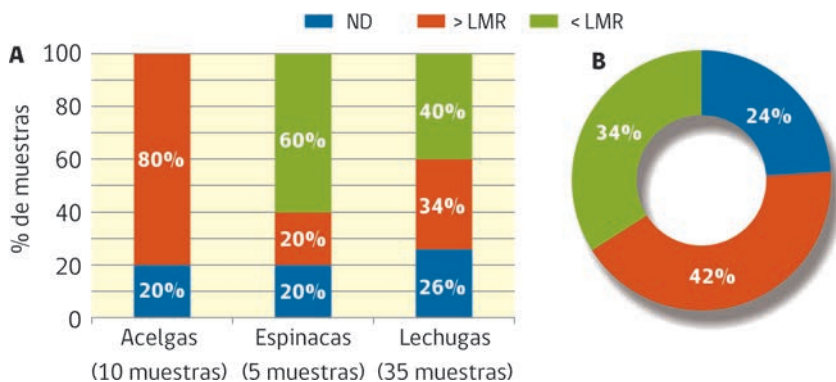


Figura 6. LMRs para los cultivos hortícolas: A) Distribución de las 50 muestras del estudio para el periodo primavera-verano, B) Distribución de las 50 muestras periodo primavera - verano respecto de los LMRs de plaguicidas.

Resultados periodo otoño- invierno

Acelga

Los residuos de plaguicidas superiores a los permitidos, como se esperaba, decrecen en el periodo otoño-invierno. Sin embargo, a pesar de ser un periodo de menor presión biológica de plagas se superó los LMRs en el 29% de las muestras. De 17 muestras, 5 superaron los LMRs (en algunas muestras se superó más de una vez el LMR) (**Figura 7A**). En la **Figura 7B** se puede observar que Metamidofos resalta con el mayor porcentaje de presencia en las muestras analizadas).

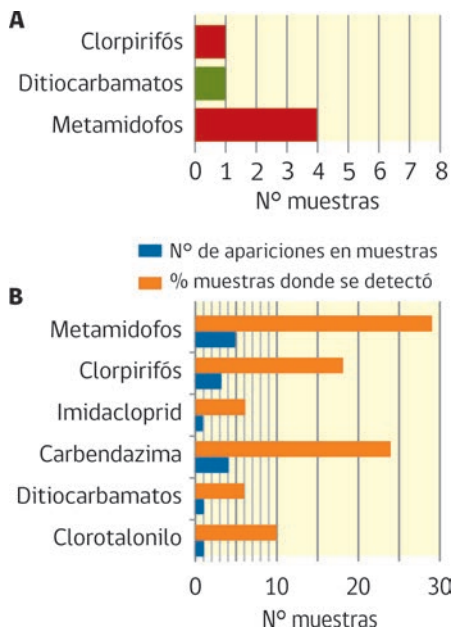


Figura 7. LMR en acelga: A) Número de muestras con aparición del ingrediente activo que supera el LMR, B) Número de detecciones por plaguicida y % de muestras con residuos.

Espinaca

En espinaca, de un total de 12 muestras evaluadas, 5 superaron los LMRs (en algunas muestras se superó más de una vez el LMR) **Figura 8A**, siendo metamidofos y carbendazima los ingredientes activos que presentan el mayor número y porcentaje de detecciones (**Figura 8B**).

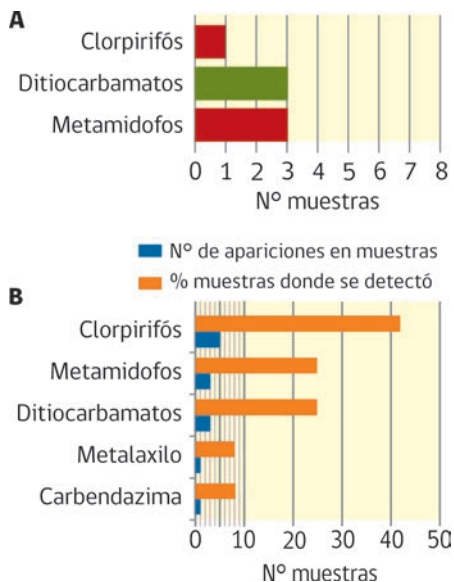


Figura 8. LMR en espinaca: A) Número de muestras con aparición del ingrediente activo, B) Número de detecciones por plaguicida y % de muestras con residuos.

Lechuga

En lechuga, de un total de 45 muestras evaluadas, solo 7 superaron los LMRs (en algunas muestras se superó más de una vez el LMR) (**Figura 9**).

Conclusiones:

- Se observa que en todas las muestras evaluadas de otoño- invierno, las mayores detecciones de LMRs fueron en espinaca con un 42% de muestras que superaron los LMRs.
- En un 49% de lechugas analizadas no se detectó residuos por sobre 0,01 mg/kg, de acuerdo a los protocolos de detección utilizados en este estudio (**Figura 10**).

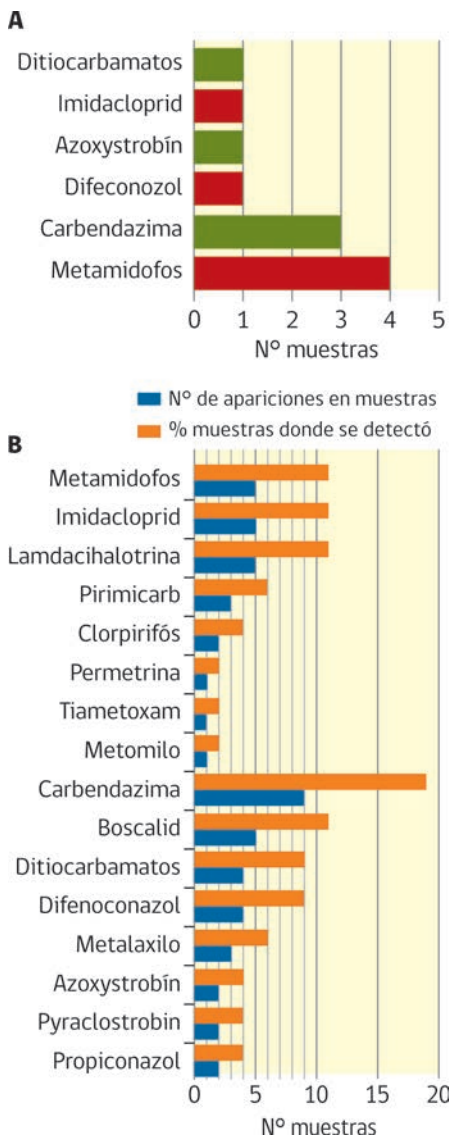


Figura 9. LMRs en lechuga: A) Número de muestras con aparición del ingrediente activo, B) Número de detecciones por plaguicida y % de muestras con residuos.

En la **Figura 10** se observa los valores obtenidos.

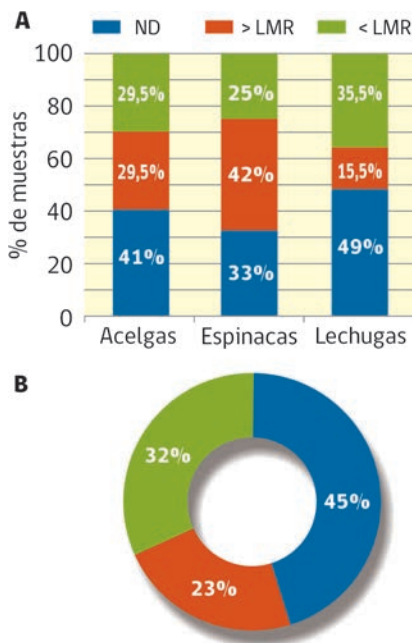


Figura 10. A) Distribución de los niveles de detección de LMR obtenidos por especie vegetal evaluada. B) Distribución de 74 muestras respecto de los niveles de detección de LMRs totales obtenidos.

Conclusiones generales

- Comparando las dos temporadas (primavera/verano respecto de otoño/invierno), el porcentaje de muestras que superaron los LMRs fue mayor en la temporada primavera-verano (42%) respecto de la temporada otoño-invierno (23%), siendo los mismos ingredientes activos en el 60% de los casos.

- Del total de muestras evaluadas en los dos periodos (**Figura 11**), un 31% presentó valores por sobre los límites máximos de residuos actualmente vigentes en la legislación chilena; un 33% presentó residuos < LMRs y en un 36% de las muestras no se detectó residuos.

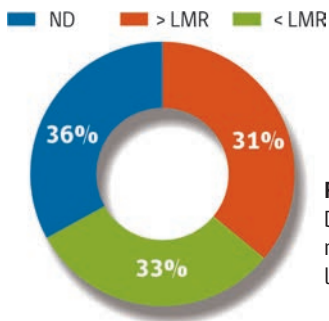


Figura 11. Distribución de 124 muestras respecto a los LMRs.

3. Análisis del contenido de nitratos, nitritos y metales pesados en matriz vegetal

Puesto que el uso de fertilizantes es relevante, se realizó un monitoreo de nitratos y metales pesados en las hortalizas de hoja en estudio, con el objetivo de verificar la presencia de éstos y su potencial impacto sobre la inocuidad de las especies hortícolas en estudio.

El monitoreo también se hizo en los periodos productivos primavera-verano y otoño-invierno, de manera de caracterizar los niveles de nitratos y metales pesados en condiciones climáticas y prácticas agrícolas diferentes, lo que podría alterar su presencia en las hortalizas en estudio. El número de muestras analizadas fue de 135, que corresponden a cada productor desagregadas en la época de otoño- invierno y primavera-verano (**Figuras 12 y 13**).

Para la determinación del tamaño muestral mínimo se consideró una confianza de estimación de un 95% y un error de estimación máximo de un 5%. Cada muestra representó agricultores del segmento productivo entre 1 y 50 ha.

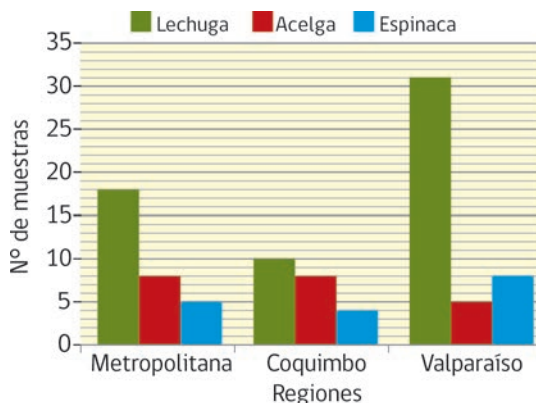


Figura 12. Tamaño del muestreo en hortalizas de hoja en tres regiones de Chile. Periodo otoño/invierno.

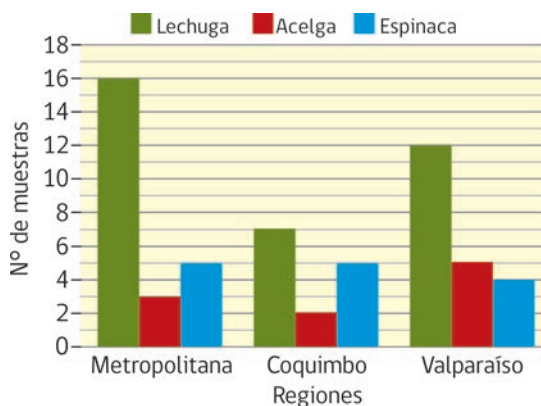


Figura 13. Tamaño del muestreo en hortalizas de hoja en tres regiones de Chile. Periodo primavera/verano.

Se elaboró sub-muestras al azar (2 kg) en los periodos de cosecha en varias localidades de las regiones de este estudio. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis Ambiental de INIA, Centro Regional La Platina.

Contenidos de nitratos $N-NO_3$ detectados

Dentro de las prácticas de manejo agronómico, la fertilización condiciona los rendimientos potenciales de los cultivos. Prácticas agronómicas tales como la excesiva fertilización mineral, riego deficitario, entre otras materias, provocan un incremento en la concentración de nitratos disponibles en el suelo, con el consiguiente aumento de la absorción radical de nitratos por las plantas, lo que genera una acumulación a nivel de vacuolas en tejidos vegetales, especialmente en épocas de restricción de luz (otoño-invierno). En Chile no existen límites oficiales permitidos de nitratos y metales pesados en matriz vegetal, por ello, el estudio tuvo como referencia la normativa de la Unión Europea, en la cual estos límites existen.

En este estudio, se determinó la concentración de nitratos en las tres especies de hortalizas en dos épocas del año (**Figuras 14, 15 y 16**) destacando la época otoño-invierno, en que se detectó el valor máximo de nitratos ($7.350 \text{ mg } N-NO_3 \text{ kg}^{-1}$ en espinaca), que supera los valores máximos permitidos por la Unión Europea de $2.500 - 4.000 \text{ mg } N-NO_3 \text{ kg}^{-1}$. La mediana observada ($681 \text{ mg } N-NO_3 \text{ kg}^{-1}$), indica valores bajo la concentración establecida (European Commission Regulation (EC) N° 1881/2006).

Los valores medios fueron diferentes para las dos épocas evaluadas, siendo de $562 \text{ mg } N-NO_3 \text{ kg}^{-1}$ en base a peso fresco, con un máximo de $2.080 \text{ mg } N-NO_3 \text{ kg}^{-1}$ para la época primavera-verano. En contraste, en la época de otoño-invierno los niveles medios de nitratos fueron mayores, con un valor de $1.082 \text{ mg } N-NO_3 \text{ kg}^{-1}$ en base a peso fresco y un máximo de $7.350 \text{ mg } N-NO_3 \text{ kg}^{-1}$ de peso fresco.

De acuerdo a la literatura, las hortalizas pueden presentar valores de referencia desde 1 a 10.000 mg kg⁻¹. En espinaca se detectaron los valores más altos para N-NO₃, superando los límites de 3.000 y 2.500 mg kg⁻¹ para otoño y primavera, establecidos en la Unión Europea, aunque la mediana observada fue 707 mg N-NO₃ kg⁻¹ de peso fresco.

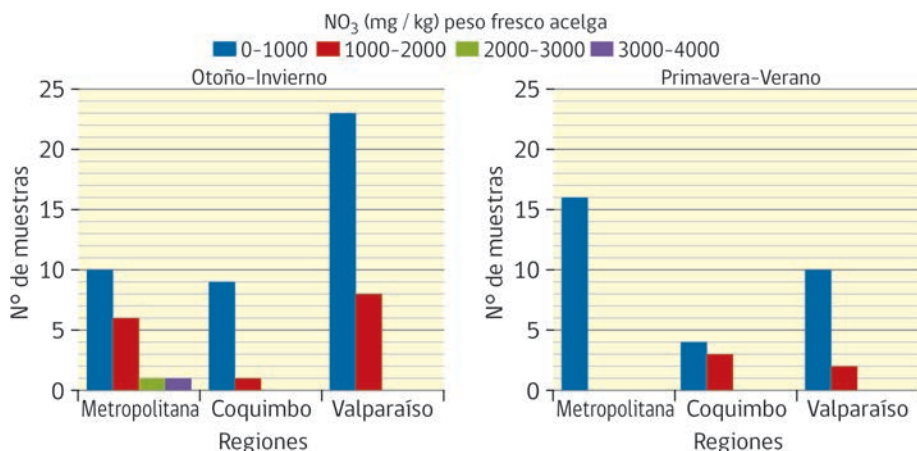


Figura 14. Contenidos de nitratos (mg/kg) detectados en lechuga durante la época otoño-invierno y primavera- verano en tres regiones de Chile.

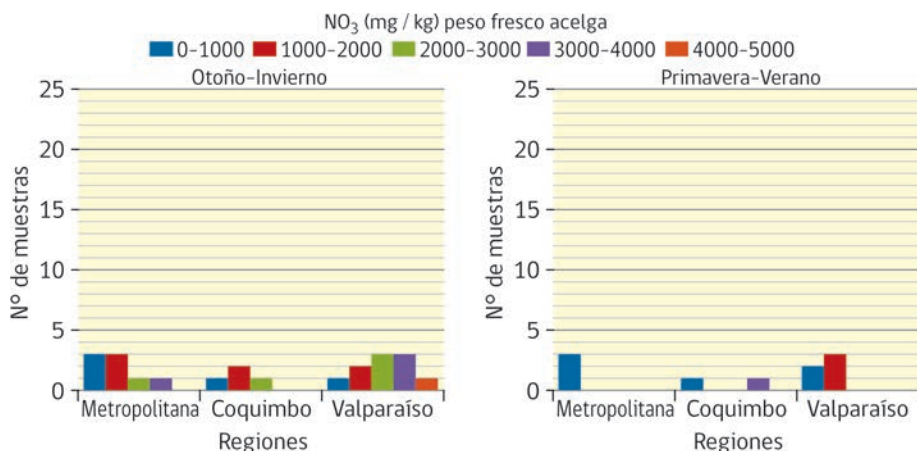


Figura 15. Contenidos de nitratos (mg/kg) detectados en acelga durante la época otoño-invierno y primavera- verano en tres regiones de Chile.

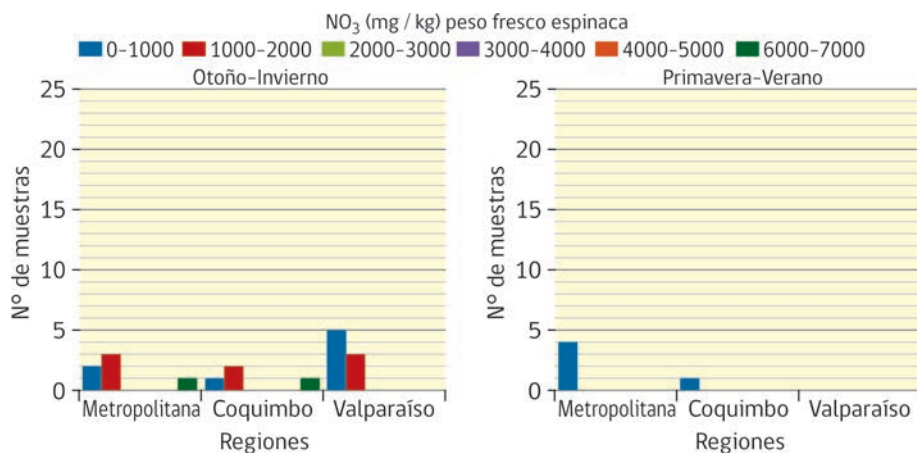


Figura 16. Contenidos de nitratos (mg/kg) detectados en espinaca durante la época otoño-invierno y primavera- verano en tres regiones de Chile.

Es importante señalar que existen ciertas prácticas culinarias que permiten disminuir los niveles de nitratos en las hortalizas. Con la excepción de la lechuga, tanto la acelga como la espinaca se consumen cocidas. Se ha demostrado que los vegetales que son cocidos disminuyen por sobre un 75% la concentración de nitratos en las hojas.

La localización geográfica mostró diferencias en los valores medios de nitratos detectados. En Coquimbo se encontraron valores medios mayores que en las regiones Metropolitana y de Valparaíso. (1.159 mg N-NO₃ kg⁻¹ versus 851 y 857 mg N-NO₃ kg⁻¹, respectivamente).

Los valores de otoño-invierno pueden haber estado asociados a la menor disponibilidad de agua en el suelo, dada la sequía que ha atravesado la zona Norte de Chile, además de las condiciones de altas temperaturas, las cuales promueven la formación de nitratos disponibles en el suelo, incrementando sus valores.

Contenidos de arsénico en hortalizas de hoja

La concentración de arsénico en las tres especies es presentada en las Figuras 17, 18 y 19. En lechuga (**Figura 17**) se encontró que los valores más altos están concentrados en otoño-invierno, destacando que al menos, 25 muestras presentan valores entre 0,001-0,009 mg/kg en la región de Valparaíso y entre 8 y 12 muestras en las regiones Metropolitana y de Coquimbo, respectivamente. Los valores detectados en lechuga en primavera-verano fueron similares en las tres regiones.

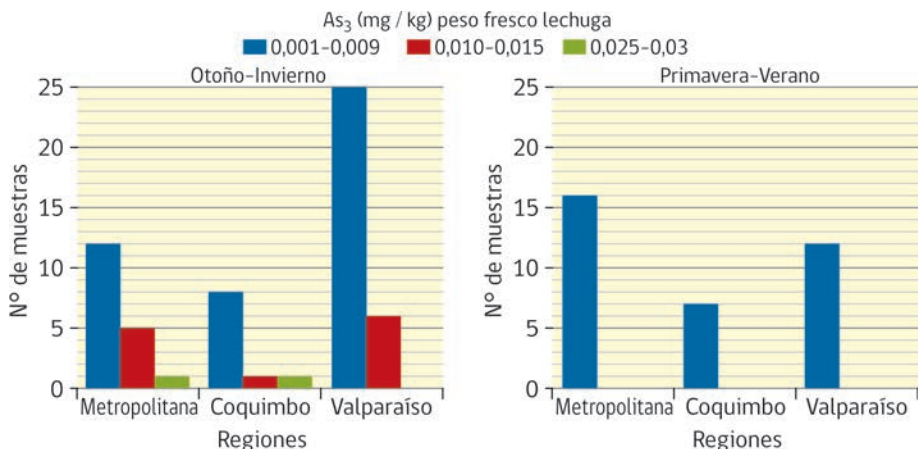


Figura 17. Contenidos de arsénico (mg/kg peso fresco) detectados en lechuga en otoño-invierno y primavera- verano en tres regiones de Chile.

En acelga (**Figura 18**) se detectó los valores más altos en otoño- invierno, destacando 5 muestras en el rango de 0,025 y 0,03 mg/kg en la Región Metropolitana y en la Región de Valparaíso. Cabe señalar que en la Región de Valparaíso se encontraron 3 muestras en el rango más alto (0,03-0,06). En general en primavera-verano los niveles encontrados fueron bajos (0,001-0,009 mg/kg en base a peso fresco).

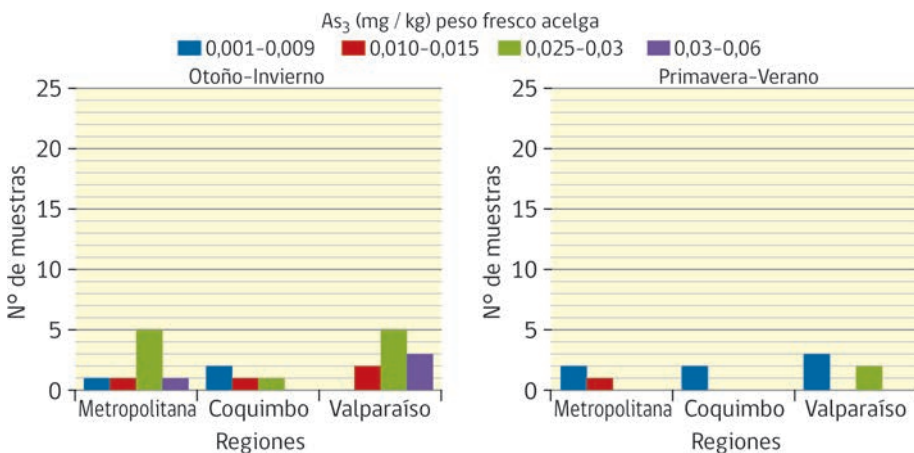


Figura 18. Contenidos de arsénico (mg/kg) detectados en acelga durante la época otoño-invierno y primavera- verano en tres regiones de Chile.

En espinaca (**Figura 19**) se detectó que los valores más altos están mayormente concentrados en otoño- invierno. En general las tres regiones presentaron valores similares, en el rango de 0,010 - 0,015 mg/kg. En primavera-verano los valores

para las tres regiones fueron también similares, destacando 4 muestras en la Región Metropolitana con valores de 0,010-0,015 mg/kg.

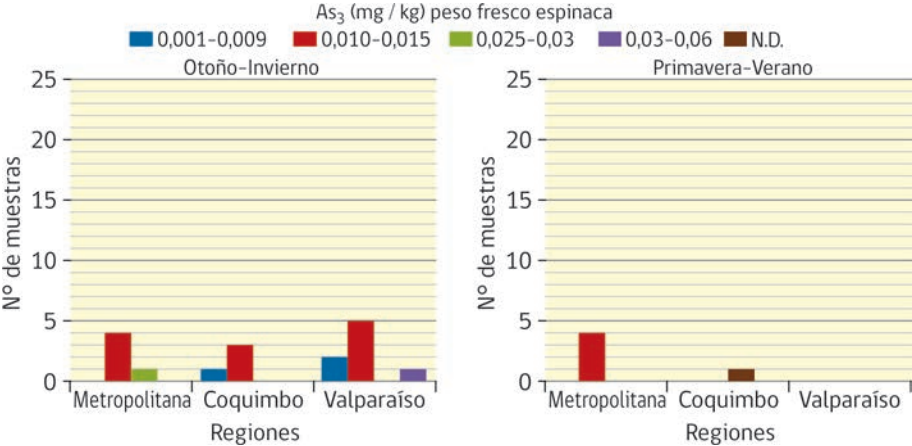


Figura 19. Contenidos de arsénicos (mg/kg) en base a peso fresco detectados en espinaca durante la época otoño-invierno y primavera-verano en tres regiones de Chile.

Contenidos de cadmio en hortalizas de hoja

Respecto a la concentración de cadmio en las tres especies de hortalizas, los valores son presentados en las Figuras 20, 21 y 22. En lechuga (**Figura 20**) se detectó que tanto en otoño-invierno como en primavera-verano, los valores están distribuidos de manera homogénea en el rango de 0,02-0,05 mg/kg en las tres regiones en estudio.

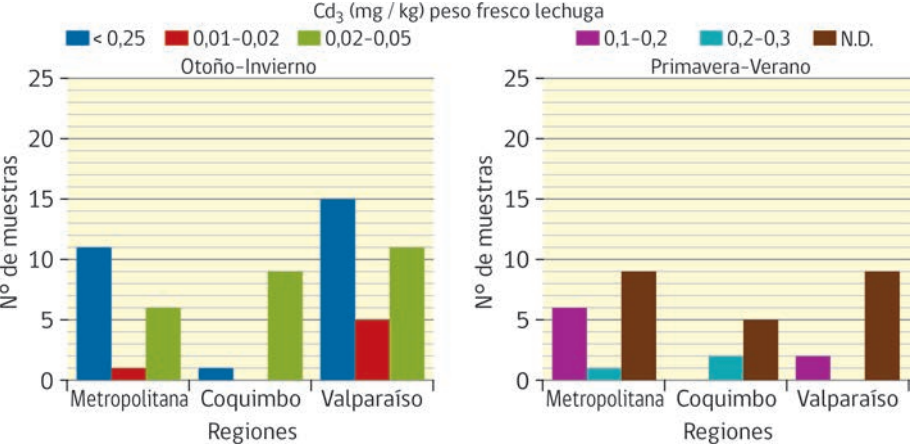


Figura 20. Contenidos de cadmio (mg/kg) detectados en lechuga durante la época otoño-invierno y primavera-verano en tres regiones de Chile.

En acelga (**Figura 21**), se detectó que los valores en general se presentan en el rango $<0,25$ para las dos épocas evaluadas. En la Región de Coquimbo se muestran 2 valores en el rango $0,02-0,05$ mg/kg, siendo los mayores detectados en otoño-invierno. En primavera-verano en general para las tres regiones no se detectó cadmio.

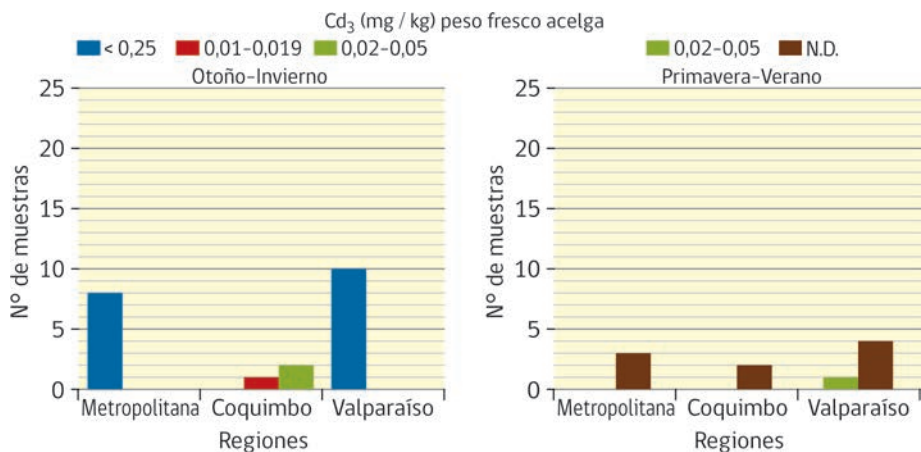


Figura 21. Contenidos de cadmio (mg/kg) detectados en acelga durante la época otoño-invierno y primavera-verano en tres regiones de Chile.

La **Figura 22**, muestra los resultados obtenidos para espinaca, observándose que, en general, en otoño-invierno los valores fueron bajos en las tres regiones, destacando solo dos muestras en el rango de $0,05-0,06$ mg/kg en Valparaíso. En contraste, en primavera-verano no se detectó cadmio, tal como se observó en acelga.

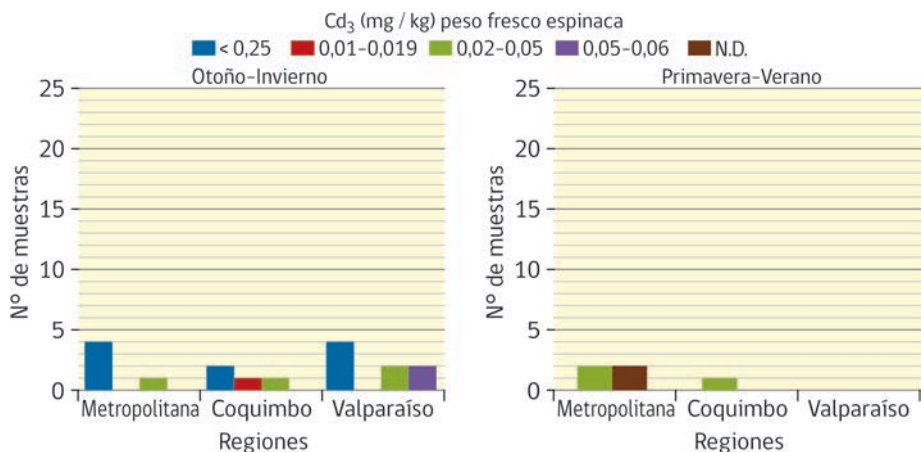


Figura 22. Contenidos de cadmio (mg/kg) detectados en espinaca en otoño-invierno y primavera-verano en tres regiones de Chile.

Contenidos de plomo en hortalizas de hoja

Respecto a la concentración de plomo en tres especies de hortalizas los valores son presentados en las Figuras 23, 24 y 25. En lechuga (**Figura 23**) se detectó que en otoño-invierno al menos 31 muestras presentaron valores <0,25 mg/kg en Valparaíso; 17 muestras en la Región Metropolitana y 9 en Coquimbo. En primavera-verano no se detectó contenidos de plomo en lechuga.

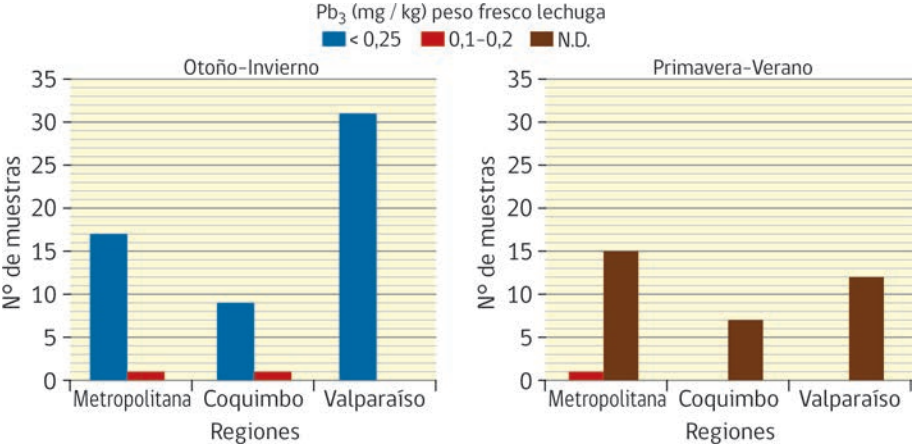


Figura 23. Contenidos de plomo (mg/kg) detectados en lechuga en otoño-invierno y primavera- verano en tres regiones de Chile.

En acelga (**Figura 24**), se detectó valores en el rango <0,25 en otoño-invierno, mientras que en primavera-verano no se detectó valores de plomo, lo que indica que las acelgas presentan mayor inocuidad respecto a este elemento en la época de mayor temperatura e intensidad lumínica.

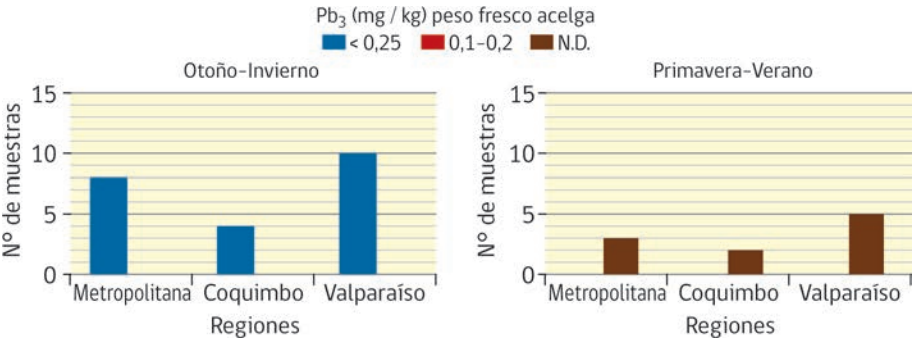


Figura 24. Contenidos de plomo (mg/kg) en acelga en otoño-invierno y primavera- verano en tres regiones de Chile.

La **Figura 25** muestra que en otoño-invierno y primavera-verano los valores de plomo en espinaca fueron mínimos.

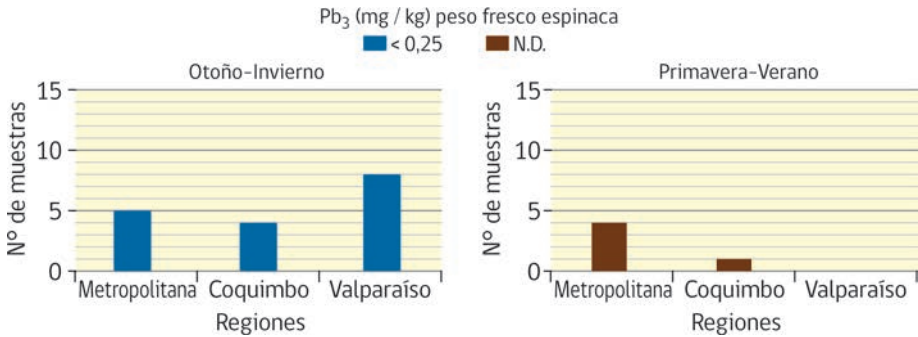


Figura 25. Contenidos de plomo (mg/kg) detectados en espinaca durante la época otoño-invierno y primavera-verano en tres regiones de Chile.

Conclusiones

- El estudio presentado entrega una primera aproximación sobre la base de una muestra representativa, captada en las regiones más importantes de producción de hortalizas de hoja en Chile, determinando los niveles medios de nitratos, arsénico, cadmio y plomo, utilizando comparativamente, valores umbrales regulatorios de la Unión Europea.
- Los valores observados de As, Cd y Pb no representan un riesgo para la población, siendo esta conclusión también válida para el contenido foliar de nitrato.
- Se cree necesario establecer programas de monitoreo permanentes, que involucren diversos cultivos, ya que fue posible observar diferencias en las concentraciones obtenidas en las distintas especies evaluadas y un marcado efecto estacional,
- Un aspecto que debe ser considerado, desde la perspectiva de una política pública nacional, es evaluar la necesidad de determinar límites de residuos permitidos en matriz vegetal de metales pesados y nitratos, ya que no se cuenta con ello, debiendo usar como referencia valores de otros países.