

LÍNEA BASE DE CONTAMINANTES DERIVADOS DE ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, EN AGUAS Y ESTRUCTURAS VEGETALES EN EL VALLE DE AZAPA

José María Peralta A.

Ing. Agr. Ph.D.

Abelardo Villavicencio P.

Ing. Agr. M.Sc.

La determinación de ciertos parámetros de calidad del agua fue una de las primeras actividades realizadas en el proyecto, como una forma de fijar el marco de referencia del grado de afección ambiental presente en el área de estudio. Para ello, se consideró el Valle en sus sectores bajo (km 1), medio (km 20) y alto (km 45), realizando dos campañas de muestreo sobre 28 puntos, donde se procedió a tomar muestras de aguas superficiales y subterráneas de pozos menores y mayores de 25 m de profundidad. Las muestras fueron manejadas según un protocolo de muestreo, conservadas en frío y enviadas a laboratorio para su respectivo análisis.

El muestreo tuvo como objetivos determinar el estado del arte de la contaminación hídrica con materias fecales, niveles de pH, conductividad eléctrica, contenidos de boro y arsénico disueltos en aguas superficiales y subterráneas y adicionalmente determinar residuos de plaguicidas en aguas y en estructuras vegetales comestibles. A continuación se presenta los resultados obtenidos.

2.1. CONTENIDO DE COLIFORMES FECALES EN AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

A pesar que existen varios indicadores para estimar la contaminación fecal del agua, entre ellos algunos de naturaleza química y otras biológi-

cas, el indicador usado correspondió a uno biológico, específicamente el contenido de coliformes fecales. Estos corresponden a un subgrupo de los coliformes totales, que son capaces de fermentar la lactosa a aproximadamente 44,5°C. Una gran mayoría de ellos corresponde a *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. El uso de este tipo de organismo como indicador se debe a que se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, por lo tanto refleja mejor la presencia de contaminación fecal. Las unidades de medida son NMP/100 ml (o el número más probable por cada 100 ml) y UFC/100 ml (o unidades formadoras de colonia por cada 100 ml).

El 39,2% de los sitios (11 puntos), correspondieron a muestreos en el canal superficial que recorre el Valle en dirección este-oeste, mientras que el 42,9% (12 puntos) correspondió a pozos de más de 25 m de profundidad. El restante 18,9% (5 puntos) correspondió a pozos de menos de 25 m de profundidad.

La Norma Chilena (NCh) 1333 de agua para riego establece como límite máximo para este parámetro, el valor de 1.000 NMP/100 ml, para que el agua sea considerada de calidad para riego.

Los resultados del análisis microbiológico del agua superficial indican que de once muestras, diez de ellas (90,1%) mostraron valores de coliformes fecales superiores a 0, lo cual se considera contaminación, desde el punto de vista microbiológico para agua potable. El rango osciló entre 0 y 14.000 NMP/100 ml, mientras que el promedio varió entre los 2.482 y 1.314 NMP/100 ml, para el primer y segundo muestreo, respectivamente.

Desde el punto de vista de calidad del agua para riego, en el primer muestreo, cinco de las once muestras superaron la norma establecida (45,5%), mientras que en el segundo, la norma fue excedida en una sola muestra (9%). Se aprecia una tendencia hacia el aumento de la concentración de coliformes en la medida que se avanza desde el km 45 al km 1, con valores mayores hacia el final del Valle (cercano a la ciudad de Arica), lo cual evidencia un incremento de la contaminación a medida que el agua desciende por el Valle.

Los resultados encontrados en agua subterránea, son mejores que aquellos de aguas superficiales. En pozos de menos de 25 m de profundidad,

se observó que entre el 60 y el 40% de ellos se encuentra contaminado desde el punto de vista de la norma de agua potable, mientras que ninguno sobre la norma de calidad de agua para riego. El rango de datos muestra que los coliformes fecales fluctúan entre 70 y 0 NMP/100 ml. El promedio fluctuó entre 14, 8 y 13,4 NMP/100 ml, para ambos muestreos.

Respecto de pozos de más de 25 m de profundidad, muestran un grado de contaminación importante. Se observa que alrededor del 40% de ellos se encuentra contaminado desde el punto de vista de la norma de agua potable, mientras que sólo uno, en el primer muestreo, se ubica sobre la norma de calidad de agua para riego. El rango de datos mostró que los coliformes fecales fluctuaron entre los 2.300 y los 0 NMP/100 ml, reflejando valores en algunos casos mayores que los observados en pozos de menor profundidad. Dado que normalmente un pozo subterráneo puede ser utilizado como fuente de agua de bebida, la contaminación observada es importante desde este punto de vista (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Contenido de coliformes fecales en agua de riego, según procedencia (campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	300	50	27	50	<0,2	27	2.300	170
40	800	50	26	4	70	24	<0,2	<0,2
35	1.100	30	25	13	<0,2	21	500	22
33	500	80	19	<0,2	<0,2	20	<0,2	<0,2
30	800	130	14	<0,2	4	19	50	2
21	2.300	800	-	-	-	19	<0,2	<0,2
13,5	300	230	-	-	-	18	4	<0,2
12	5.000	<0,2	-	-	-	13	50	4
6	2.200	13.000	-	-	-	12	<0,2	<0,2
5,5	<0,2	<0,2	-	-	-	4,5	<0,2	<0,2
1	14.000	80	-	-	-	4,5	<0,2	<0,2
-	-	-	-	-	-	3	<0,2	<0,2

En general, es posible afirmar que el problema de contaminación por coliformes en agua de riego, es más importante en aguas superficiales que

subterráneas, lo que se explica por la adición de material fecal a medida que el cauce avanza desde el km 45 al km 1, y que justificaría adoptar medidas de protección como entubamiento del canal.

2.2. NIVELES DE NITRATO, BORO, ARSÉNICO, FÓSFORO, pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

En dos campañas de muestreo de aguas realizadas en enero y marzo de 2008, se determinó el contenido de estos parámetros para el Valle de Azapa. A continuación se comenta los resultados.

2.2.1. Contenido de Nitratos

Los nitratos (NO_3^-) constituyen actualmente la mayor fuente de “contaminación difusa” de las aguas subterráneas y superficiales y en general su contenido en el agua se asocia al aporte de nutrientes por la agricultura. La mayor problemática relacionada con los nitratos en agua, es su ingesta como agua de bebida. El valor crítico de la norma de agua de bebida es de 45 mg/l (Ministerio de Salud, 2001).

La concentración de nitratos en aguas superficiales fue baja, a excepción de una muestra, y que equivale al 9% del total, donde el valor excede la norma de calidad para agua potable y de riego. El promedio de los valores, sin considerar este punto de muestreo, es de alrededor de 1,45 mg/l, lo cual es considerado bajo. No se observa una tendencia a la acumulación de los nitratos hacia la sección más baja del Valle, y que fundamentalmente puede deberse a que el canal abastece a los predios en forma de turnos, sin derrames.

Los resultados obtenidos para aguas subterráneas, para pozos mayores y menores de 25 m de profundidad, difieren sustancialmente de los valores encontrados en aguas superficiales. En efecto, en pozos de menos de 25 m, se determinaron concentraciones promedio que fluctuaron entre los 90,44 y 48,64 mg/l, con un máximo de 183 y un mínimo de 14,3 mg/l. Cabe destacar que en el muestreo de enero, el promedio fue un 86% superior al realizado en abril. El muestreo de enero

tuvo un 80% de las muestras por sobre la norma de 45 mg/l, contra un 20% encontrado en el muestreo de abril. Esto hace presumir un efecto estacional, presumiblemente debido al manejo de los cultivos, en el aumento de las concentraciones de nitrato en las aguas subterráneas de menor profundidad.

En pozos de más de 25 m, las concentraciones promedio fluctuaron entre 45,49 y 43,48 mg/l, con un máximo de 100 y un mínimo de 1,81 mg/l, en los muestreos realizados. Cabe destacar que el muestreo de enero, fue en promedio muy similar al de abril, y que puede indicar que el nivel de nitratos en las aguas más profundas es más estable en el tiempo, y menos dependiente de la estación del año. El muestreo de enero tuvo un 25% de las muestras por sobre la norma de 45 mg/l, similarmente a los encontrado en el de abril.

En general, se advierte que éste, es un problema de las aguas subterráneas y no superficiales, por lo cual las medidas de prevención a adoptar se relacionan con las cargas de fertilizantes a ocupar y con el manejo del riego (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Contenido de nitratos (NO_3^-) en agua de riego, según procedencia (campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	1,73	0,63	27	97,2	29	27	42,3	36,6
40	1,60	0,64	26	95,2	14,3	24	37,7	33,1
35	1,72	0,57	25	183	130	21	4,22	1,81
33	1,82	0,63	19	50,8	39,7	20	97,3	82
30	1,87	0,63	14	26	30,2	19	58	49,2
21	1,41	0,51	-	-	-	19	33,6	39,5
13,5	1,20	0,50	-	-	-	18	48,9	55,8
12	0,93	37,8	-	-	-	13	29,8	30,5
6	1,04	0,53	-	-	-	12	34,1	33
5,5	275	316	-	-	-	4,5	96,7	100
1	0,96	<0.5	-	-	-	4,5	34	33,4
-	-	-	-	-	-	3	29,2	26,9

2.2.2. Contenido de Boro

El boro corresponde a un micronutriente de gran importancia en la agricultura, acompañando a otros elementos como hierro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno y cloro en la nutrición de las plantas. Está demostrado también que su importancia es mayor en las estructuras reproductivas de las plantas que en aquellas vegetativas. Sin embargo, a pesar de que es un micronutriente esencial, el exceso es tóxico, y las plantas pueden clasificarse de acuerdo a su grado de tolerancia a este elemento, (**Cuadro 3**). Cabe destacar que generalmente el boro es transportado por el agua de riego a las áreas de cultivo, no siendo un problema de altas concentraciones en el suelo.

Cuadro 3. Tolerancia a boro en diferentes cultivos.

Muy sensible (<0,5 mg/l)	Sensible (0,5-0,75 mg/l)	Sensible (0,75-1,0 mg/l)	Moderad. sensible (1,0-2,0 mg/l)	Moderad. tolerante (2,0-4,0 mg/l)	Tolerante (4,0-6,0 mg/l)	Muy tolerante (6,0-15,0 mg/l)
Limón	Pomelo	Olivo	Pimiento	Lechuga	Tomate	Algodón
Mora	Naranja	Ajo	Zanahoria	Maíz	Alfalfa	Espárrago
	Nogal	Trigo	Papa	Zapallo	Remolacha	
	Cebolla	Cebada	Arveja	Alcachofa	Perejil	
	Ajo	Frutilla	Rábano			
		Poroto				

Fuente: Water quality for agriculture, FAO 29, 1985/ British Columbia Water Quality Guidelines.

A su vez, el uso de aguas de riego con concentraciones de boro superiores a la tabla anterior, van a manifestar problemas de rendimiento y calidad en los cultivos en que son usados. Algunos de estos efectos se observan en el **Cuadro 4**.

En el mundo, existe una amplia variedad de guías o normas de calidad de agua de riego para su contenido de boro, los cuales dependen fundamentalmente del tipo de cultivo a regar, del suelo y del país que se trate. En Chile, la NCh 1333, indica que el contenido máximo de este elemento en aguas de riego no debería exceder los 0,75 mg/l.

Mayor información respecto a las normas internacionales para el contenido de este elemento en el agua de riego puede encontrarse en la monografía ubicada en la siguiente dirección:

Cuadro 4. Efecto del boro en cultivos, según contenido en agua de riego.

Rango de concentración (mg/l)	Efectos en Cultivos
< 0,5	Debería prevenir la acumulación de boro a niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz), salvo en las plantas más sensibles.
0,5 – 1,0	Cultivos muy sensibles al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
1,0 – 2,0	Cultivos sensibles al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
2,0 – 4,0	Cultivos moderadamente sensibles al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
4,0 – 6,0	Cultivos moderadamente tolerantes al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
6,0 – 15,0	Cultivos tolerantes al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
> 15,0	Cultivos muy tolerantes al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.

Fuente: South African Water Quality Guidelines, 1996.

http://www2.sag.gob.cl/biblioteca_digital/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/anexo_A/boro.pdf

Los resultados obtenidos en aguas superficiales indican que todas las muestras, en ambas campañas, arrojaron contenidos de boro superiores a la NCh 1333, con un promedio de 1,86 y 1,43 mg/l para la 1ª y 2ª campaña de muestreo, respectivamente. El rango de datos osciló entre

1,09 y 4,33 mg/l. Estos valores, para cultivos sensibles a boro, representan una acumulación tóxica, aunque es adecuada para su uso en aquellos moderadamente sensibles a moderadamente tolerantes.

En aguas subterráneas, la tendencia es similar. Es decir, todas las muestras tanto de pozos mayores y menores de 25 m de profundidad, mostraron niveles de boro que excedían la NCh 1333 de calidad de agua para riego. En pozos menores de 25 m, la concentración promedio de boro para cada una de las campañas fue de 1,33 y 1,19 mg/l, respectivamente, mientras que el rango fluctuó entre los 1,46 y 1,12 mg/l. Esta agua, de la misma forma que las aguas superficiales, son aptas para cultivos moderadamente sensibles a moderadamente tolerantes, y su uso en cultivos sensibles puede producir acumulaciones tóxicas en su biomasa, con disminución del rendimiento y calidad.

En pozos de más de 25 m de profundidad, la situación es similar, con valores ligeramente más altos, donde el promedio osciló entre 1,5 y 1,35 mg/l. El rango fluctuó entre 2,06 y 1,12 mg/l. En forma similar, estas aguas pueden ser usadas en cultivos desde moderadamente sensibles a moderadamente tolerantes, con un claro efecto tóxico en cultivos sensibles (**Cuadro 5**).

Cuadro 5. Contenido de boro (mg/l) en agua de riego según procedencia. (Campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	1,65	1,11	27	1,46	1,20	27	1,39	1,21
40	1,46	1,15	26	1,33	1,20	24	1,36	1,25
35	1,90	1,18	25	1,27	1,12	21	1,48	1,38
33	1,54	1,21	19	1,31	1,19	20	1,31	1,21
30	1,61	1,16	14	1,3	1,22	19	1,26	1,12
21	1,56	1,23	-	-	-	19	1,3	1,18
13,5	1,55	1,18	-	-	-	18	1,31	1,20
12	1,58	1,32	-	-	-	13	1,45	1,36
6	1,61	1,09	-	-	-	12	1,53	1,41
5,5	4,33	3,84	-	-	-	4,5	2,06	1,89
1	1,64	1,25	-	-	-	4,5	1,89	1,57
-	-	-	-	-	-	3	1,64	1,39

2.2.3. Contenido de Arsénico

El arsénico en el agua se encuentra generalmente en estado de oxidación, ya sea como Arsenato (+5) o Arsenito (+3). El primero, dada la abundancia de oxígeno, se encuentra en aguas superficiales (H_3AsO_4), mientras que el segundo es encontrado en condiciones más proclives a la reducción, como aguas subterráneas. La principal vía de dispersión del arsénico es el agua, y dada la alta solubilidad de los arsenatos y arsenitos, es relativamente fácil de encontrar en medios acuáticos, y su concentración en el agua va a depender de la geología y de los suelos locales.

En Chile, la NCh 1333 de calidad de agua para riego establece como límite máximo el valor de 0,1 mg/l, mientras que la norma 409/1 para agua potable, establece un máximo de 0,05 mg/l de este elemento en el agua.

Los resultados obtenidos para aguas superficiales, indican que del total de muestras de la primera campaña, el 90,1 % se encontró fuera de la norma de calidad de agua para riego, con un promedio de 0,113 mg/l. En la segunda campaña, el resultado fue algo mejor, con un promedio de 0,07 mg/l, donde todas las muestras se encontraron dentro de los parámetros de calidad para este elemento, según indica la NCh 1333.

De las muestras obtenidas en pozos menores de 25 m, se observó que todas las concentraciones determinadas están bajo la norma de calidad de agua para riego y potable. El promedio de ambos muestreos fue de 0,016 mg/l y el rango fluctuó entre 0,019 y 0,011 mg/l.

En pozos de mayor profundidad, se observó una tendencia similar. Todos los valores obtenidos se ubicaron bajo las normas chilenas de calidad de agua para riego y para agua potable, en relación a este parámetro. El promedio, para ambos muestreos, fue de 0,012 mg/l, inferior en un 25% al obtenido en los muestreos desde pozos más superficiales. Por lo tanto, la calidad de agua en relación a este parámetro es mejor, especialmente desde el punto de vista del uso de esa agua como recurso de bebida (**Cuadro 6**).

Cuadro 6. Contenido de Arsénico (mg/l) en agua de riego según procedencia. Campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	0,131	0,063	27	0,018	0,019	27	0,015	0,017
40	0,11	0,061	26	0,019	0,017	24	0,016	0,01
35	0,11	0,065	25	0,012	0,013	21	0,01	0,01
33	0,119	0,061	19	0,019	0,015	20	0,014	0,014
30	0,114	0,093	14	0,011	0,016	19	0,015	0,014
21	0,118	0,089	-	-	-	19	0,009	0,017
13,5	0,119	0,087	-	-	-	18	0,014	0,013
12	0,104	0,011	-	-	-	13	0,015	0,014
6	0,101	0,092	-	-	-	12	0,01	0,007
5,5	<0,005	<0,002	-	-	-	4,5	0,005	0,008
1	0,107	0,083	-	-	-	4,5	0,009	0,007
-	-	-	-	-	-	3	0,009	0,006

Valores destacados en negritas, indican superación de la NCh 1333.

2.2.4. Contenido de Fósforo

Los análisis muestran que las concentraciones de fósforo disuelto en aguas subterráneas y superficiales del Valle de Azapa, determinados durante el primer semestre de 2008, no alcanzaron valores significativos desde el punto de vista ambiental, siendo todos ellos, inferiores a 0,25 mg/l valor considerado como bajo.

2.2.5. pH

En aguas superficiales, el rango de pH fluctuó entre 9,3 y 6,92, y el promedio de los valores, para ambos muestreos alcanzó a 8,4. Estas son aguas que están dentro de las normas de calidad primaria de agua indicadas por la NCh 1333.

En pozos menores de 25 m, se observó una disminución importante de los valores de pH, en al menos una unidad, comparado con los valores encontrados en aguas superficiales. El promedio de pH se ubicó entre 7,3 y 7,6 para la primera y segunda campaña, respectivamente.

En pozos mayores de 25 m, existe una reducción aún mayor, comparativamente a los valores registrados en aguas superficiales. En estos pozos, el pH fluctuó entre 7,1 y 7,5 unidades para el primer y segundo muestreo, respectivamente (**Cuadro 7**).

Cuadro 7. Valores de pH en agua de riego según procedencia. (Campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	8,62	8,4	27	7,29	7,8	27	7,4	7,7
40	8,44	8,4	26	7,3	7,7	24	7,2	7,7
35	8,44	8,4	25	7,5	7,5	21	7,4	7,8
33	8,57	8,4	19	7,2	7,5	20	7,1	7,5
30	8,71	8,6	14	7,2	7,5	19	7,3	7,6
21	8,56	8,8	-	-	-	19	7,2	7,5
13,5	8,49	8,9	-	-	-	18	7,3	7,5
12	8,5	7,3	-	-	-	13	7,0	7,3
6	8,54	8,5	-	-	-	12	7,2	7,5
5,5	6,92	7,0	-	-	-	4,5	6,9	7,2
1	8,6	9,3	-	-	-	4,5	6,9	7,2
-	-	-	-	-	-	3	7,0	7,8

2.2.6. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la cantidad de sales disueltas que existen en ella. A mayor conductividad eléctrica, mayor es el contenido de sales disueltas. Valores altos de conductividad eléctrica en el agua de riego están generalmente asociados a problemas de salinidad, y por lo tanto a reducciones de rendimiento de los cultivos. En este sentido, la NCh establece un nivel inferior o igual a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como límite para uso en riego.

En agua superficial, se aprecia que los valores obtenidos en el segundo muestreo, excedieron en un 81,8% la NCh 1333 (indicados en negritas). Existe un punto de muestreo, donde se aprecia que existe un problema de contaminación puntual que debe ser investigado más específicamente. El rango de datos fluctúa entre 17.560 y 651 $\mu\text{S}/\text{cm}$,

aunque los valores, excluyendo el punto del km 5,5 del Valle de Azapa, fluctuaron en promedio entre 673 y 884 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En aguas subterráneas, en pozos de menos de 25 m de profundidad, se observó un cambio radical en la calidad del agua, con un promedio de alrededor de 1.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ambos muestreos. Estos valores duplican aquellos encontrados en aguas superficiales, con lo cual se deduce que desde el punto de vista de la salinidad, las aguas subterráneas del Valle son de inferior calidad. Todos los valores determinados exceden la NCh 1333 y esta tendencia se acrecienta al analizar las aguas de pozos mayores a 25 m.

En este caso, la calidad de agua empeora, con un promedio de alrededor de 2.015 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ambas campañas de muestreo. El 100% de los valores excede la NCh 1333, de calidad primaria de agua de riego, por lo cual esta agua debería usarse con severas restricciones en los cultivos. Se observa un ligero incremento, aunque no necesariamente relacionados, con los valores encontrados en la parte más alta del Valle hacia los valores que se registran en los sectores medio y bajo (**Cuadro 8**).

Cuadro 8. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en agua de riego, según procedencia. (Campaña enero y abril de 2008).

km Valle	1º muestreo	2º muestreo	km Valle	1º muestreo	2º muestreo	km Valle	1º muestreo	2º muestreo
42	710	806	27	1.470	1.462	27	1.524	1.504
40	651	814	26	1.171	1.161	24	1.433	1.470
35	659	833	25	3.370	3.010	21	1.123	1.042
33	656	822	19	1.686	1.708	20	1.787	1.831
30	650	763	14	1.476	1.533	19	1.632	1.667
25	655	830	-	-	-	19	1.670	1.690
13,5	728	718	-	-	-	18	1.800	1.788
12	672	1.774	-	-	-	13	1.790	1.796
6	672	756	-	-	-	12	1.946	1.927
5,5	17.560	16.920	-	-	-	4,5	4.900	5.040
1	679	726	-	-	-	4,5	2.160	2.050
-	-	-	-	-	-	3	1.903	1.890

Valores destacadas en negritas, indican superación de la NCh 1333.

2.2.7. Determinación de residuos de plaguicidas en aguas y estructuras comestibles de los cultivos en estudio

En esta actividad se determinó el estado del arte del manejo de plaguicidas, desde la perspectiva de su residualidad en vegetales y aguas. De acuerdo a la metodología descrita en el proyecto, se dividió el Valle en tres secciones y se realizaron dos campañas de muestreos, enero y marzo de 2008. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Residuos de Plaguicidas de INIA-La Platina.

2.2.7.1. Determinación de residuos de plaguicidas en aguas superficiales

Se analizó un total de 59 muestras de agua. Los pesticidas estudiados fueron: Metomilo, Clorpirifos, Metidation, Dimetoato, Carbofuran, Diazinon y Cipermetrina. Se encontraron residuos de plaguicidas en 5 casos, Metomilo (dos casos con 1,6 y 0,7 $\mu\text{g/l}$), Clorpirifos (dos casos con 0,05 y 0,04 $\mu\text{g/l}$) y Diazinon (un caso con 0,31 $\mu\text{g/l}$). En el resto de las muestras no se encontró evidencia detectable que indicara la presencia de residuos de plaguicidas.

2.2.7.2. Determinación de residuos de plaguicidas en estructuras vegetales

Se tomó seis muestras de cada especie (tomate, pimiento, poroto verde, maíz y olivas), dos por cada tercio de Valle, y se realizaron determinaciones para siete ingredientes activos. Se compararon los resultados obtenidos con el Límite Máximo de Residuos (LMR) de la Unión Europea.

- **Residuos de plaguicidas en tomate**

De los siete ingredientes activos buscados, sólo tres de ellos se encontraron presentes en las muestras de tomate (Metamidofos, Clorpirifos y Metomilo + Tiodicarb). Sólo Metamidofos, en una muestra marcó valores superiores al LMR (UE). La muestra indicada superó en 26 veces el LMR, lo cual extrapolando a niveles de un consumo habitual por día, para adultos o niños, podría conllevar a eventuales daños crónicos para la salud.

El segundo plaguicida en importancia es Clorpirifos, que fue encontrado en una muestra, aunque con valores inferiores al LMR establecido. Finalmente, el Metomilo + Tiodicarb es reportado en dos muestras de las siete analizadas, con valores inferiores a 0,05 mg/kg. Es decir, cuatro veces bajo la norma.

- **Residuos de plaguicidas en poroto verde**

En poroto verde, fue posible determinar cinco de los siete ingredientes activos buscados, en diferentes concentraciones. Estos plaguicidas son Metamidofos, Dimetoato + Ometoato, Captan, Mancozeb y Clorpirifos. De éstos, Metamidofos, en un 50% de las muestras registró valores superiores al LMR indicado. El Dimetoato + Ometoato aparece sobre la norma en una de las muestras (14%). La excedencia de la norma en el caso de Metamidofos fluctúa entre 5,9 y 1,4 veces.

En el caso de Dimetoato, plaguicida organofosforado de menor toxicidad que el anterior, la norma es excedida en una de las muestras, en alrededor de 48,5 veces. Por otra parte, Captan y Mancozeb, fueron determinados en sólo una muestra. Sin embargo, lo fue en niveles inferiores a lo indicado por la norma respectiva.

- **Residuos de plaguicidas en pimiento**

En esta especie, se determinó cuatro ingredientes activos, en diferentes concentraciones. Estos plaguicidas fueron Metamidofos, Metomilo, Metalaxyl y Clorpirifos. De éstos, el Metamidofos, en un 57% de las muestras registró valores superiores al LMR indicado. La excedencia de la norma en el caso de Metamidofos fluctúa entre 104 y 12 veces. Este plaguicida, de alta toxicidad, es recurrentemente encontrado en los productos agrícolas muestreados, en diferentes concentraciones, siendo importante destacar que el LMR para cada uno de ellos es diferente, con lo cual el riesgo de consumir uno u otro es diferente, desde el punto de vista del daño agudo o crónico para la salud humana. Metomilo y Clorpirifos aparecen en una muestra cada uno, aunque en niveles inferiores a la norma respectiva.

- **Residuos de plaguicidas en maíz dulce y olivas**

En maíz, se observó menores detecciones que en los cultivos analizados precedentemente, aunque una de las muestras registra Metamidofos

en niveles similares a la norma. Por otra parte, en olivas no se encontró ninguno de los plaguicidas buscados.

- **Contenidos de residuos de plaguicidas después de cocción**

Como una forma de estimar el efecto de la cocción en el contenido de residuos de algunos plaguicidas determinados, se analizó el plaguicida más representativo en relación a su residualidad en los dos cultivos donde fue detectada su presencia en mayores niveles y se procedió a someterlos a cocción, analizando posteriormente, el material vegetal crudo, el cocido y el agua de la cocción. El procedimiento fue cocinar, por 15 minutos, una muestra de material vegetal en agua destilada.

Para pimiento, se sometió dos muestras a este procedimiento, determinándose que el contenido residual del ingrediente activo de la muestra, se repartió en el agua de cocción y en el material vegetal cocido. Con ello el contenido en el producto alimenticio disminuye, en aproximadamente 40 a 60%.

En el caso de poroto verde, que presentó valores iniciales más altos, los resultados muestran algo diferente. La reducción del contenido inicial de residuo de Metamidofos es de alrededor del 75% en el producto cocido. La diferencia no se encuentra en el agua de cocción, con lo cual se asume que el residuo pudo haberse transformado en el proceso, no siendo detectado en el producto final.

2.3. CONCLUSIONES

Los resultados expuestos refuerzan la necesidad de incorporar criterios de producción limpia en el manejo agronómico de los principales cultivos hortícolas del Valle de Azapa. Se evidencia problemas de contaminación de aguas y estructuras vegetales comestibles, que pueden ser subsanados mediante programas o protocolos de producción limpia donde se ordene la estrategia de intervención. Esto en áreas como manejo de la fertilización y aplicación de productos fitosanitarios, en aspectos relacionados con los días de carencia de los productos, decisiones de aplicación basada en monitoreo de plagas y enfermedades, y capacitación y educación de los aplicadores en cuanto a normas de seguridad para la manipulación de plaguicidas.

BIBLIOGRAFÍA

MINSAL, 2001. Decreto N° 106 de 1997 y actualizado al 20-09-2001. www.redsalud.gov.cl/archivos/alimentosynutricion/.../aguasminerales1.pdf.