

Desarrollo frutihortícola en las inmediaciones del Polo petroquímico Dock Sud

Machalec Jorge; Speltini, Cristina; Coppo, Gabriela; Capato, Nora; Flamini, Laura; Devescovi, María Pía; Martínez, Nahuel

*Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda.
Departamento de Ingeniería Química.
Av. Ramón Franco 5050 (1874) Villa Domingo. Pcia. de Buenos Aires (Argentina)*

jmachalec@fra.utn.edu.ar

RESUMEN.

La zona costera de Sarandí se encuentra atravesada por diferentes escenarios ambientalmente conflictivos como resultan ser el polo petroquímico Dock Sud, el relleno sanitario Santo Domingo y los canales Sarandí y Santo Domingo, que a través del tiempo han generado condiciones ambientales poco favorables para el desarrollo del entorno. En medio de este conglomerado se encuentra asentado un pulmón verde de aproximadamente 420 ha donde se encuentra funcionando un conjunto de establecimientos agrícolas de los que se obtienen productos frutihortícolas frescos y elaborados que abastecen el consumo de las inmediaciones del predio.

Sobre el escenario planteado se han realizado cuatro muestreos en diferentes épocas del año a fin de determinar la calidad de los productos de allí derivados, en cuanto a la presencia y concentración de metales pesados y sobre las posibles fuentes de contaminación, suelo y agua de riego. Para las determinaciones analíticas se utilizaron técnicas analíticas homologadas y los resultados dan cuenta de variaciones temporales y espaciales muy importantes, mostrando concentraciones elevadas de arsénico, plomo y cadmio por encima de los niveles de referencia indicados por el Código Alimentario Argentino en diferentes variedades vegetales, que en algunos casos coinciden con las elevadas concentraciones de los mismos analitos en suelo, de acuerdo a las especificaciones del Decreto 831/93 para suelo de uso agrícola. Los resultados ponen en evidencia el alto grado de antropización de la zona y el potencial riesgo para los consumidores de productos derivados de la zona.

Palabras Claves: metales pesados, calidad, riesgo.

1. INTRODUCCIÓN

La zona costera de Sarandí, donde se encuentran asentados los arroyos Sarandí y Santo Domingo, fue sitio de instalación hacia finales del siglo XIX de los inmigrantes genoveses quienes aportaron su caudal de conocimientos en la explotación de la tierra dirigida hacia la producción frutihortícola. Los genoveses introdujeron los primeros cambios del paisaje natural de la zona transformándola en un sector productivo. Realizaron trabajo de laboreo sobre la tierra, construyeron canales y sistemas de riego aprovechando las crecidas tanto del Río de la Plata como de los arroyos linderos y construyeron un sector productivo que encontraría a través del tiempo un sello distintivo, el vino de la costa.

A través del tiempo se produjeron varias perturbaciones en el área que impactaron en el desarrollo de las actividades de la región. Por un lado el deterioro de la calidad de las aguas del Riachuelo, y de los cuerpos de agua localizados en el sector, arroyos Sarandí y Santo Domingo, como consecuencia del auge industrial de las décadas del 30 y del 40, y por otro lado el asentamiento y funcionamiento del Polo petroquímico Dock Sud. Asimismo y más cerca en el tiempo encontramos como suceso de importancia que modificó la esencia de la región, la instalación y funcionamiento del relleno sanitario Santo Domingo.

Estos sucesos destacan hoy día en la zona de influencia la presencia de elevadas concentraciones de contaminantes de diversas procedencias, entre ellos se encuentran los metales pesados en los sedimentos de los arroyos Sarandí y Santo Domingo y con ello la posibilidad de transmisión de estos hacia los cultivos de la zona de quintas.

1.1. Metales pesados en suelo

La peligrosidad de los metales pesados radica en la tendencia a bioacumularse, en diferentes cultivos, favorecida por el transporte de los contaminantes a través del agua de riego principalmente, que facilita su localización en el suelo, siendo el tiempo de residencia de la mayoría de los metales pesados en el suelo muy largo [1].

Los metales pesados incorporados al suelo encuentran distintas vías de acción sobre el medio pudiendo [2]:

- Quedar retenidos en la fase acuosa o anclados a sitios activos de intercambio.
- Ser incorporados a la cadena trófica a través de su adsorción por plantas.
- Incorporarse a la atmósfera por volatilización
- Migrar hacia cuerpos de agua superficial y subterráneo.

El riesgo de toxicidad de los metales en suelo implica conocer no solo las concentraciones de éste en el sustrato sino también su disponibilidad, movilidad y reactividad con el resto de los componentes del ecosistema [3].

La clasificación de los suelos en base a la concentración de metales pesados permite establecer diferentes categorías de contaminación del sustrato [4], de esta forma en la Tabla 1 se pueden identificar tres categorías de suelo contaminados basadas en este aspecto.

Tabla 1. *Estándares de evaluación para suelos contaminados con metales pesados*
Valores expresados en ppm

Elemento	Valor A		Valor B		Valor C	
	Extracción HCl 0,1M	Concentración	Extracción HCl 0,1M	Concentración	Extracción HCl 0,1M	Concentración
Arsénico	-	16,0	-	30,0	-	40,0
Cadmio	0,4	2,0	1,0	4,0	2,0	5,0
Cromo	12,0	100,0	25,0	250,0	40,0	400,0
Plomo	18,0	50,0	150,0	300,0	200,0	500,0

Valor A: Límite superior de concentración frecuente de metales pesados en suelo

Valor B: Nivel aceptable

Valor C: Límite requerido para intervención

Los factores que determinan la disponibilidad de metales pesados en suelo son el pH, el contenido de arcillas y con este el mayor o menor grado de adsorción en el medio y el contenido de materia orgánica [5].

1.2 Metales pesados en plantas

No todos los metales pesados resultan estar ausentes en las plantas [6], algunos de ellos son necesarios para su crecimiento, a modo de ejemplo el cinc se encuentra en una concentración promedio de 20 ppm en base seca, siendo necesario para el desarrollo de la actividad enzimática.

Las plantas muestran varios patrones de respuesta a la presencia de concentraciones potencialmente tóxicas de iones de metales pesados. Son sensibles incluso a concentraciones muy bajas, otros tienen resistencia desarrollada y un número reducido se comportan como hiperacumuladoras de metales tóxicos [7].

Absorbido por las plantas, los metales pesados pueden entrar en la cadena alimentaria en cantidades significativas. Por lo tanto, las personas podrían estar en riesgo por los efectos nocivos de consumir verduras cultivadas en suelos que contienen concentraciones elevadas de metal. Por ejemplo, se estima que aproximadamente la mitad de la ingesta de plomo se produce a través de la alimentación humana, [1].

Los resultados de distintos trabajos de investigación realizados sobre variedades de plantas vegetales [1] muestran que la absorción de metales pesados depende en ciertos casos de la concentración del contaminante en suelo tal el caso de Cd, Cu, Mn y Zn. El plomo tuvo una menor captación por la mayor parte de las plantas. No obstante, la alta concentración de metales pesados en plantas no siempre es indicador que estos se encuentren biodisponibles¹.

Los estudios realizados sobre numerosas variedades de vegetales divididas en grupos de hortalizas de fruto, hortalizas de hoja y hortalizas de raíz, dan cuenta de concentraciones medias de metales pesados en su composición Tabla 2.

Tabla 2. Concentración de metales pesados en diferentes especies vegetales.
Valores expresados en ppm. () Desvíos estándar

Elemento	Hortalizas de fruto (n=90)	Hortalizas de hoja (n=144)	Hortalizas de raíz (n=112)
Arsénico	0,05 (0,002)	0,12 (0,003)	0,05 (0,001)
Cadmio	0,11 (0,004)	0,24 (0,006)	0,21 (0,006)
Cromo	0,26 (0,010)	0,02 (0,001)	0,03 (0,002)
Plomo	2,11 (0,060)	3,69 (0,050)	2,58 (0,035)

Dado el desarrollo del sector frutihortícola en la zona de quintas de la costa de Sarandí, el impacto de las actividades industriales en la zona de influencia y la peligrosidad de los contaminantes que puedan estar presentes en los cultivos para la salud humana, demanda realizar un estudio sobre la calidad de las producciones en la zona de quintas tomando en cuenta las condiciones del suelo y el agua de riego como medio de cultivo.

2. OBJETIVOS

La realización del presente estudio tiene como objetivos:

- Determinar la presencia y concentración de metales pesados en los productos frutihortícolas y productos elaborados procedentes de la zona de quintas de Sarandí
- Determinar si la concentración de los metales pesados son superiores a los establecidos por el Código Alimentario Argentina (CAA), en cuyo caso su ingestión puede constituirse como riesgosa para los potenciales consumidores de productos derivados de la zona en estudio.
- Determinar las posibles fuentes de contaminación

3. METODOLOGÍA

Se seleccionaron dos quintas activas para la realización del presente estudio. La primera de ellas para el muestreo del vino de la costa y la segunda para el muestreo de vegetales, agua de riego y suelo. Se realizaron análisis de los sustratos en el laboratorio de análisis especiales del Departamento de Ingeniería Química y para el caso particular del vino se realizó el análisis en el Instituto Nacional de Vitivinicultura, en todos los sustratos analizados se determinó la presencia de metales pesados (As, Cd, Pb, Zn, Cr Ni).

¹ El término "biodisponibilidad" ha sido definida como la medida en que una sustancia química puede ser absorbida por un organismo vivo y alcanzar la circulación sistémica (Kelley et al. 2002)

3.1 Selección de los lugares de muestreo

Las quintas que se encuentran en producción y que conformaron parte del presente trabajo se encuentran distribuidas en el sector delimitado por el arroyo Santo Domingo, el arroyo Sarandí, el Río de La Plata y la autopista Buenos Aires La Plata, tal como se puede observar en la imagen satelital.



Figura 1. Imagen satelital de la zona de quintas

3.2 Estudio de las producciones

Se realizaron determinaciones analíticas sobre la porción comestible de diversos productos vegetales frescos de la quinta N°2, como así también en muestras de vino de la quinta N°1. Los análisis sobre productos frescos se realizaron en el laboratorio de análisis especiales del Dto. de Ing. Química de la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda, Los análisis efectuados en estos sustratos implicó realizar determinaciones analíticas de metales pesados (Cd, Cr, As, Pb, Zn, Ni) sobre las siguientes especies: Lechuga, *Lactuca sativa L.*; Acelga, *Beta vulgaris subsp. cicla (L.) W. D. J. Koch*; Cebolla de verdeo, *Allium cepa L.*; rabanito, *Raphanus sativus L.*; Zanahoria, *Daucus carota L.*, y también se realizaron los mismos análisis en muestras de productos adquiridas en el comercio minorista. Se utilizó para ello un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer A Analyst 300 y un generador de hidruros FIAS 100.

Las técnicas analíticas empleadas fueron las siguientes:

Tabla N°3. Técnicas analíticas

Analito	Método
Arsénico	Estándar Methods 3500 As B
Plomo	EPA 239.1 mod
Cadmio	EPA 213.1
Cinc	EPA 289.1
Níquel	Estándar Methods 3500 Cr B
Cromo	Estándar Methods 3500 Cr D

Paralelamente a las determinaciones analíticas sobre productos frescos se analizaron los productos ofrecidos en el comercio minorista.

Asimismo, se efectuaron determinaciones analíticas sobre muestras de vino, procedentes de la quinta N°1, que fueron realizados en el Instituto Nacional de Vitivinicultura. Estos análisis tomaron en cuenta los parámetros estándar para la determinación de la calidad del vino producido en la zona de quintas, dentro del conjunto de determinaciones (Densidad, Porcentaje de alcohol, Extracto seco, Azúcares reductores, Acidez total, Acidez volátil, Glicerina, Sulfatos, Cloruros, Cenizas, Materia colorante, Reacción de Ferrocianuro, Ferrocianuro férrico, Ácido sórbico, Cal, Metanol, SO₂ total, Alcalinidad de las cenizas, Desviación polarimétrica, pH, SO₂ libre, Aspecto, Color, Aroma y Sabor) y también se realizaron análisis específicos para determinar la presencia y concentración de los siguientes metales pesados (Pb, Cd, As, Zn y Sn).

Para el caso de los productos frescos se tomaron los límites de referencia de Pb, As, y Cd, establecidos por CAA, art 156, en el caso del Zn se tomó el Nivel de referencia correspondiente a productos generales también establecidos en el CAA. Para el caso de Cr y Ni no se encuentran establecidos niveles de referencia en el CAA.

3.3 Estudio del suelo

En la quinta N°2 se analizó la presencia y concentración de metales pesados (Pb, As, Cr, Cd, Zn y Ni). La muestra de suelo analizada fue tomada de los camellones usados para el cultivo de lechuga.

Los análisis fueron realizados en el laboratorio de análisis especiales del Dto de Ing. Química de la UTN Avellaneda. Las técnicas analíticas aplicadas y las incertezas del método se detallan en la siguiente Tabla.

Tabla N°4. *Técnicas analíticas aplicadas al estudio de suelo*

Analito	Método
Arsénico	Estándar Methods 3114 As B
Plomo	EPA 239.1 mod
Cadmio	EPA 213.1
Cinc	EPA 289.1
Níquel	EPA 249.1
Cromo	Estándar Methods 3500 Cr D

3.4 Estudio de las aguas de riego

En la quinta N°3 se tomaron muestras de las aguas de riego provenientes de dos fuentes diferentes, aguas provenientes de las crecidas del Río de La Plata y aguas subterráneas, sobre la base de las muestras se realizaron las siguientes determinaciones.

Tabla N°5. *Técnicas analíticas aplicadas al análisis de agua de riego*

Analito	Método
pH	EPA 150.1
Sulfatos	EPA 375.4
Hierro total	Standard Methods 3500 FeD
Manganeso total	Hach 290
Amonio	Standard Methods 4500 NH3C
Arsénico total	Standard Methods 3114 As B
Plomo total	EPA 239.1 mod.
Cadmio	EPA 213.1
Cromo total	Standard Methods 3500 Cr B
Mercurio	EPA 245.2 mod
Cinc	EPA 289.1
Cobre	EPA 220.1
Níquel	EPA 249.1

4. RESULTADOS

Los resultados de los análisis se presentan en forma desagregada para cada uno de los sustratos.

4.1 Resultados de la muestra de vino

El análisis en la muestra de vino se realizó en el laboratorio del Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) bajo número de análisis INV. BA-0001031537, que muestra los siguientes resultados.

Tabla N°6. Resultado de los análisis realizados sobre la muestra de vino

Parámetro	Resultado	Límites	Tolerancia
Densidad 20°C	0,996 g/ml	N/E	
Alcohol a 20°C	12,6 % vol24,07 g/l	Se fija anualmente por el INV para cada zona.	0,3 en más o en menos. Resolución N° C-41/91
Extracto seco	24,07 g/l	N/E	Hasta 20 g/l: 1,5 g/l en más o en menos. Más de 20 g/l: 7,5% en más o en menos Resolución N° C-41/91.
Azúcares reductores	2,79 g/l	N/E	Menos de 20 g/l: 2 g/l en más o en menos. Más de 20 g/l: 10% en más o en menos. Resolución N° C-41/91.
Acidez total en ácido tartárico	5,44 g/l	N/E	0,20 g/l en más o en menos. Decreto N°1469/71.
Acidez volátil en acético	1,06 g/l	1,00 g/l Vinos Bancos y Rosados. 1,20 g/l Vinos Tintos para libre circulación. Resolución N° C-14/03.	0,20 g/l en más o en menos. Resolución N° C-14/03
Glicerina	-----	N/E	-----
Sulfatos en K ₂ SO ₄	Menos de 1 g/l	1,00 g/l Vinos secos - 1,20 g/l Vinos Edulcorados - 1,50 g/l Vinos con más de 2 años de añejamiento y elaboraciones especiales con denuncia previa ante el INV - Res. C.14/03 - 1,50 g/l vino licoroso y/o generoso por Res. C.35/2000.	Tolerancia 10% - Res. C.14/03
Cloruros en NaCl	Menos de 0,60 g/l	0,60 g/l. Res. C.35/2000	-----
Cenizas	2,34 g/l	N/E	0,25 g/l en más o en menos. Decreto N°1469/71.
Materia colorante	No cont.	Ausencia. Ley N° 14878.	-----
Reacción de ferrocianuro	Negativa	Negativa. Resolución I.N.V. N° C-106/92.	-----
Ferrocianuro férrico	No cont.	Ausencia. Resolución I.N.V. N° C-106/92.	-----
Ácido sórbico	No cont.	200 mg/l. Resolución I.N.V. N° 8/10.	-----
Índice de color	621	N/E	-----
Cal en CaO	Menos de 0,25 g/l	0,25 g/l para libre circulación. Resolución I.N.V. N° C-143/94	5% en más o en menos Resolución I.N.V. C-143/94
Metanol	Menos de 0,15 g/l	0,35 ml/l para libre circulación Resolución I.N.V. N°74/85.	0,10 ml/l en más o en menos Resolución I.N.V N° 74/85
SO ₂ total	90 mg/l	130 mg/l en vino tinto seco. 180 mg/l en vino blanco y rosado seco. 180 mg/l en vino tinto abocado dulce. 210 mg/l en vino blanco y rosado abocado dulce. Todos éstos valores para libre circulación. Resolución I.N.V. N° C-143/94.	35 mg/l en más o en menos. Resolución I.N.V. N° C-143/94.
Alcalinidad de las cenizas	25,0 meq/l	N/E	-----
Desviación polarimétrica	-0,15	N/E	-----
Precipitado	No	N/E	-----
pH	3,9	N/E	-----
Observación microscópica	---	N/E	-----
Aspecto	Limpido	N/E	-----
Color	Tinto	N/E	-----
Aroma	Normal	N/E	-----
Sabor	Vinoso	N/E	-----
Cobre	0,72 mg/l	1 mg/l.	-----
Plomo	0,08 mg/l	0,15 mg/l.	-----
Cadmio	Menos de 0,01 mg/l	0,01 mg/l.	-----
Arsénico	No cont.	-0,2 mg/l.	-----
Cinc	3,38 mg/l	5 mg/l.	-----
Estaño	Menos de 10 mg/l	N/E	-----
SO ₂ libre	28 mg/l	N/E	5 mg/l en más o en menos. Decreto N° 1469/71.

Los parámetros de calidad establecidos por el Instituto Nacional de Vitivinicultura, indican que a pesar de la exposición a condiciones ambientales desfavorables, sus valores se sitúan por debajo de los límites máximos establecidos para el producto. Los parámetros de contaminación investigados, metales pesados, muestran la aptitud del producto para consumo humano. De los metales analizados (Pb, Cd, As, Zn) la concentración de As al igual que la de Cd, se encuentra por debajo de los límites detectables por el método de análisis empleado. Tanto la concentración de Pb como la de Zn resultan encontrarse apenas por encima del 50% del límite permitido.

4.2 Resultados de la muestra de vegetales

Por su parte el análisis de metales pesados realizados sobre la muestra de productos vegetales provenientes de la quinta N°2 y de los mismos productos ofrecidos en el comercio, muestran los siguientes valores.

Tabla N°7. Resultado de los análisis realizados sobre muestras de rabanitos y puerro. Valores expresados en ppm

Analito	Sustrato										
	Rabanitos						Puerro				
	1° Muestreo	2° Muestreo	3° Muestreo	4° Muestreo	Comercio	CAA	1° Muestreo	2° Muestreo	3° Muestreo	Comercio	CAA
Arsénico	<0,005	<0,01	0,08	0,46	<0,005	0,2	<0,005	0,03	0,03	<0,005	0,2
Plomo	1,81	<0,20	<0,2	0,42	<0,01	0,1	0,77	<0,20	<0,2	<0,01	0,2
Cadmio	<0,03	<0,03	0,08	0,79	<0,003	0,1	<0,03	<0,010	<0,03	<0,003	0,1
Cinc	7,86	4,92	7,88	36,2	2,78	100	6,61	3,38	3,57	3,45	100
Níquel	<0,2	<0,20	0,25	2,08	<0,2	N/L	<0,2	<0,20	1,19	<0,2	N/L
Cromo	<0,1	<0,20	<0,5	<0,1	<0,005	N/L	<0,1	<0,20	<0,05	<0,005	N/L

Tabla N°8. Resultado de los análisis realizados sobre muestras de acelga, cebolla de verdeo, ciruelas e hinojo. Valores expresados en ppm

Analito	Sustrato									
	Acelga					Cebolla de verdeo			Ciruelas	Hinojo
	1° Muestreo	2° Muestreo	4° Muestreo	Comercio	CAA	1° Muestreo	2° Muestreo	4° Muestreo	2° Muestreo	4° Muestreo
Arsénico	<0,005	----	<0,2	<0,005	0,3	----	0,04	0,62	<0,01	<0,2
Plomo	0,54	----	3,85	<0,01	0,3	----	<0,20	<0,2	<0,02	1,73
Cadmio	<0,03	----	0,25	<0,003	0,2	----	<0,01	1,9	<0,03	0,34
Cinc	7,07	----	11,21	5,36	100	----	2,07	4,36	2,11	4,88
Níquel	<0,2	----	0,32	<0,2	N/L	----	<0,20	0,57	<0,20	<0,2
Cromo	<0,1	----	0,76	<0,005	N/L	----	0,56	0,58	<0,20	0,2

Tabla N°9. Resultado de los análisis realizados sobre muestras de zanahoria, lechuga y ciboulette. Valores expresados en ppm

Analito	Sustrato										
	Zanahoria				Lechuga						Ciboulette
	1° Muestreo	2° Muestreo	Comercio	CAA	1° Muestreo	2° Muestreo	3° Muestreo	4° Muestreo	Comercio	CAA	3° Muestreo
Arsénico	<0,005	----	<0,005	0,2	0,015	<0,01	0,02	<0,2	<0,005	0,3	0,03
Plomo	0,47	----	<0,01	0,1	0,87	<0,20	<0,02	0,48	<0,01	0,3	<0,2
Cadmio	<0,03	----	<0,003	0,1	<0,03	0,1	<0,03	1	<0,03	0,2	<0,03
Cinc	3,95	----	6,9	100	4,16	1,39	3,43	3,27	2,92	100	4,77
Níquel	<0,2	----	<0,2	N/L	<0,2	<0,20	0,18	<0,2	<0,2	N/L	0,26
Cromo	<0,1	----	<0,005	N/L	<0,2	0,6	<0,5	0,86	<0,005	N/L	<0,5

N/L: No Legislado. Fecha de muestreo: 1° Muestreo 15/8/12; 2° Muestreo: 4/12/12; 3° Muestreo: 09/04/13; 4° Muestreo 25/07/13

4.2.1. Análisis de los resultados

De las muestras que dan cuenta de la presencia de metales pesados.

- Una elevada concentración de plomo, en el primer y cuarto muestreo, en todos los sustratos analizados que resulta ser 18 veces superior al nivel de referencia de este metal indicado por CAA para el rabanito; 3,8 veces superior a la concentración máxima establecida para el puerro; 12,83 veces superior al límite establecido para acelga; 4,7 veces superior al límite establecido para zanahoria, 2,9 veces superior al límite indicado para lechuga y 8,65 veces el límite indicado para hinojo.
- Concentraciones de arsénico por sobre el límite de referencia establecido por el CAA que supera en 2,3 veces el límite indicado para el rabanito y en 6,2 veces al límite indicado para la cebolla de verdeo.
- Concentraciones de Cd por encima del nivel de referencia superando 7,9 veces al establecido para el rabanito, 35,8 veces para el caso del verdeo, 5 veces superior al indicado para lechuga y apenas por sobre el máximo valor indicado para la acelga.
- Presencia de Zn en todos los sustratos analizados, sin embargo la concentración de este analito no supera en ningún caso el límite de referencia indicado por CAA para alimentos de carácter general.
- Presencia de Cr y Ni en diferentes sustratos. Parámetro no legislado por el CAA.

De igual modo se compararon los valores de las determinaciones analíticas de los metales pesados analizados con los estándares de contaminación por metales pesados en hortalizas, tal como se muestran en el siguiente cuadro [4]:

Tabla 10. Valores medios de metales pesados en grupos de hortalizas

Elemento	Hortalizas de fruto (n=90)	Hortalizas de hoja (n=144)	Hortalizas de raíz (n=112)
Arsénico	0,05 (0,002)	0,12 (0,003)	0,05 (0,001)
Cadmio	0,11 (0,004)	0,24 (0,006)	0,21 (0,006)
Cromo	0,26 (0,010)	0,02 (0,001)	0,03 (0,002)
Plomo	2,11 (0,060)	3,69 (0,050)	2,58 (0,035)

- En este caso y para el particular de las hortalizas de raíz (zanahoria y rabanito) que presentan características desfavorables en relación a la concentración de plomo acumulada, sin embargo esta concentración se encuentra por debajo de los parámetros estándar. De igual modo sucede con el caso de la acelga y lechuga (hortaliza de hoja)
- Respecto del arsénico las especies analizadas rabanito y cebolla de verdeo (hortalizas de raíz) superan las concentraciones estándar de hortalizas contaminadas con metales pesados.
- Respecto del cadmio nuevamente las concentraciones máximas halladas en los sustratos analizados (rabanito y cebolla de verdeo), superan las concentraciones medias indicadas para hortalizas de raíz. Por su parte la acelga (hortaliza de hoja) supera la concentración media indicada para este conjunto.

4.2 Resultados de los análisis sobre suelo

Del análisis realizado se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11. Resultados sobre muestras de suelo

Analito	Resultado 1° Muestreo	2° Muestreo Suelo Lechuga	2° Muestreo Suelo Hinojo	2° Muestreo Suelo Verdeo	2° Muestreo Suelo Rabanito	2° Muestreo Suelo Acelga	Dec 831/93 Suelo uso agrícola	Unidades
Arsénico	1,42	3,48	1,91	3,23	7,17	6,86	20	mg/kg
Plomo	28,7	26,56	8,72	21,6	21,21	37,18	375	mg/kg
Cadmio	0,99	8,79	3,69	0,31	0,79	0,15	3	mg/kg
Cinc	24,8	42,63	28,21	40,60	36,2	61,33	600	mg/kg
Níquel	5,44	<1	<1	3,59	2,08	4,24	150	mg/kg
Cromo	9,9	<0,5	3,74	9,54	<0,5	1,14	750	mg/kg

El cadmio es el único analito determinado que presenta niveles de excedencia por sobre el límite de referencia fijado por el Decreto 831/93 categorizándolo como suelo contaminado.

4.3 Estudio de las aguas de riego

Los análisis realizados sobre las muestras de agua muestran los siguientes resultados

Tabla 12. Resultado sobre aguas de riego. Valores expresados en mg/l

Analito	Agua de crecidas del Río de La Plata	Agua de pozo	Agua irrigación Dec 831/93	Absorción por el suelo ADA 336/2003
pH	8,50	9,07		6,5 – 10
Sulfatos	14	185		< 1000
Hierro total	0,1	0,05		<0,1
Manganeso total	0,040	0,010		<0,1
Amonio	1,56	0,06		<0,75
Arsénico total	0,007	0,050	< 0,1	<0,1
Plomo total	<0,02	<0,02	0,2	Ausente
Cadmio	0,003	0,003	<0,01	Ausente
Cromo total	<0,02	<0,02	0,1	Ausente
Mercurio	<0,002	<0,002		Ausente
Cinc	<0,02	<0,02	2	<0,1
Cobre	<0,02	<0,02	0,2	Ausente
Niquel	0,03	0,02	0,2	<0,1

Los valores de los análisis realizados muestran encontrarse dentro de los parámetros establecidos por el CAA a excepción del As y pH cuyos valores en agua de pozo se encuentra por encima de los límites establecidos por la norma para consumo humano. Sin embargo y de acuerdo a la Resolución 336/03 del ADA, para agua de absorción en suelo, estos valores resultan ser menores a los límites fijados en esta condición, como así también inferiores a los niveles fijados para agua de irrigación según el Decreto 831/93.

5. CONCLUSIONES

Existe una importante variabilidad temporal y espacial, debido a la rotación de cultivos, en la concentración de metales pesados: plomo, arsénico y cadmio, que encuentra correlato específico para el caso del cadmio con las elevadas concentraciones en suelo para el caso de lechuga.

La incidencia de la concentración de metales pesados, se hace mucho más significativa sobre los vegetales de raíz, rabanito especialmente, en concordancia con lo indicado por la bibliografía.

La relativa baja concentración de metales pesados en suelo, a excepción de la elevada concentración de cadmio en suelo donde se encontraba la lechuga, y su presencia en diversos vegetales sugiere la necesidad de realizar un estudio de especiación química en suelo que confirme la biodisponibilidad de arsénico, plomo y cadmio para las plantas.

El agua como vehículo de transporte de elementos contaminantes, metales pesados, no sugiere de acuerdo a los resultados obtenidos, comportarse como tal.

El impacto de las condiciones ambientales del entorno de la zona de quintas muestra que la calidad de los productos de allí derivados no siempre cumple con los parámetros definidos por el Código Alimentario Argentino.

6. REFERENCIAS

[1] Intawongse Marisa; Dean John R. (2006). "Uptake of heavy metals by vegetable plants grown on contaminated soil and their bioavailability in the human gastrointestinal tract". Food Additives and Contaminants. 23(1): 36–48

[2] García Inés; Dorronsor Carlos. "Contaminación del suelo". Disponible en URL: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema00/home.htm>

- [3] Ornella Abollino, Maurizio Aceto, Mery Malandrino, Edoardo Mentastia,*, Corrado Sarzanin, Renzo Barberis. (2002). "Distribution and mobility of metals in contaminated sites. Chemometric investigation of pollutant profiles". *Environmental Pollution* 119 (2002) 177–193
- [4] Prieto Méndez, Judith; González Ramírez, César A.; Román Gutiérrez, Alma D.; Prieto García, Francisco. (2009). "Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 10, Núm. 1, sin mes, 2009, pp. 29-44. Universidad Autónoma de Yucatán México
- [5] Sauvé Sébastien; Hendershot William; Allen Herbert. (2000). "Solid-Solution Partitioning of Metals in Contaminated Soils: Dependence on pH, Total Metal Burden, and Organic Matter". *Environmental Science & Technology*. vol. 34, N 7.
- [6] Mahler Robert L. "General Overview of Nutrition for Field and Container Crops". (2004). USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-33
- [7] Barceló Joan; Poschenrieder Charlotte. (2003). "Phytoremediation: principles and perspectives". *Contributions to Science*, 2 (3): 333-344 . Institut d'Estudis Catalans, Barcelona