CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN EL CULTIVO DE BETERRAGA (*Beta vulgaris*) EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN CARAPONGO, CHOSICA CORCONA – HUAROCHIRÍ

LEAD CONTAMINATION IN THE CULTIVATION OF BETERRAGA (*Beta vulgaris*) IN TWO PRODUCTION SYSTEMS IN CARAPONGO-CHOSICA

Karina Elizabeth Tena¹, José Eloy Cuellar Bautista²

htpps://doi.org/10.52109/cyp2021216

REGISTROS

Recibido el 08/05/2021 Aceptado el 25/07/2021 Publicado el 31/07/2021



PALABRAS CLAVE

Carapongo, Contaminación, Beterraga, Plomo, Estándares de Calidad Ambiental, Codex

KEYWORDS

Carapongo, Rímac River, pollution, horticultural crops, beets, production systems, lead, Environmental Quality Standards, Codex.

RESUMEN

El presente estudio evaluó los sistemas de producción convencional y orgánico de beterraga (beta vulgaris), regadas con aguas de la cuenca baja del río Rímac. Se midieron los niveles de plomo (Pb) en agua y suelo al inicio y final del cultivo, así como en la parte comestible de la planta. Los resultados arrojaron que las concentraciones del Pb en el agua estuvieron dentro y sobre los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por la norma vigente nacional. Las concentraciones en el suelo superaron los ECA. Finalmente, las concentraciones en la parte comestible, cosechada a los 75 días, estuvieron entre 0.211 a 0.224 mg/kg para el cultivo convencional y 0.247 a 0.342 mg/kg para el cultivo orgánico, reportando este último un valor más alto que el cultivo convencional. En ambos sistemas la concentración de Pb superó el límite máximo permisible para productos de consumo, establecido en el Codex Standard 193-1995 para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos, que es de 0.1mg/kg. Concluyéndose que, a pesar de que son sistemas de producción diferentes, el contenido de Pb supera los límites máximos permitidos, lo que podría atribuirse a la fuente de agua que arrastra Pb y por reacciones a nivel de sustancias húmicas, favoreciendo una mayor acumulación en el sistema orgánico.

ABSTRACT

The present study evaluated conventional and organic production systems of beet (beta vulgaris), irrigated with water from the lower basin of the Rímac River. Lead (Pb) levels were measured in water and soil at the beginning and end of cultivation, as well as in the edible part of the plant. The results showed that Pb concentrations in the water were within and above the Environmental Quality Standards (EQS) established by the current national standard. Concentrations in the soil exceeded the EQS. Finally, concentrations in the edible part, harvested at 75 days, ranged from 0.211 to 0.224 mg/kg for the conventional crop and 0.247 to 0.342 mg/kg for the organic crop, the latter reporting a higher value than the conventional crop. In both systems the Pb concentration exceeded the maximum permissible limit for consumer products, established in the Codex Standard 193-1995 for contaminants and toxins in food and feed, which is 0.1mg/kg. It was concluded that, despite the fact that they are different production systems, the Pb content exceeds the maximum permissible limits, which could be attributed to the water source that carries Pb and by reactions at the level of humic substances, favoring a greater accumulation in the organic system.

¹ Ing. Ambiental, Universidad César Vallejo.

² Departamento de Manejo Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Rímac es una de las cuencas hidrográficas más importantes del país, atraviesa la capital, desempeñando un rol vital como fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano, agrícola y energético, existiendo en ella cinco centrales hidro eléctricas, (MINAM, 2010). La cuenca del río Rímac soporta un amplio rango de actividad minera la que es particularmente intensa en las zonas altas y en la zona central, como en la subcuenca de Santa Eulalia. Es una de las principales fuentes de agua para la producción agrícola en zonas al este de Lima que practican la agricultura, grandes áreas de cultivos que en su mayoría son de tipo hortícola. La contaminación del rio Rímac, también se genera por los vertimientos de aguas residuales de las diferentes municipalidades que durante muchos años atrás, drenan con grandes cantidades de sustancias potencialmente toxicas y nocivas como: heces, orina, tintes industriales, insumos químicos, metales pesados y residuos sólidos, demostrando el alto grado de contaminación que presenta. Entre ellos, los elementos más tóxicos para el hombre son los metales pesados, como el hierro (Fe), plomo (Pb), cadmio (Cd) y aluminio (Al), debido a las actividades mineras en cuenca alta y en grandes cantidades de industrias de manufacturas y textiles aledañas al río (INEI, 2013).

La producción de hortalizas se realiza a nivel nacional, siendo la zona central de mayor producción, puesto que tiene grandes beneficios por el clima, tipo de suelo, frutos, legumbres y otros vegetales. Esta actividad agrícola se caracteriza por aspectos como: el tamaño de los productos, el tiempo de cosecha, el uso intensivo de mano de obra, altos costos de producción, mercado, carencia de tecnología apropiada entre otros. (Muñoz y Portillo.2009). Este tipo de producción hortícola es realizada en su mayoría por pequeños y medianos productores, que cumplen un papel importante como proveedores a los principales centros de abasto. La horticultura presenta diversos productos, que se diferencian por el cómo se llegan consumir, es decir, las hortalizas se presentan como frutos, tubérculos, hojas, legumbres entre otras. En Carapongo se producen todo tipo de hortalizas, actividades de producción mensual y de pocas ganancias, que se distribuyen en toda zona (INIA, 2013). La Producción que más se realiza son de tipo hoja como es el huacatay, espinaca, albahaca, lechuga, hierbas aromáticas, entre otras; puesto que su proceso de producción demora menos tiempo (1 mes y medio), además se utiliza menos productos de tipo orgánico e inorgánico, para la fertilización de los suelos.

La beterraga (Beta vulgaris), es tal vez la más importante hortaliza cultivada en el área de estudio, puesto que se cosecha para consumo en fresco, diferenciándose de la demás producciones de hortalizas, por presentar características propias en todo su proceso productivo como; tiempo de cosecha, entre 75 a 90 días para ser consumido, características propias en el requerimiento de insumos para el abono de los suelos en la siembra y los tiempos de regado dependiendo de la estación de verano o invierno. Teniendo como evidencia la producción de forma diaria, durante

5

todos los meses del año, con la única diferencia que este dependerá, de la demanda del producto.

Los metales pesados más comunes y ampliamente distribuidos como contaminantes ambientales son el plomo (Pb), Cadmio (Ca), mercurio (Hg) y el metaloide arsénico (As). Sin embargo, los metales en las plantas, como en otros seres vivos son esenciales, ya que son componentes estructurales o catalizadores de los procesos bioquímicos de los organismos. Por otro lado, las actividades humanas vierten sobre los recursos de suelo y agua, grandes cantidades de estos elementos, generando excesos por acumulación de Cd, Hg, Ni y Pb, entre otros en menos cantidades, afectando así las relaciones de las plantas y otros organismos, lo cual origina toxicidades en los ecosistemas. (Juárez, 2006). En general, estos metales no son biodegradables y, por consiguiente, pueden acumularse en órganos vitales del cuerpo humano, produciendo efectos tóxicos o nocivos de lo que lo consumen. La mayoría de los metales entran a la cadena alimentaria principalmente a través de los cultivos que absorben del agua con que se riegan, siendo estas aguas altamente contaminadas. Estos metales pesados también pueden aparecer en los suelos agrícolas de forma natural, de modo que su presencia puede no ser, en principio, un indicativo de contaminación antrópica. Sin embargo, el sistema agrario puede verse afectado por contaminación de metales pesados, ya que las actividades humanas desarrolladas en las proximidades de estos suelos y las mismas prácticas agrícolas pueden modificar los ciclos biogeoquímicos de estos elementos (Micó, 2005). Dichas actividades pueden aportar concentraciones elevadas de metales pesados, que pueden quedar retenidos en el suelo o introducirse en la red alimentaria a través del agua de bebida y/o cultivos contaminados.

Las plantas han desarrollado mecanismos altamente específicos para absorber, translocar y acumular sustancias, sin embargo, algunos metales y metaloides no esenciales para los vegetales son absorbidos, translocados y acumulados en la planta debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos. La fitotoxicidad de los metales pesados se manifiesta particularmente en los suelos ácidos y afecta al crecimiento y la formación de raíces laterales y secundarias. El objetivo de este estudio fue determinar la acumulación total de plomo presente en el fruto de cultivos instalados en el sistema orgánico y convencional de producción de la beterraga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

La localidad de Carapongo, distrito Chosica, donde se realizó el estudio, se encuentra ocupada por grandes áreas de cultivo, que en los años 70 solo eran arenales deshabitados y que, durante el transcurso de los años se fue poblando. Al principio la zona se diferenció por presentar grandes áreas de cultivo especialmente de maíz y hortalizas, este último en menor producción por tratarse de suelos no apropiados para la siembra de los diversos tipos de hortalizas. En la actualidad esta

zona se diferencia, por la producción de grandes cantidades de diversas hortalizas, que abastecen a Lima. En el Gráfico N°1 se indica la ubicación de los campos de producción para el cultivo orgánico UTM ZONA 18L-WGS 84 (8672135 S y 701734 E) y cultivo convencional (8672314 S y 701676 E).

Figura 1 *Ubicación de los cultivos bajo el sistema convencional y orgánico*



Tabla 1 *Áreas de cultivo bajo el sistema orgánico y convencional*

Puntos —	Coord	Nota	
runtos	Norte	Este	- Nota
	Coorder	nadas del cultivo orgánico	
А	8672311	298309	Vértice
В	8672303	298311	Vértice
C	8672311	298339	Vértice
D	8672320	298338	Vértice
Е	8672307	298367	Ingreso de agua
	Coordenad	das del cultivo convenciona	al
F	8672316	298261	Vértice
G	8672320	298274	Vértice
Н	8672304	298263	Vértice
1	8672306	298275	Vértice
J	8672305	298276	Ingreso de agua

7

Materiales y Métodos

El material vegetal estuvo compuesto por la semilla de beterraga (*Beta vulgaris*) Hazera Genetic

El experimento consistió en instalar la misma semilla en dos sistemas de producción: S. convencional y S. orgánico, se llevó a cabo entre meses de julio y noviembre de 2013, se establecieron lotes comerciales, con ayuda de los propios agricultores. Para cada uno de los cultivos se demarcó un área experimental respetando los sistemas de producción: en la parcela orgánica se tuvo: largo 28.20 m y ancho 8.20 m, formando una área total de 236.98 m2, en el cual presenta 5 surcos separados por 1.37 m. En el S. convencional se tuvo; largo 14 m y de ancho 13 m, formando un área total de 182 m2, en cual también presenta características propias como son la formación de 7 surcos separados por 1.40 m. Por otro lado, los dos tipos cultivos están separados por 58m, presentan el mismo tipo de suelo y tienen el mismo medio o canal que abastece agua para el riego. El diseño fue de bloques al azar, con tres repeticiones por muestra.

Se realizó muestreo de suelos, colectados según el protocolo de la guía para muestreo y análisis de suelo (MINEM, 2000). La selección fue al azar, el retiro del suelo se hizo excavando a 0.30 m de profundidad (capa arable), seguido al método de cuarteo, obteniendo 1 k/muestra, con tres repeticiones, realizados antes de la siembra y después de la cosecha, obteniendo un total de 12 muestras. En el caso de las muestras de agua, se colectaron directamente en la entrada de agua (canal de riego) luego al inicio de cada parcela. Tomando 1 l/muestra, al inicio del cultivo, al medio y al final del proceso, según el Protocolo para el monitoreo de la calidad de aguas continentales superficiales (MINAM.2010), obteniendo 9 muestras en total por cada parcela de cultivo, luego se llevaron al laboratorio Envirolab Perú S.A.C, para los análisis de plomo total en el caso del agua para el riego y plomo en el suelo de los cultivos. Para los frutos, se procedió a retirarlos al final de ambos procesos productivos, Los días de muestreo se realizaron durante la primera semana de noviembre. El muestreo consistió en tomar 6 a 7 unidades al azar por muestra, en la etapa final o cosecha del cultivo, requiriendo 1Kg por muestra para el análisis, con sus respectivas repeticiones, luego rotulado (Fecha y hora) y preservado aun determinada temperatura como lo indica en la cadena de custodia del laboratorio SENASA, que fue la entidad encargada de la evaluación.

La determinación del plomo para los tres tipos de muestras se realizaron con el método de análisis (ICP -AES), llamado también determinación de metales y elementos traza en el agua y los residuos por plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión atómica en el muestras de agua y (EPA 6010B), también determinación de metales y elementos traza en los residuos, suelos, lodos, sedimentos y otros desechos sólidos por plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión atómica para las muestra suelo, que fueron realizados por laboratorio Envirolab Perú S.A.C. En caso del fruto se utilizó el método de

análisis (IPC-MS) o llamado también determinación de metales pesados en alimentos agropecuarios por plasma inductivamente acoplado a espectrometría de masas, realizado en el área de análisis del centro de insumos y residuos tóxicos del SENASA.

RESULTADOS

Plomo en agua de riego

Tabla 2

Valores de plomo en el agua de riego

Muestras de		Orgánico		Resultado (mg/l)		Convencional		Resultado (mg/l)
agua	Descripción de la muestra	Fecha del muestreo	Resultado (mg/L)	promedio	Descripción de la muestra	Fecha del muestreo	Resultado (mg/L)	promedio
	AO-1	19/07/2013	0.036		AC-1	31//07/13	0.033	
Riego Inicial	AO-2	19/07/2013	0.028	0.030	AC-2	31//07/13	0.013	0.019
	AO-3	19/07/2013	0.027		AC-3	31//07/13	0.012	
D:	BO-1	07/08/2013	0.058		BC-1	23/08/2013	0.062	
Riego Intermedio	BO-2	07/08/2013	0.041	0.044	BC-2	23/08/2013	0.030	0.041
	BO-3	07/08/2013	0.032		BC-3	23/08/2013	0.030	
6:	CO-1	26/08/2013	0.104		CC-1	14/10/2013	0.090	
Riego Final	CO-2	26/08/2013	0.091	0.086	CC-2	14/10/2013	0.062	0.070
ı ıı lal	CO-3	26/08/2013	0.064		CC-3	14/10/2013	0.058	

Fuente: Reporte de Laboratorio N°1309683 y 1310760 Envirolab. Perú S.A.C

Plomo en suelo del cultivo

Tabla 3 *Valores de plomo en el suelo*

	Orgánico					Convencional					
Muestra de suelo	Descripción de la muestra	Fecha del muestreo	Resultad o (mg/k)	promedio	рН	Descripción de la muestra	Fecha del muestreo	Resultad o (mg/k)	promedio	рН	
Inicio	SO-1	17/07/2013	168			SC-1	27/07/2013	159			
antes de	SO-2	17/07/2013	186	178.7	6.5	SC-2	27/07/2013	150	159	7.8	
la siembra	SO-3	17/07/2013	182			SC-3	27/07/2013	168			
F:1-1-	SUO-1	07/11/2013	164			SUC-1	07/11/2013	183			
Final de Cosecha	SUO-2	07/11/2013	186	174.7	6.8	SUC-2	07/11/2013	178	178.7	6.8	
	SUO-3	07/11/2013	174			SUC-3	07/11/2013	175			

Fuente: Reporte de Laboratorio N° 1309684 y 1311169 Envirolab.Perú S.A.C

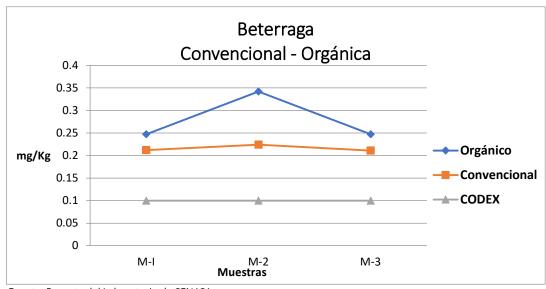
Contaminación por plomo en la beterraga

Tabla 4 *Valores de plomo en la beterraga*

- 1	promedio
5 Securption de la maestra : centa del maestre : nesatrado (m.g. 1.g.)	promedio
MCO-1 07/11/2013 0.247	
Producto final MCO-2 07/11/2013 0.342	0.279
MCO-3 07/11/2013 0.247	
Muestras de Convencional	
beterraga Descripción de la muestra Fecha del muestreo Resultado (mg/Kg)	promedio
MCC-1 07/11/2013 0.212	
MCC-1 07/11/2013 0.212 Producto final MCC-2 07/11/2013 0.224	0.216

Fuente: Reporte de Laboratorio SENASA

Figura 2 *Valores de plomo en la beterraga orgánica*



Fuente: Reporte del Laboratorio de SENASA

DISCUSIÓN

En cuanto al plomo en el agua de riego, se presentaron diferencias en el nivel, durante los días muestreados (Tabla 2). Se muestran valores de 0.053 mg/l para el S. orgánico y 0.043 mg/l para el S. convencional, cifra superior e inferior comparando con los niveles para el uso agrícola en Perú; 0.050 mg/l (Ministerio del Ambiente, 2008). Estos resultados obtenidos no coinciden con el informe técnico de Estadística

Ambiental (INEI, 2013), que indica valores de 0.02 mg/l, para la zona de Carapongo, en los mismos meses que se realizó la evaluación, es una cifra muy por debajo a lo obtenido en los puntos de muestreo.

Por otra parte, en cuanto al plomo en el suelo del cultivo, los resultados presentan valores de 176.7 mg/k para el S. orgánico y 168.8 mg/k para el S. convencional, resultandos altos los valores en plomo (Tabla 3). Evaluando los resultados al inicio y final de cada cultivo, se nota en el caso del S. orgánico una tendencia a la baja, mientras que en el caso del S. convencional se incrementa la concentración hacia el final del cultivo. Si lo comparamos con el pH, este fue inversamente proporcional, a los pH de los cultivos. Es decir, al S. orgánico se determinó pH de 6.8 y el S. convencional un pH de 7.8. Se sabe por literatura que el plomo está predispuesto aun media acido. Entonces, del análisis de pH y concentración de de Plomo en el suelo al inicio y final del cultivo, se podría inferir que el pH favorece la absorción de plomo por el cultivo, esto se evidencia en las lecturas al inicio y final del proceso. Siendo la muestra de suelo orgánico dominante en la disponibilidad y el comportamiento de metales (Diez, 2008). Del mismo modo las muestras finales (frutos) indicaron diferencias en los niveles de absorción del metal, (Figura 2), al comparar los resultados de acumulación obtenidos en el fruto, se evidencia que la concentración es mayor en el S. orgánico en comparación con el S. convencional, siendo ambas muy superiores al permitido en el CODEX, haciendo una relación suelo – planta como medio de biodisponibilidad, esta mayor disponibilidad podría estar sustentada en las sustancias húmicas en mayor concentración en el S. orgánico, que produce translocación (movimientos de trazas) e inciden en las partes de las plantas (Juárez, 2006). concentrando en esta especie mayormente en los frutos (de 20 a 40 cm de profundidad) aunque alguna literatura también menciona que hay una mayor concentración en las hojas, pero en este estudio no fue medida la concentración en las hojas.

En cuanto a la contaminación por plomo en la beterraga, en el Gráfico N°1, se muestran los valores de acumulación por plomo en la beterraga del S. orgánica y del S. convencional superan el Codex standard-193-2005 (CODEX.2005). Los resultados en el fruto de la beterraga fueron altos como se indica en los promedios (0.279 mg/Kg) beterraga orgánica y (0.216 mg/Kg) (Tabla N°3). beterraga convencional, siendo contrastado con Límite máximo permisibles del CODEX STAN 193-1995, siendo su valor recomendable por debajo de (0.100 mg/Kg), es decir que el fruto de la beterraga convencional y beterraga orgánica, que fue analizada está directamente expuesta. Debido a que el plomo tiende a acumularse cerca de la superficie del suelo, por ser cultivos con raíces poco profundas. Por otro lado, por comparación con los valores obtenidos en la investigación estos excedieron a diferentes de la investigación (Juárez, 2006). Donde los cultivos fueron menores a 0.05 mg/k.

CONCLUSIONES

Se determinó mediante el método de análisis IPC-MS, la presencia de plomo acumulado al final de proceso productivo de la beterraga (fruto), en los dos sistemas producción estudiados, exceden en cantidades superiores al permitido para el consumo humano según la norma General del CODEX STANDARD 193- 1995.para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos,

En la concentración de plomo en el agua para riego, la tendencia fue creciente en los dos sistemas producción, además las últimas muestras obtenidas sobrepasaron el Estándar de Calidad Ambiental para Aguas.

En la determinación de plomo en el suelo se observa una tendencia creciente en sistema convencional, a diferencia del sistema orgánico, donde la tendencia es decreciente, más aún si todos los valores que encuentran sobrepasando el Estándar de calidad Ambiental para suelos.

De los dos sistemas analizados, el sistema de producción orgánico presento mayor acumulación de plomo, obteniendo los valores más altos entre ellos 0.247,0.342 y 0.247 mg/k, a diferencia del fruto del sistema convencional.

Finalmente, la acumulación de plomo en los frutos tiene que ver en mayor medida con la fuente de agua para el riego que se utiliza y en segundo término con el manejo de los cultivos.

REFERENCIAS

- CRUZ GUZMAN ALCALA, Marta (2007). Contaminación de suelos y aguas, su prevención con nuevas sustancias naturales 1ªEd.España. Universidad de Sevilla. pg. 52-53. ISBN 978 84 472 0926 2.
- BAUTISTA ZUÑIGA FRANCISCO. Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados [en Línea]. 1ª Ed. Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán.1999 [fecha de consulta: 10 marzo 2013]. Disponible: http://books.google.com.pe/books?id=yE2Jq3z7ex4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbsgesummaryr&cad=0#v=onepage&q&f=true. ISBN 968 7556811
- DIEZ LÁZARO, Javier Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerante y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas Tesis doctoral. Galicia España. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Biología. Noviembre 2008. Pag.16
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. INEI. IV Censo Nacional Agropecuario CENAGRO.1994. http://proyectos.inei.gob.pe/CenagroWeb/
- JUÁREZ SOTO, Henry Saúl. Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de lima metropolitana. Lima-Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. Maestría en Ciencias Ambientales. Enero, 2006.

MICÓ LLOPIS carolina. Estudio de metales pesados en suelos agrícolas con cultivos hortícolas de la provincia de alicante. Tesis doctoral. Valencia España Universidad de valencia. facultad de farmacia. mayo 2005

Vol. 1 Nro. 2 Año 2021

- MUÑOZ. Ana Luisa, PORTILLO Zoraida. Agricultura urbana y peri- urbana en lima metropolitana: Estrategias de lucha contra la pobreza y la inseguridad alimentaria. 1ª ed. 2009. Lima. Perú pg. 16-19. ISBN 978-92-9060-327-6
- Ministerio del Ambiente. MINAN. 2013. http://www.minam.gob.pe/
- Ministerio del ambiente. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para agua.

 Decreto supremo Nº 002-2008. 1º ed. Lima. 31 de julio 2008. Diario oficial El peruano 2008(1)
- El peruano 2013. Ministerio del ambiente. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Suelo. Decreto supremo N° 002-2013. 1ª ed. Lima. 25 de marzo de 2013.
- Organización Mundial de la salud y Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Norma General del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAND 193-1995. Roma. Italia.1995.29.