

04-022

## Study of the Contamination of Fruits and Vegetables by cause of the Metal Heavy

Olga Lidia Dipre Cadete<sup>1</sup>; Jose Miguel Arnal Arnal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental; <sup>2</sup>Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Ingeniería Química y Nuclear

Today the contamination of food is still a matter to be treated, since it has become one of the main problems for humanity. The human beings through the large industries, household waste, agricultural practices, mining and electrical industries, among others, has caused and continues to cause damage to the environment (air, soil and water), and through the food chain to human beings.

Around the world the fruits and vegetables are very much consumed foods, so its great demand, as well as specific cases of illnesses reported around various sources of contamination, moves to investigate possible contamination of heavy metals. For this reason it is necessary to deepen and more research on this topic, in search of possible solutions to this problematic that us affects to all.

In this work they are exposed we turn out to be obtained across analysis of fruit and vegetables samples, gathered of the surroundings of a golden mine, analyzed by means of spectrometry of atomic emission with coupling plasma inductively ICP-OES.

**Keywords:** Food; Metal heavy; Fruits; Vegetables; contamination; Water

## Estudio de la contaminación de frutas y verduras por causa de metales pesados

Hoy en día la contaminación de los alimentos sigue siendo un tema a tratar, ya que se ha convertido en uno de los principales problemas que afecta a la seguridad alimentaria. El ser humano a través de las grandes industrias, los residuos domésticos, las prácticas agrícolas, la minería y las industrias eléctricas, entre otras, ha provocado y sigue provocando daños al medio ambiente (agua, aire y suelo), y a través de la cadena alimentaria, llegan al ser humano.

En todo el mundo las frutas y verduras son alimentos muy consumidos, por lo que su gran demanda, además de casos específicos de enfermedades registradas alrededor de diversas fuentes de contaminación, mueve a investigar sobre posible contaminación de metales pesados en dichos alimentos. Por esta razón se hace necesario profundizar e investigar más sobre este tema, en busca de posibles soluciones a dicha problemática que nos afecta a todos.

En este trabajo se exponen resultados obtenidos a través de análisis de muestras de alimentos hortofrutícolas, recolectados de los alrededores de una mina de oro, analizados mediante espectrometría de emisión atómica con acoplamiento de plasma inductivamente ICP-OES.

**Palabras clave:** Alimentos; Metales Pesados; Frutas; Verduras; Contaminación; Agua

Correspondencia: Olga Lidia Dipre Cadete correo electrónico: olga\_d\_c@hotmail.com

Jose Miguel Arnal Arnal correo electrónico: JARNALA@upvnet.upv.es

Agradecimientos: Quiero expresar mi agradecimiento a mi director de tesis Dr. Jose Miguel Arnal Arnal, también a Ángel Maquieira y Luisa Ballesteros. Gracias por su dedicación y ayuda.



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## 1. Introducción

Los seres humanos por necesidad primaria necesitamos consumir alimentos, y toda la vida hemos sido grandes consumidores de las frutas y verduras, no importa la nación, raza o estado, todos a nuestra manera, cultura y costumbre, hemos sabido aprovechar el sabor y los beneficios saludables de comer estos alimentos. Existe una gran variedad de estos en todo el mundo, y dependiendo de las condiciones climáticas de cada lugar en la tierra, podemos encontrar tipos diferentes que en otros lugares no hay. Debido a que son una necesidad básica para la vida y a la aparición de enfermedades a través de los tiempos, y como consecuencia de la mano del hombre a través de las grandes industrias, se ha hecho necesario llevar a cabo investigaciones, en busca de posible contaminación en los alimentos, que posteriormente han llegado al hombre, causando muerte en el peor de los casos.

Los metales pesados son elementos químicos cuya densidad es mayor que la del agua. Los encontramos naturalmente en la tierra. Llegan a nuestro cuerpo a través de los alimentos, el agua y el aire. Los alimentos a su vez, los contraen a través del agua y del suelo. Muchos de los metales pesados son necesarios para nuestro organismo, y en concentraciones pequeñas no causan ningún daño a nuestra salud. (Organización Mundial de la Salud OMS, 2015). Otros al contrario, en altas concentraciones, pueden ser tóxicos. Aquí comienza problema, cuando estas concentraciones aumentan y sobrepasan los límites establecidos para el organismo humano.

La mano del hombre y las grandes industrias, por lo general son fuentes de contaminación, ya que, por el uso de productos químicos y el mal manejo de los desechos y aguas residuales que producen, el medio se ve afectado, sufriendo un impacto ambiental, contaminando así las aguas, aire, suelos y alimentos.

De acuerdo a la contaminación que se puede generar a causa de las grandes industrias, los metales pesados, tóxicos en altas concentraciones, que posiblemente se pueden generar como contaminantes son: plomo, cadmio, mercurio, arsénico, cobre, aluminio, manganeso.

Según la OMS, Las sustancias que plantean más riesgos para la salud son las toxinas naturales y los contaminantes ambientales, dentro de estos contaminantes ambientales se encuentran los metales pesados.

Los metales pesados como el plomo, el cadmio y el mercurio causan daños neurológicos y renales. La presencia de metales pesados en los alimentos se debe principalmente a la contaminación del aire, del agua y del suelo.

Organizaciones con la OMS, la FAO, en conjunto con los países del mundo, se han unido en colaboración, estableciendo normas y límites máximos de concentración o ingesta de estos contaminantes.

### 1.1 Campo de estudio

La Republica Dominicana, es un país caribeño, que pertenece a la isla La Española o isla de Santo Domingo, isla que comparte con Haití, en América. Su principal fuente de ingresos es el turismo, seguido por la agricultura y la ganadería, mediante la exportación de la gran mayoría de sus productos, debido a la productividad de sus suelos y a la gran producción ganadera llevada a cabo en el país desde siempre.

La República Dominicana es el segundo país más grande del Caribe (después de Cuba); su extensión territorial es de 48,442 kilómetros cuadrados y se estima que tiene aproximadamente 10 millones de habitantes.

Dentro de las etapas de este estudio o investigación, está la parte de análisis de muestras de alimentos, para la cual, se procedió a recolectar muestra de la República Dominicana, llamado a partir de ahora campo de estudio.

Dichas muestras fueron sometidas a un pretratamiento donde fueron deshidratadas, para luego ser traídas a España y realizar su análisis.

Debido a la problemática que representan los metales pesados en los alimentos y a la gran actividad minera e industrial desarrollada en la República Dominicana, se hace necesario realizar un estudio de estos elementos tóxicos y dañinos para la salud humana y el medio ambiente.

Para poder llevar a cabo este estudio se han seguido unos pasos y procedimientos, desde la ubicación y recolección de muestras para el ser analizadas, hasta colocar las mismas en el equipo de análisis.

A continuación se muestra una de las normas establecidas por la Unión Europea, sobre los niveles máximos permitidos en los alimentos, incluyendo en dicha ley los límites establecidos para frutas y verduras (hortalizas).

**Tabla 1. Niveles Máximos de Metales Pesados en Alimentos, Fuente: Unión Europea**

Alimento	Contenidos máximos de Mercurio (mg/kg peso fresco)
Productos de la pesca y carne de pescado, excluidas las especies enumeradas en el punto 3.3.2. El contenido máximo se aplica a los crustáceos, excluida la carne oscura del cangrejo, así como la cabeza y el tórax de la langosta y de crustáceos similares de gran tamaño (Nephropidae y Palinuridae)	0,50
Carne de los siguientes pescados: Rape (Lophius species) Perro del norte (Anarhichas lupus) Bonito (Sarda sarda) Anguila (Anguila species) Granero (Coryphaenoides repests) Fletán (Hippoglossus hippoglossus) Marlín (makaira species) Gall Lepidorhombus species) Salmonete (Mullus species) lucio (Esox lucius) tasarte (Orcynopsis unicolor mollera (Tricopterus minutes) pailona (Centroscymnus coelolepis) raya (Raja species) gallineta nórdica (Sebastes marinus, S. mentella, S. viviparus) pez vela (Istiophorus platypterus) espadilla (Lepidopus caudatus, Aphanopus carbo) besugo o aligote (Pagellus species) tiburón (todas las especies)	1,0
Complementos alimenticios (16)	0,10

**Tabla 2. Niveles Máximos de Metales Pesados en Alimentos, Fuente: Unión Europea**

Alimento	Contenidos máximos de Plomo (mg/kg peso fresco)
Leche cruda, leche tratada térmicamente y leche para la fabricación de productos lácteos	0,020
Preparados para lactantes y preparados de continuación	0,020
Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral	1,10
Despojos de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral	0,50
Carne de pescado	0,30
Crustáceos, excluida la carne oscura del cangrejo, así como la cabeza y el tórax de la langosta y de crustáceos similares de gran tamaño ( <i>Nephropidae</i> y <i>Palinuridae</i> )	0,50
Moluscos bivalvos	1,5
Cefalópodos (sin vísceras)	1,0
Cereales, legumbres y legumbres secas	0,20
<b>Hortalizas, excluidas las del género <i>Brassica</i>, las hortalizas de hoja, las hiervas frescas y las setas. En el caso de las patatas, el contenido máximo se aplica a las patatas peladas</b>	0,10
<b>Hortalizas del género <i>Brassica</i>, hortalizas de hoja y setas cultivadas</b>	0,30
<b>Frutas, excluidas las bayas y las frutas pequeñas</b>	0,10
<b>Bayas y frutas pequeñas</b>	0,20
Grasas y aceites, incluida la grasa láctea	0,10
<b>Zumos de frutas, zumos de frutas concentrados reconstituidos y néctares de frutas</b>	0,050
Vino (incluidos los vinos espumosos y excluidos los vinos de licor), sidras, peradas y vinos de frutas	0,20
Vinos aromatizados, bebidas aromatizadas a base de vino y cócteles aromatizados de productos vitivinícolas	0,20

**Tabla 3. Niveles Máximos de Metales Pesados en Alimentos, Fuente: Unión Europea**

Alimento	Contenidos máximos de Cadmio (mg/kg peso fresco)
Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral)	0,050
Hígado de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos	0,50
Carne de pescado, excluidas las especies Carne de los siguientes pescados y Carne de pez espada ( <i>Xiphias gladius</i> )	0,050
Carne de los siguientes pescados: anchoa ( <i>Engraulis species</i> ) bonito ( <i>Sarda sarda</i> ) mojarra ( <i>Diplodus vulgaris</i> ) anguila ( <i>Anguilla anguilla</i> ) lisa ( <i>Mugil labrosus labrosus</i> ) jurel ( <i>Trachurus species</i> ) luvaro ( <i>Luvarus imperialis</i> ) sardina ( <i>Sardina pilchardus</i> ) sardina ( <i>Sardinops species</i> ) atún ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> ) acedía o lenguadillo ( <i>Dicologlossa cuneata</i> )	0,10
Carne de pez espada ( <i>Xiphias gladius</i> )	0,30
Moluscos bivalvos	1,0
Cefalópodos (sin vísceras)	1,0
Cereales, excluido el salvado, el germen, el trigo y el arroz	0,10
Salvado, germen, trigo y arroz	0,20
Habas de soja	0,20
<b>Hortalizas y frutas, excluidas las hortalizas de hoja, las hierbas frescas, las setas, los tallos jóvenes, los piñones, las hortalizas de raíz y las patatas</b>	0,050
<b>Hortalizas de hoja, hierbas frescas, setas cultivadas y apionabos</b>	0,20
<b>Tallos jóvenes, hortalizas de raíz y patatas, excluidos los apionabos. En el caso de las patatas, el contenido máximo se aplica a las patatas peladas</b>	0,10

## 2. Objetivos

- Realizar un estudio evaluando el impacto ambiental y en el ser humano, por los metales pesados en los alimentos, específicamente en frutas y verduras, alimentos muy consumidos a nivel mundial.
- Realizar un estudio evaluando el impacto producido por la ingesta de metales pesados de alimentos, sobre la salud humana.
- Evaluar la adsorción de metales pesados en cacao y guisantes.
- Crear consciencia sobre este tipo de contaminación, la cual muchas veces ignoramos, al no percibir la presencia de estos metales en nuestros alimentos.

Para poder alcanzar los objetivos anteriores, se llevaron a cabo unos objetivos específicos de investigación y análisis, descritos a continuación en la metodología.

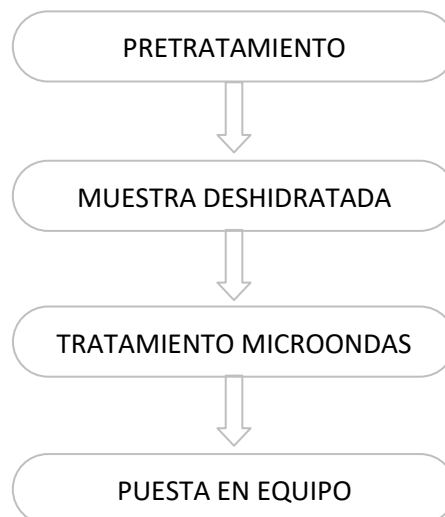
## 3. Metodología

Después de varios años de investigación en la realización de una tesis doctoral, donde el tema principal de dicha investigación trata sobre los metales pesados en alimentos hortofrutícolas, la metodología de estudio utilizada en la realización de este estudio, se basa en la búsqueda fuentes bibliográficas, y la recolección y análisis de muestras de alimentos, mediante Espectrometría de Emisión Atómica con Acoplamiento Inductivo ICP-EOS, para su posterior estudio, y análisis y comprobación de datos mediante listas de comprobación.

La Espectrometría de Emisión Atómica con Acoplamiento Inductivo ICP-EOS es una técnica que se caracteriza por tener una alta precisión, bajos límites de detección y bajo coste económico. (R. Fernández Ruíz, 2004).

Para la el análisis de estas muestras, se siguió el siguiente procedimiento o metodología:

**Diagrama 1. Proceso Preparación de Muestras para análisis en Equipo.**



Como se muestra el diagrama 1, las muestras de alimentos fueron recolectadas en el campo de estudio elegido, y sometidas a varias etapas o procesos, para su posterior análisis en el ICP-EOS.

### 3.1 Descripción Etapas Diagrama Proceso Extracción

- **Pretratamiento:** En esta etapa, se preparó la muestra, limpiándola y separándola de la piel y cualquier otra impureza, evitando así toda contaminación que pudiera intervenir en los análisis.
- **Muestra Deshidratada:** Una vez las muestras limpias, utilizando el sol como fuente de calor, se procedió a deshidratar, eliminando así la mayor cantidad de humedad posible.
- **Tratamiento en Microondas:** Las muestras, originalmente en forma sólida, fueron digeridas en medio ácido, mediante tratamiento con energía de microondas con el fin de tener los analitos en disolución y destruir la materia orgánica. En un microondas de laboratorio de alta precisión.
- **Puesta en Equipo:** Puesta a punto y en marcha del equipo para los análisis, se llevaron a cabo las tres operaciones básicas a efectuar: Puesta en marcha del equipo, Obtención y caracterización de espectros atómicos, Selección de los elementos a determinar y las condiciones de trabajo. Esto se efectúa eligiendo un método de trabajo previamente creado y almacenado en el ordenador, Calibración y análisis de las muestras.

### 3.2 Equipos utilizados para los análisis

- Balanza de alta precisión
- Microondas
- Pipetas
- 5 matraces aforados de 50 mL
- Patrones de Metales de 1000 mg/ L
- Pipetas Pasteur
- Vasos precipitado
- Goteros
- Ácido nítrico concentrado
- Agua destilada
- ICP-EOS

La digestión muestras es otro de los apartados que conforman el protocolo de análisis de esta investigación, ya que las muestras vienen de un proceso de recolección, pretratamiento, deshidratación, traslado, almacenamiento y preparación, todo esto con el objetivo final de analizar la posible presencia de metales pesados en las mismas. Se ha utilizado el microondas Multiwave GO de Anton Paar, Software Versión 1.10.

El ICP-EOS utilizado es el espectrofotómetro Agilent 710 ICP-EOS.

## 4. Resultados

Después de haber analizado las muestras, se han obtenido unos resultados que se muestran a continuación, no sin antes mostrar las normas establecidas como máximos de metales pesados en los alimentos.

Una vez vistos los límites máximos de concentración permitida, presentamos los resultados obtenidos:

**Tabla 4. Análisis de Metales Pesados en Guisantes y Cacao, muestras de Rep. Dom, Fuente: Elaboración Propia**

Muestra	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Mercurio (mg/L)
1- Guisante	0,1693	-0,0610	0,0972
2- Guisante	0,1542	-0,0570	0,0892
3- Guisante	0,1764	-0,0603	0,0716
4- Guisante	0,2139	-0,0587	0,0755
5- Guisante	0,1608	-0,0597	0,0617
1- Cacao	0,1514	-0,0611	0,0735
2- Cacao	0,1268	-0,0609	0,1002
3- Cacao	0,1334	-0,0604	0,1091
4- Cacao	0,1327	-0,0601	0,1004
5- Cacao	0,1672	-0,0582	0,1133

**Tabla 5. Análisis de Metales Pesados en Guisantes y Cacao, Valencia, Elaboración Propia**

Muestra	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Mercurio (mg/L)
1- Guisante	0,1570	-0,0607	0,0802
2- Guisante	0,1351	-0,0608	0,0711
3- Guisante	0,1220	-0,0605	0,0782
4- Guisante	0,1736	-0,0591	0,1064
5- Guisante	0,1061	-0,0570	0,0799

En la tabla anterior, 4 y 5, se muestran los resultados obtenidos, después de analizar a través del ICP-EOS. Se analizaron varias muestras de guisantes y de cacao, unas taridas desde República Dominicana y otras de aquí, Valencia España muestras de guisantes, todas sometidas al mismo proceso para análisis. Los metales medidos fueron el plomo, mercurio y cadmio. Como se puede ver, se detectaron presencia de estos metales, aunque en bajas concentraciones, todas ellas medidas en miligramos por litro.

Los valores en negativo indican que no ha presencia, ya que se la concentración se encuentra por debajo del límite de detección.

Según legislación de la Unión Europea, los niveles máximos son: Plomo: 0,10 ppm; Mercurio: 1 ppm; Cadmio: 0,20ppm



## 5. Conclusiones

Luego de varios ensayos para los análisis de muestras y viendo los resultados obtenidos, además comparando con la legislación o norma que establece los niveles máximos de metales pesados en los alimentos, específicamente en frutas y hortaliza, metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Como muestra la tabla 4, al analizar varias muestras de guisantes y cacao, se puede observar que los niveles obtenidos de metales pesados son bajos, o dentro de los estándares establecidos. Lo que indica que al menos en estas muestras, no hay contaminación por metales pesados.
- Comparando las el contenido en metales pesados de las muestras de ambos países, se puede decir que las concentraciones son muy parecidas, no obstante, se hace necesario incrementar el número de muestras a realizar en la zona sometida a estudio.
- Como estudios futuros de la investigación en la zona de influencia, se puede recomendar incrementar el número de ensayos, y reprogramar el número de muestras a analizar a distintas distancias del foco.
- Con el fin de establecer el mapa probabilístico de posible contaminación por metales pesados, se realizara el muestreo en base a la distancia del foco, de forma que los agricultores puedan seleccionar las especies más resistentes o menos vulnerables a la contaminación por metales pesados

## Referencias

CODEX ALIMENTARIUS Vol. 2B. Lista de los Límites Máximos del Codex para Residuos de plaguicidas y Límites Máximos del Codex para Residuos extraños. 1995

CODEX ALIMENTARIUS. Norma General del codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. (codex stan 193-1995)

Agilent Technologies. [www.chem.agilent.com](http://www.chem.agilent.com) Fecha de Consulta: 30/04/2014

Dirección General de la Industria Alimentaria. Subdirección General de Control y de Laboratorios Alimentarios.

Higueras, P. L., Muñoz, R. O y Maturana Contardo, H., Minería y Toxicología

Jiménez Tobón, C.S. Estado legal mundial del cadmio en cacao. Producción + Limpia - Enero - Junio de 2015. Vol.10, No.1 - 89•104

Protocolo Preparación previa Muestras para Análisis de Contaminantes Metálicos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España.

Unión Europea, Revisión Marzo 2017, Contenidos Máximos en Metales Pesados en Productos Alimenticios, D. A. Alonso Díaz, 2014, CATICE de Valencia, Secretaría de Estado de Comercio

UNE-E 13804-2013. AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. Dirección General de la Industria Alimentaria. Subdirección General de Control y de Laboratorios Alimentarios. Análisis de Elementos para Categorías de Ensayo NT-18. Mediante las Técnicas de Espectrometría Atómica o Espectrometría de Masa. Protocolo de Preparaciones y Validaciones de Muestras de Alimentos.

Unión Europea. REGLAMENTO (CE) N ° 1881/2006 de la comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.

Unidad de Espectrometría Atómica. Servicios Centrales de Apoyo a la Investigación. SCAI. Fecha de Consulta 23/04/2014 – 08/05/2015

Núñez, A., Martínez, S., Moreno, S., Cárdenas, M. L., García, G., Hernández, J. L., Rodríguez, A., Castillo, I. Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (*Raphanus sativus* L.), brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) y calabacín. Laboratorio de Química Analítica, FCB, UANL [manunez@fcb.uanl.mx](mailto:manunez@fcb.uanl.mx)

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente .Laboratorio Nacional de Referencia para Metales Pesados en Alimentos y Piensos. Validación y Puesta a Punto de Métodos de Análisis de Metales Pesados con ICP-MS e ICP-AES: Estudio de Interferencias Espectrales. Fecha de Consulta: 01/05/2014

Organización Mundial de la Salud, OMS, 2015 Inocuidad de los alimentos, Nota descriptiva N°399, Diciembre de 2015

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. [www.fao.org](http://www.fao.org)