

# Identificación de metales pesados (*plomo y cadmio*) en hojas de ruda (*Ruta graveolens*)

## Identification of heavy metals (lead and cadmium) in rue leaves (*Ruta graveolens*)

Liliana Cortez Suárez<sup>1</sup>, Ana Alarcón Mite<sup>2</sup>, Rafael Calle Chumo<sup>3</sup>, Margarita Cajas Palacios<sup>4</sup>

### RESUMEN

Los metales pesados (plomo y cadmio) se encuentran habitualmente en la superficie de la tierra que pueden causar cambios hasta degradación de la misma, además al introducirse en pequeñas cantidades en organismos vivos o mantener una exposición tóxica puede ser peligrosa por lo que la presente investigación tiene como finalidad la identificación cuantitativa (método espectrofotómetro de absorción atómica en llama) en hojas de ruda (*Ruta graveolens*) en el cantón Montecristi-Manabí, tomando como referencia Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN- Codex Alimentarius 193:2013 y la Normativa General Internacional de La Unión Europea. Se realizó un análisis recolectando la muestra en el sector Cárcel que mediante métodos de separación se logró obtener un filtrado para la investigación de Plomo y Cadmio, en el estudio se obtuvo 2.08mg/Kg referente al plomo y 0.42mg/kg al Cadmio, concentraciones inferiores a los parámetros utilizados.

**Palabras clave:** Metales pesados, *Ruta graveolens*, Espectrofotómetro de absorción atómica.

### ABSTRACT

Heavy metals (lead and cadmium) are usually found on the earth's surface that can cause changes up to its degradation. Furthermore, when introduced in small quantities into living organisms or maintaining a toxic exposure, it can be dangerous, which is why the present investigation Its purpose is the quantitative identification (flame atomic absorption spectrophotometer method) in rue leaves (*Ruta graveolens*) in the Montecristi-Manabí canton, taking as reference the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN- Codex Alimentarius 193:2013 and the General International Regulations of The European Union. An analysis was carried out by collecting the sample in the Prison sector and through separation methods it was possible to obtain a filtrate for the investigation of Lead and Cadmium, in the study 2.08mg/Kg was obtained for lead and 0.42mg/kg for Cadmium, concentrations lower than the parameters used.

**Keywords:** Heavy metals, *Ruta graveolens*, Atomic absorption spectrophotometer.

**Received:** Noviembre 20/11/2023

**Accepted:** Noviembre 20/11/2023

---

Magister en Salud Pública; Diploma Superior en Docencia Universitaria; Doctora en Educación; Bioquímico Farmacéutico; Doctor en Bioquímica y Farmacia; , Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: liliana.cortezs@ug.edu.ec @ug.edu.ec, Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4030-7184>.

Magister en Farmacia Clínica y Hospitalaria; Química y Farmacéutica; , Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: ana.alarconm@ug.edu.ec , Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1326-8407>.

Ing. Químico. Lcdo. Ciencias de la Educación mención Fisicomatemático. Magister en Ciencias de la Ing. Química. Magister en Educación, Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador, Correo electrónico rafael.callec@ug.edu.ec Código Orcid: . <https://orcid.org/0000-0002-0816-6879>.

Magister en Salud Pública; Licenciada en Nutrición y Dietética, Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: margarita.cajas@ug.edu.ec Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0339-686X>



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

## Introducción

Los metales pesados poseen muchas definiciones en base a su densidad, número atómico, propiedades químicas, o de acuerdo a su toxicidad, en la actualidad se encuentran libres y de forma natural en los diferentes ecosistemas los cuales pueden variar en su concentración; el Cadmio, Plomo, Bario, Cobre, Manganeso, Níquel, Zinc, Vanadio y Estaño son reconocidos por parte de la Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos como elementos potencialmente peligrosos que presentan un riesgo (1,2,3).

Las intoxicaciones por metales pesados en su mayor parte se reflejan en cultivos por acumulación de estos compuestos, cuando existe elevada concentración la planta provocan un fenómeno llamado fitotoxicidad vegetal (4,5,6). Además, las intoxicaciones son un problema de salud que amenazan a todas las personas de diferentes edades y en cualquier parte del mundo, entre las principales fuentes está la minería, metalurgia, pintura, plásticos, hidrocarburos asociados a la industria y a la producción agrícola (7,8).

El plomo según datos de la Organización Mundial de Salud en el año 2015, la exposición causó 494 550 muertes, la presencia de plomo se encuentra en aditivos de combustibles, baterías, latas de conservas, tintes para cabellos, aleaciones entre otros, su absorción en seres vivos en grave, debido a que provoca retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños, causa hipertensión y enfermedades cardiovasculares en adulto (9,10,11,12). El cadmio sigue produciéndose en el medio ambiente, en particular en forma de aerosol, quema de combustibles y desechos fósiles, o el proceso de extracción de minerales metálicos y emisiones industriales, entre los órganos de mayor afección se encuentran los riñones en un 30% (13,14). En un estudio realizado en toros de un centro de inseminación sometidos a dietas con elevados niveles de cadmio presentaron: inapetencia, debilidad, pérdida de peso, anemia hemolítica, disminución de la libido. La administración de dosis elevadas de cadmio (50-100 ppm) en la dieta en ganado ovino y bovino durante 49 semanas produjo abortos y fetos muertos o morirían al nacer y además presentaban anomalías congénitas (15,16).

Los metales pesados son bioacumulables, es decir que se acumulan en el organismo con el paso del tiempo a determinada concentración ocasionando deterioro en la salud y comprometiendo órganos vitales debido a su exposición. En el sector "Cárcel" cantón Montecristi-Manabí ciertos habitantes poseen plantaciones de ruda (*Ruta graveolens*) que emplean por sus numerosos beneficios (17,18,19,20), estas plantas se encuentran cercanas y a exposición de una fábrica artesanal de ladrillos, uno de los pasos para la obtención de estos productos es la incineración constante contaminando de este modo el ambiente en general (21,22). El método empleado para la cuantificación de estos metales pesados fue Espectrofotometría de absorción atómica, obteniéndose como resultados, concentraciones por debajo del límite de cuantificación permisibles que establece la norma vigente INEN (23,24,25).

Por lo cual esta investigación en la provincia de Manabí, cantón Montecristi en el sector "Cárcel" tiene como objetivo la evaluación de presencia de metales pesados, debido a que existen lugares en donde se elabora el ladrillo artesanal en gran cantidad, y muchas de estas fábricas no se toma en cuenta las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) o alguna asesoría técnica que se necesitaría para su correcta manipulación y elaboración; alrededor de esta zona se cuenta con sembríos de ruda una planta medicinal empleando sus hojas para consumo humano, las cuales podrían estar contaminadas por plomo y cadmio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Procedimiento

El estudio es de nivel exploratorio, bibliográfico, experimental con enfoque cuantitativo. Debido a ser una problemática poca estudiada, se trata de identificar soluciones enmarcadas desde la perspectiva teórica ya revisada desde literatura, para llevar a cabo métodos experimentales que definan con evidencia comprobada que los resultados tienen alto nivel de confiabilidad asistido por un diseño experimental.

### Materiales y equipos

Mufla, plancha calefactora, Espectrofotómetro de absorción atómica, balanza analítica, pipetas automáticas, papel filtro, material volumétrico. Asimismo, los reactivos específicos a utilizar fueron: agua ( $\mu= 0,2 \text{ mS/ m}$ ), HCl 2 M, agua destilada, HNO<sub>3</sub> 10 %, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Solución de estroncio 2 %, mezcla de Ácido ternario, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> CO<sub>3</sub>.

### Preparación de muestra

La muestra de 100 g de hojas de Ruda (*Ruta graveolens*), se recolecta y guarda en un recipiente de papel, se conserva a temperatura ambiente, y se transporta para análisis. Ahí, se separa 2 g de vegetal seco, se muele hasta alcanzar 1 mm en crisol, se inserta 2 blnacos y 1 referencia, se lleva a mufla a 500 °C, en una rampa de temperatura de 4 – 8 horas, se retira para enfriar a temperatura ambiente, se agrega entre 1 – 2 mL de agua destilada, se adiciona 10 mL de HCl asistido por un calefactor, luego se refresca al ambiente, se filtra el contenido en frío, se transfiere a matraz de 100 mL, se enraza hasta 100 mL con agua destilada y por último, el filtrado servirá para determinar analitos.

### Determinación de Cadmio

Método de AOAC Official Method 973.34 Cadmium in food, para establecer la presencia de cadmio en las hojas de Ruda (*Ruta Graveolens*)

### Determinación de Plomo

Método de AOAC No Oficial: AOAC 999.10 17 P Ed plomo in food, para establecer la presencia de plomo en las hojas de Ruda (*Ruta Graveolens*).

### Hipótesis:

Ho: Niveles de concentración de plomo y cadmio permitidos.

Hi: Niveles de concentración de plomo y cadmio no permitidos

### Resultados

El análisis de datos obtenidos en las pruebas de determinación de contaminantes, se realizó a través del Programa OriginPro 9.0 ya que facilita la representación de los diagramas de espectrofotometría. Seguidamente, se utilizó métodos para la determinación de Plomo y Cadmio con el propósito de mostrar la concentración permitida según normas nacionales e internacionales.

**Tabla 1. Determinación de plomo y cadmio**

Muestra	Parámetro	Método	Unidades	Resultado	LOD: mg/Kg	LOQ: mg/Kg
Hojas de ruda ( <i>Ruta graveolens</i> )	Plomo (Pb)	ECU-MET-AA-010	mg/Kg	ND	2.08	6.25 mg/Kg
	Cadmio (Cd)	ECU-MET-AA-011	mg/Kg	ND	0.42	1.25 mg/Kg

Según el servicio Ecuatoriano de Normalización INEN 2017 las hierbas aromáticas deben cumplir con los niveles de contaminantes establecidos en la Tabla 2.

**Tabla 2. Requisitos de contaminantes para hierbas aromáticas**

Contaminante	Unidad	Máximo (NMP)	Método de ensayo
Plomo	mg/kg	10.0	AOAC 972.25
Cadmio	mg/kg	0.3	AOAC 973.34

Según la Tabla 3, la norma técnica Ecuatoriana INEN-CODEX ALIMENTARIUS en relación con los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos; se indican también los niveles máximos que deben aplicarse a los productos que circulan en el comercio.

**Tabla 3. Norma Técnica Ecuatoriana [INEN]**

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN- CODEX ALIMENTARIUS 193:2013

Contaminante	Productos	Unidad	Máximo (NMP)
Plomo (Pb)	Hortalizas de hoja	mg/kg	0,30
Cadmio (Cd)		mg/kg	0,20

Nota. Norma general para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos y piensos.

En el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4. Diario Oficial de la Unión Europea**

NORMA GENERAL INTERNACIONAL DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA

Contaminante	Productos	Unidad	Máximo (NMP)
Cadmio (Cd)	Hortalizas de hoja	mg/kg	0,20
Plomo (Pb)		mg/kg	0,30

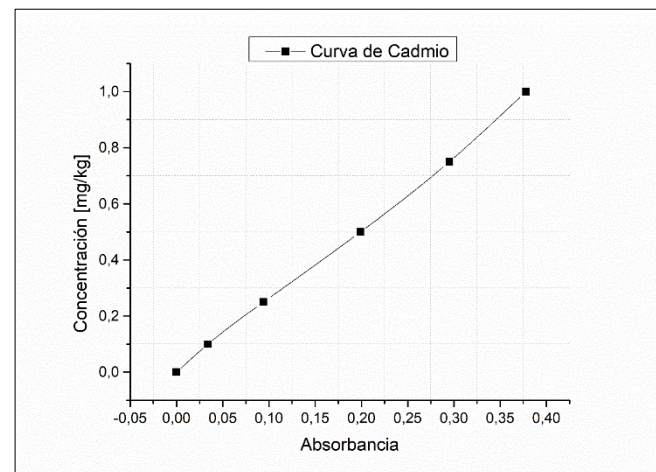
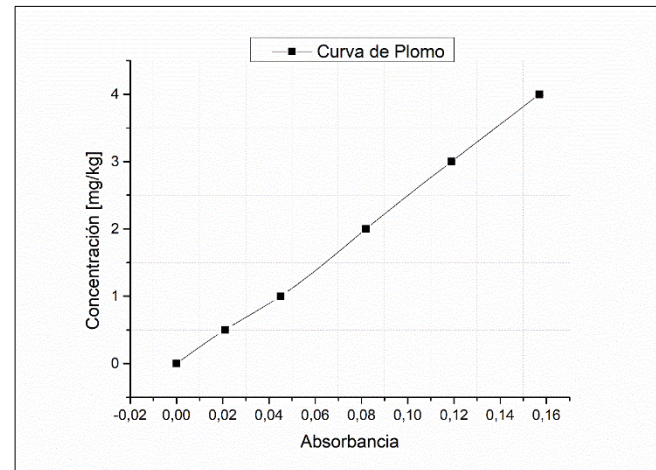
Nota. Contenidos máximos de determinados contaminantes en los productos alimenticios.

**Tabla 5. Curva de calibración de Plomo y Cadmio**

Estándar	Plomo	
	Concentración [mg/kg]	Absorbancia
Blanco	0.0	0.000
1	0.5	0.021
2	1.0	0.045
3	2.0	0.082
4	3.0	0.119
5	4.0	0.157

Estándar	Cadmio	
	Concentración [mg/kg]	Absorbancia
Blanco	0.00	0.000
1	0.10	0.034
2	0.25	0.094
3	0.50	0.199
4	0.75	0.295
5	1.00	0.378



En consecuencia, los niveles de plomo indican valores inferiores al límite de cuantificación permitido (LOQ), asimismo, se establece que en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN- Codex Alimentarius 193:2013 para nivel máximo de plomo de 0.3 mg/kg. En relación con el autor (Leal vera, 2018) reporta un estudio de metales pesados de un bosque tropical en Venezuela en donde se detectó

Hg, Cd y Pb en hojas de diversas plantas mediante el mismo método, generando afectaciones significativas a largo plazo en los animales.

## Discusión

En base a los resultados del estudio en hojas de *Ruta graveolens*, los niveles de plomo en el objeto de estudio se haya inferior al Límite de cuantificación (LOQ), es decir < 6.25mg/Kg, por su parte es necesario utilizar un método más sensible que detecte una concentración mucho más exacta en su totalidad.

Por otro lado, la concentración de cadmio fue muy inferior a 1.25 mg/Kg siendo de este modo considerado dentro del rango permisible por no poseer concentraciones altas y que resulten tóxicas. La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN- Codex Alimentarius 193:2013 indica un nivel máximo para este metal pesado de 0.2 mg/kg. De este modo, Jiménez y Roldan (2015) reporta un estudio de metales pesados (se detectó Pb y As) en hojas de *C. longirostrata*, los resultados se compararon con los límites máximos establecidos por la normativa de JECFA - Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios y Codex Alimentarius.

## Conclusiones

De este modo, se determinó la existencia de metales pesados en hojas de ruda (*Ruta graveolens*) tales como el plomo (Pb) y cadmio (Cd) cercanas a una fábrica artesanal de elaboración de ladrillos, en donde la presencia de estos metales se dio en concentraciones relativamente bajas por lo que no se considera tóxica para quienes hacen uso de ellas, esto se dio a través de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica en llama.

Los niveles de plomo y cadmio encontradas en este proyecto no resultaron ser relevantes como para indicar un riesgo mayor en el bienestar de los individuos que hacen uso de las hojas de ruda mayormente en infusiones, a pesar de que las plantas se encuentran cercanas y expuestas a esta fábrica de elaboración de ladrillos, sin embargo, no se descarta la posibilidad de efectos a largo plazo y su respectiva investigación.

## Referencias

1. Ramírez Gottfried RI, García Carrillo M, Alvares V de P, González Cervantes G, Hernández Hernández V. Potencial fitorremediador de la chicura (*Ambrosia ambrosioides*) en suelos contaminados por metales pesados. *Remexca* [Internet]. 6 de noviembre de 2019 [citado 10 de enero de 2024];10(7):1529-40. Disponible en: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1731>
2. Velásquez Hernández, M. (2018). El plomo y sus efectos en la salud \_ Corzo Expósito \_ Acta Médica del Centro. *Revista medicacentro*, 8(3).
3. Romero Ledezma, K. P. (2019). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS. En *Revista Científica Ciencia Médica* (Vol. 12, Número 1). Sociedad Científica de Estudiantes de Medicina de la Universidad Mayor de San Simón. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1817-74332009000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

4. Pabón Guerrero S, Benítez Benítez R, Sarria Villa R, Gallo Corredor J. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *eci* [Internet]. 19jul.2020 [citado 10ene.2024];14(27):9-8. Available from: <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaingenieria/article/view/1734>
5. Salas-Marcial, C., Garduño-Ayala, M. A., & Mendiola-Ortiz, P. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. 1-16. <https://www.redalyc.org/journal/813/81359562002/81359562002.pdf>
6. Chávez Revilla, J. L. (2017). Fuentes de exposición al plomo. *revista Seguridad Minera*. <https://www.revista-seguridadminera.com/materiales-peligrosos/fuentes-deexposicion-al-plomo/>
7. Lodoño Franco L, Lodoño Muñoz P, Muñoz García F. Los Riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [Internet]. 19Dic.2016 [citado 10ene.2024];14(2):145-153. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
8. Guzmán Morales, A. R., la Paz, O. C., Ramiro Valdés, Carmenate., & Valdés-Hernández, P. A. (2021). Evaluación de la contaminación por metales pesados y su acumulación en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 42(4). [https://www.redalyc.org/journal/1932/193270002003/html/?fbclid=IwAR3vjhTdYiYzFKE2\\_wMw26R4DOV4sMebT\\_6HXngnvaql5BmtxVfNwkChvJY](https://www.redalyc.org/journal/1932/193270002003/html/?fbclid=IwAR3vjhTdYiYzFKE2_wMw26R4DOV4sMebT_6HXngnvaql5BmtxVfNwkChvJY)
9. Agency for Toxic Substances and Disease Control. División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Washington (USA): Servicio de Salud Pública, 2011, 269 p
10. Salas-Marcial C, Garduño-Ayala M. A, Mendiola-Ortiz P, Vences-García J. H, Zetina-Román V. C, Martínez-Ramírez O. C, Ramos-García M. D. Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [Internet]. 2019;20(1): . Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81359562002>
11. OMS. (2022, agosto). Intoxicación por plomo y salud. <https://www.who.int/es/newsroom/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
12. Poma, P. A. (2008). Intoxicación por plomo en humanos Lead effects on humans. *An Fac med*, 69(2) [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832008000200011](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011)
13. Peana M, Pelucelli A, Chasapis CT, Perlepes SP, Bekiari V, Medici S, Zoroddu MA. Efectos biológicos de la exposición humana al cadmio ambiental. *Biomoléculas*. 2023; 13(1):36. <https://doi.org/10.3390/biom13010036>
14. Prieto Méndez, Ramírez, G., Gutiérrez, R., & García, P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>
15. Goodman y Gilman. *Las Bases Farmacológicas de la Terapéutica*. 11 ed. Madrid (España): Interamericana Editores, 2013, 2017

- 
16. Kabata, Jhon. (2017, julio). Metales pesados cultivos. Biblioteca Digital. [http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_suelos/6\\_metales\\_pesados\\_cultivos.pdf?fbclid=IwAR0CL5PYbvUNyE-QNJFfdGngA6YDBV83tJ0KT27Fj4eQrxGeLXEg32UemPzU](http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/6_metales_pesados_cultivos.pdf?fbclid=IwAR0CL5PYbvUNyE-QNJFfdGngA6YDBV83tJ0KT27Fj4eQrxGeLXEg32UemPzU)
  17. Gobierno de Mexico. (2022, enero). Dialoguemos sobre plantas medicinales, sus beneficios, conservación y regulación para su propagación \_ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias \_ Gobierno \_ gob.mx. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <https://www.gob.mx/inifap/es/articulos/dialoguemos-sobre-plantas-medicinales-sus-beneficios-conservacion-y-regulacion-para-su-propagacion?idiom=es>
  18. Inecol. (s. f.). Ruda Introduccion. Instituto de Ecología. Recuperado 5 de febrero de 2023, de <https://www.inecol.mx/ineco>
  19. Marques, D. F., Augusto, F., & Abreu Lima. (2021). UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO SOBRE A Ruta graveolens L. (RUTACEAE) THE BIBLIOGRAPHIC STUDY ON Ruta graveolens L. (RUTACEAE). En Revista Biodiversidade-v (Vol. 20, Número 111)
  20. Medicina tradicional mexicana. (2018, mayo). Ruda. Biblioteca tradicional de medicina tradicional mexicana. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=ruta-graveolens>
  21. Rodríguez Ferradá, C. A., & Lemes Hernández, C. M. (2016). Estudio de la propagación vegetativa de la ruda Ruta graveolens L. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 5(2), 56-59. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962000000200006&lng=es&nrm=iso&tng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962000000200006&lng=es&nrm=iso&tng=es)
  22. Rodríguez Heredia, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. MEDISAN, 21(12), 3372-3385. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&nrm=iso&tng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&nrm=iso&tng=es)
  23. Enrique, B. J., Paredes, P., Bianca, B., Fiorella, V., & Bardales, S. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA. (2015). Recuperado de: [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/916179/metales-pesados-en-hojasde-myrciaria-dubia-kunth-mc-vaughcamu\\_s5Ee1PG.pdf?fbclid=IwAR2WiVejfyz3YWWn-jAgXy07gvRI1KbLWVz\\_iAgJybfMpfYgGOUeRLvQ06qE](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/916179/metales-pesados-en-hojasde-myrciaria-dubia-kunth-mc-vaughcamu_s5Ee1PG.pdf?fbclid=IwAR2WiVejfyz3YWWn-jAgXy07gvRI1KbLWVz_iAgJybfMpfYgGOUeRLvQ06qE)
  24. Alcantara, J. (2020). Espectroscopia de absorción atómica, principios y aplicaciones. Redes de tecnología. <https://www.news-courier.com/analysis/articles/atomi-cabsorption-spectroscopy-principles-and-applications-356829>
  25. Díaz Heredia, Y. D. (2017). Validación del método para determinar Pb, Cd, Ni por espectrometría de absorción atómica de llama en agua y suelo". <http://dspace.es-poch.edu.ec/bitstream/123456789/7019/1/236T0275.pdf>