

REVISTA CIENTÍFICA

# IONCQ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

**UG**  
UNIVERSIDAD DE  
GUAYAQUIL





UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL



### **Facultad de Ciencias Químicas**

Responsable Editora

Dra. Liliana Alexandra Cortez Suárez, PhD. (Universidad de Guayaquil, Ecuador).

### **Comité Editorial**

Mgs. Ana Ivonne Alarcón Mite

Docente de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil-Ecuador. Comité Editorial

Mgs. María Elena Jiménez Heinert

Docente de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil-Ecuador

PhD. Jorge Luis López Bulnes

Docente Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Biotecnología.

PhD. Sara Esther Vera Quiñonez

Docente de la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Diseño de Proyectos y Metodología de la Investigación, Carrera de Enfermería, Machala – Ecuador.

PhD. Ronald Campoverde Aguirre

Docente de Programas de Doctorado de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo –Ecuador

Mgs. Margarita del Pilar Cajas Palacios

Docente de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil-Ecuador

### **Analista Editorial y Diagramador**

Ing. Armando Arias Duque, MSc.

Docente de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil-Ecuador

### **Comité Editorial**

Mgs. María Elena Jiménez Heinert

Docente de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil-Ecuador

PhD- Adonis Bello Alarcón

Docente de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil-Ecuador.

PhD. Lcda. Lilia Carina Jaya Vázquez.

Docente de la Universidad Católica de Cuenca, Facultad de la Carrera de Enfermería, Cuenca-Ecuador.

PhD. José Luis Solís Toscano

Docente de posgrado de la Universidad Cesar Vallejo y de la Escuela de Ejercito del Perú.

---

**Docentes de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil-Ecuador.**

Av. Delta, Guayaquil 090510

# Estudio preclínico normo-glucemiante de los extractos de las hojas de Insulina (*Justicia secunda* Vahl) en ratones

## Preclinical normoglycemic study of Insulin (*Justicia secunda* Vahl) leaf extracts

Ana Alarcón Mite<sup>1</sup>, Margarita Cajas Palacios<sup>2</sup>, Alexandra Quesada Delgado<sup>3</sup>, Liliana Cortez Suárez<sup>4</sup>

### RESUMEN

El uso de las plantas medicinales para tratar enfermedades se lleva a cabo desde hace varios años es por ello que en el presente estudio pre-clínico se realizó la evaluación del efecto normo-glucemiante de los extractos de las hojas de la planta *Justicia secunda* Vahl induciendo hiperglicemia en ratones con solución de glucosa al 25%. Los ratones fueron divididos en siete grupos: grupo control normal (A), el grupo glucosa solamente (B), grupo metformina de 500 mg (C), los dos grupos (D y E) extracto etanólico en dosis de "40 µL – 80 µL" y los dos grupos (F y G) extracto acuoso en dosis de "40 µL – 80 µL". Los resultados mostraron que los extractos etanólico y acuoso en dosis de 40 µL disminuyeron los niveles de glucosa a 182,6 mg/dl y 173 mg/dl respectivamente. Un comportamiento parecido experimento el extracto etanólico en dosis de 80 µL disminuyó los niveles de glucosa a 145,3 mg/dl. Por otro lado, el extracto acuoso a la misma dosis no presentó disminución alguna.

**Palabras clave:** Insulina, *Justicia secunda* Vahl, hiperglicemia, Metformina, efecto normo-glicemiante.

### ABSTRACT

The use of medicinal plants to treat illnesses it takes place since few years ago that's why in the current pre-clinic research get realized the evaluation of the Normoglycemia effect from leaves extracts of the (*Justice secunda* Vahl) plant introducing hiperglicemine into mice with glucosa to 25%. The mices were divided in 7 groups: normal control group (A), only the glucose group (B), group metmorfina de 500mg (C), both groups (D and E) ethanolic extract in doses of 40 – 80 and the two groups (F and G) watery extract in doses of 40 – 80. The results shows that ethanolic and watery extracts in doses of 40 decrease the level of glucose to 182.6 mg/dl and 173 mg/dl respectively. At the same way, ethanolic extract in dose of 80 decreased the levels of glucose to 145.3 mg/dl. On the other side, the acuose extract at the same dose didn't present any decrease.

**Keywords:** Insuline, *Justicia secunda* Vahl, hiperglucose, metformina, effect normo- glicemiant.

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

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

### Introducción

Diabetes mellitus (DM) es un grupo de trastornos metabólicos caracterizados por la hiperglicemia debido a defectos en la secreción o acción de la insulina (I). Entre los procesos

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>

Magister en Salud Pública; Licenciada en Nutrición y Dietética, Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo

electrónico: margarita.cajasp@ug.edu.ec Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0339-686X>

Doctora en química y farmacia. Magister en manejo de recursos naturales de la Universidad Agraria del Ecuador. Investigadora, , Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: alexandra.quesadad@ug.edu.ec Código Orcid: 0000-0002-3467-6581

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>

fisiopatogénicos involucrados en su aparición están: la destrucción autoinmunitaria de las células  $\beta$  del páncreas generando déficit absoluto de insulina o la resistencia a la misma que provoca que las células  $\beta$  de los islotes pancreáticos no respondan eficientemente (2), ambas conocidas como diabetes mellitus tipo 1 y tipo 2 respectivamente.

En la diabetes mellitus tipo 1 (DM1) la destrucción de las células  $\beta$  suele deberse a un mecanismo autoinmune, aunque en un reducido número de casos no existe evidencia de autoinmunidad; por otro lado, en la DM1 idiopática, se observa un fuerte componente hereditario (3,4).

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) por lo general es más común en adultos, la cual supone el 85-95% de los casos de DM, se caracteriza por resistencia a la insulina combinada con el déficit progresivo de producción de esta, siendo diagnosticada solo cuando las complicaciones ya se han desarrollado (3,5,6). La elección del tratamiento debe ser centrada en el paciente, teniendo en cuenta los aspectos fisiopatológicos y los efectos secundarios de los fármacos, así como las comorbilidades y preferencias del paciente en los que las modificaciones de los estilos de vida por sí solos son insuficientes para conseguir el control glucémico (5,7,8).

La diabetes está aumentando de manera progresiva en todas partes. La OMS informa que el 10% de la población mundial, es decir, más de 347 millones de personas sufren esta enfermedad, y que más del 80% de las muertes por diabetes se reconocen en países con ingresos bajos y medios (OMS, 2014). A finales de 2013, la diabetes había causado 5,1 millones de muertes y un coste de 548.000 millones de USD en gasto sanitario. La mayoría de estos casos podrían evitarse, pero sin un enfoque multisectorial de toda la sociedad, la diabetes en todas sus formas impone costes humanos, sociales y económicos inaceptablemente altos en países de todos los niveles de ingresos (9).

En 2014 a escala mundial se calculó que 422 millones de adultos tenían diabetes, en comparación con 108 millones en 1980. La prevalencia mundial de la diabetes (normalizada por edades) ha ascendido a casi el doble (4,7% al 8,5%) en la población adulta (10). Considerando que la diabetes es una alteración crónica que se genera cuando el páncreas no produce insulina o no la utiliza correctamente, cada año más personas viven con esta condición, que desencadena complicaciones a lo largo de la vida (11). La diabetes representó en el 2015 el 14,5% de todas las causas de mortalidad en personas entre 20 y 79 años en el mundo, siendo mayor que el número combinado de muertes por enfermedades contagiosas (12).

En el Ecuador la diabetes mellitus es una enfermedad que consta como una de las principales causas de patología, que al no ser tratada a tiempo traerá graves consecuencias a la salud (13). En el país, más mujeres que hombres perdieron la vida a causa de la diabetes se reporta que en 2016 hubo 2.628 mujeres frente a los 2.278 hombres que murieron por la enfermedad (14).

Por otra parte, en nuestro país diversas plantas son empleadas en la medicina ancestral para tratar diferentes patologías, entre ellas, la planta Justicia secunda Vahl, que es utilizada con fines terapéuticos, en algunos productos farmacéuticos y alimenticios (15,16,17,18), la cual también es conocida popularmente como insulina, usada para aliviar la sintomatología de la diabetes (19,20,21). La planta Justicia secunda Vahl es utilizada con fines terapéuticos en medicina ancestral, donde diversos estudios preliminares le atribuyen propiedades medicinales para tratar

enfermedades como: miomas, enfermedades de la próstata, hipertensión arterial, sepsis, litiasis renal; además de ser usado para normalizar el ácido úrico en sangre y en trastornos glicémicos (22,23,24,25).

En consecuencia, la problemática abordada en el presente estudio es responder a la interrogante sobre: ¿Cómo influyen los extractos etanólicos y acuosos de las hojas de Justicia secunda Vahl en la normalización de los valores de hiperglicemia aguda en ratones?

Por tal motivo, esta investigación tiene por objetivo determinar el efecto normo-glucemiante de los extractos de hojas de Insulina (Justicia secunda Vahl) en ratones. Para ello, se procedió a: a) Inducir hiperglicemia aguda en ratones; b) evaluar valores de glicemia en ratones tratados con los extractos de las hojas de (Justicia secunda Vahl) comparado con el efecto de la metformina; y, c) analizar estadísticamente la actividad normo-glucemiante que presentan los ratones tratados.

De esta forma, el estudio permitió evaluar la acción terapéutica de los extractos etanólicos y/o acuosos de las hojas de la planta Justicia Secunda Vahl, analizando si posee efecto normoregulator sobre los niveles de glucosa, siendo una opción de medicamento natural y económico para el tratamiento de esta alteración en la salud.

Por tanto, la meta de este proyecto es apoyar los conocimientos ancestrales de nuestros nativos mediante el estudio in vivo de las hojas de Justicia secunda Vahl, conocida comúnmente como insulina.

## **Materiales y métodos**

### **Diseño**

El estudio emplea el método descriptivo mediante la observación directa. El tipo de investigación es experimental; por otra parte, es de tipo correlacional ya que se asocia los valores de glucosa en sangre de los modelos experimentales (ratones) con la dosis de los extractos

### **Procedimiento**

El proceso de realización del estudio consistió en la recolección de las hojas de Justicia secunda vahl; posteriormente, se prepararon los extractos, dejando secar las hojas limpias en la estufa METTLER TOLEDO a 60° C por 2 días. Con las hojas secas, éstas se pulverizaron en un molino IKA MF 10 Basic hasta obtener el polvo. El siguiente paso es la preparación de los extractos. Para el extracto acuoso se maceró por 48 horas, 40 g del polvo y 250 ml de agua destilada, la misma que fue filtrada y conservada a una temperatura de 4°C. Para el extracto etanólico se maceró por 48 horas 40 g de las hojas pulverizadas en 150 ml de etanol al 96%, el extracto se filtró y se conservó en refrigeración.

Finalmente, la preparación del medicamento consistió en la trituración de tabletas de metformina de 500 mg y suspendidas en solución salina para facilitar la administración de 10 mg/kg relacionado al peso de cada ratón para cumplir con el ensayo de experimentación.

### **Materiales**

#### **Material biológico:**

Comprende 35 ratones que cumplen los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

**Criterio de inclusión:** Ratones que presenten valores de glucosa en sangre <125 mg/dl.

**Criterio de exclusión:** Ratones que presenten valores de glucosa en sangre >110 mg/dl.

### Reactivos y equipos:

Extracto acuoso de las hojas de Justicia secunda Vahl

Extracto etanólico de las hojas de Justicia secunda Vahl

Jeringas para insulina

Glucómetro Accu-Check Performa Nano Active Active

Tiras reactivas Accu-Check Performa Nano Active Active, otros

### Análisis de datos o análisis estadístico

El análisis de datos se efectuó mediante una Evaluación de la Actividad Normo-glucemiante, Medición de Glucosa Basal y Medición de glicemia final.

La administración de los tratamientos se realizó de la siguiente manera: el grupo control normal recibió por vía oral 40 µL, solución salina. Los grupos de extractos tanto acuosos como etanólicos recibieron por vía oral con ayuda de una sonda (40 - 80 µL) de los extractos. El control positivo recibió por vía oral 10 mg/Kg de Metformina en solución salina.

Los resultados que se obtuvieron durante la administración de los diferentes extractos fueron analizados estadísticamente haciendo uso del Test de Student.

### Hipótesis

Los extractos obtenidos a partir de las hojas Justicia secunda Vahl regulan los niveles de glucosa en ratones.

### Resultados

Los resultados de la Administración de los Extractos de Justicia Secunda Vahl se muestran en la **Tabla 1**.

**Tabla 1. Promedio de glicemias (mg/dL) en ayunas**

Grupos de Experimentación	Valor de Glicemia Basal (mg/dl)
C-Normal	125,70
C-Metformina	118,80
C-(Glucosa)	108,20
Extracto Etanólico 40 µL	99,75
Extracto Etanólico 80 µL	107,40
Extracto Acuoso 40 µL	120,40
Extracto Acuoso 80 µL	102,00

Fuente: Autores

En la tabla 1 se presentan los valores de la glucosa basal observada en los grupos de los animales de experimentación. El promedio general entre grupos fue (111.75 mg/dl ± 9.91).

**Tabla 2. Análisis de datos agrupados de glicemia a los 15 minutos**

ANÁLISIS DE VARIANZA	
Origen de las Variaciones	Suma de cuadrados
Entre Grupos	99322,800
Dentro de los Grupos	101492,533
Total	200815,333
Grados de libertad	5
Promedio de los cuadrados	19864,560
F	3,523
Probabilidad	0,0214

ANÁLISIS DE VARIANZA	
Origen de las Variaciones	Suma de cuadrados
Entre Grupos	61515,333
Dentro de los Grupos	87396,000
Total	148911,333
Grados de libertad	5
Promedio de los cuadrados	12303,066
F	2,533
Probabilidad	0,0663

Fuente: Autores

**Tabla 3. Análisis de datos agrupados de glicemia a los 60 minutos**

ANÁLISIS DE VARIANZA	
Origen de las Variaciones	Suma de cuadrados
Entre Grupos	148911,333
Dentro de los Grupos	148911,333
Total	297822,666
Grados de libertad	23
Promedio de los cuadrados	5638,474
F	3,523
Probabilidad	0,0214

Fuente: Autores

**Tabla 4. Factor de significancia de datos individuales por grupos de glicemia a los 15 minutos**

Grupos	Control Glucosa	Control Metformina	Ext. Etanólico 40 µL	Ext. Etanólico 80 µL	Ext. Acuoso 40 µL	Ext. Acuoso 80 µL
Control Glucosa	.....	0.0383	0.2612	0.0368	0.0190	0.2333
Control Metformina	0.0383	.....	0.4222	0.0868	0.1809	0.2640
Ext. Etanólico 40 µL	0.2612	0.4222	.....	0.3340	0.4924	0.1318
Ext. Etanólico 80 µL	0.0368	0.0868	0.3340	.....	0.1425	0.0664
Ext. Acuoso 40 µL	0.0190	0.1809	0.4924	0.1425	.....	0.0356
Ext. Acuoso 80 µL	0.2333	0.2640	0.1318	0.0664	0.0356	.....

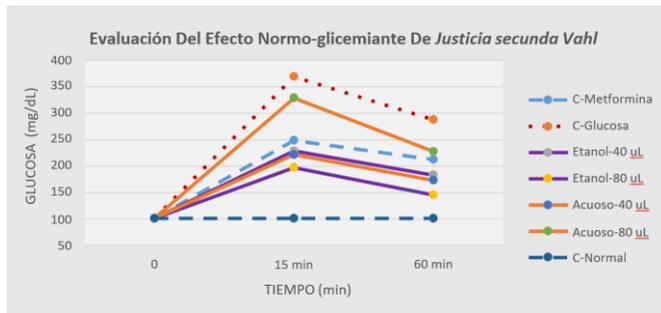
Fuente: Autores

**Tabla 5. Factor de significancia de datos individuales por grupos de glicemia a los 60 minutos**

Grupos	Control Glucosa	Control Metformina	Ext. Etanólico 40 µL	Ext. Etanólico 80 µL	Ext. Acuoso 40 µL	Ext. Acuoso 80 µL
Control Glucosa	.....	0.1782	0.3013	0.0492	0.0370	0.1755
Control Metformina	0.1782	.....	0.2278	0.0939	0.1041	0.3363
Ext. Etanólico 40 µL	0.3013	0.2278	.....	0.1849	0.4071	0.0829
Ext. Etanólico 80 µL	0.0492	0.0939	0.1849	.....	0.0609	0.0541
Ext. Acuoso 40 µL	0.0370	0.1041	0.4071	0.0609	.....	0.0829
Ext. Acuoso 80 µL	0.1755	0.3363	0.0829	0.0541	0.0829	.....

Fuente: Autores

**Gráfico 1. Curvas de glicemia en grupos de animales control y animales tratados con extractos etanólicos y/o acuosos de Justicia secunda Vahl a los 0, 15 y 60 minutos de tratamiento.**

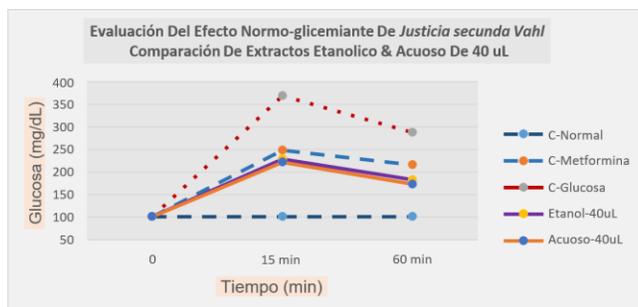


Fuente: Autores

La hiperglicemia fue inducida por administración de una solución de glucosa al 25%. Tanto el grupo de control positivo con metformina como los grupos que recibieron tratamiento con extractos etanólicos o acuosos presentaron reducción en los valores de glicemia a los 15 y a los 60 min después de administración.

Al haber transcurrido 60 minutos del tratamiento en los ratones de experimentación los niveles de glucosa en los grupos extractos etanólicos con dosis de 40  $\mu$ L y 80  $\mu$ L disminuyeron mostrando un comportamiento similar al grupo control (+) tratado con metformina (215,5 mg/dL). No se observó descenso significativo en los niveles de glicemia en el grupo tratado con el extracto acuoso en dosis de 80  $\mu$ L a los 60 minutos (227,4 mg/dL, Gráficos 1 y 3).

**Gráfico 2. Curvas de glicemia en grupos de animales control y animales tratados con 40  $\mu$ L de extractos etanólicos y/o acuosos de Justicia secunda Vahl en tiempos de 0, 15 y 60 minutos de tratamiento.**



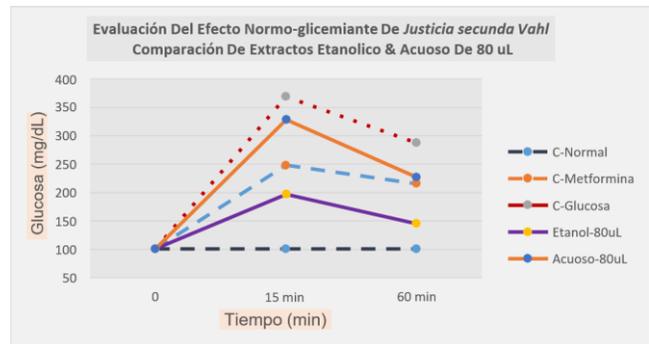
Fuente: Autores

En dosis de 40  $\mu$ L y a los 15 min, en el grupo tratado con el extracto etanólico se observó disminución substancial de la glicemia (228.6 mg/dl) comparado con el grupo control negativo (368.8 mg/dl, glucosa solamente). A los 60 min, en el grupo tratado se observó glicemia de 182.6 mg/dl comparado con 287.4 mg/dl del grupo control de glucosa solamente (Gráfico 2). A pesar de la tendencia observada, las diferencias entre los grupos no alcanzaron significancia estadística ( $p=0,2612$  y  $p=0,3013$  respectivamente, tablas 4 y 5).

De igual manera, en dosis de 40  $\mu$ L a los 15 minutos, el grupo tratado con el extracto acuoso se observó disminución substancial de la glicemia (221,6 mg/dl) en comparación con el grupo control negativo (368.8 mg/dl, glucosa solamente). A los 60 minutos en el grupo tratado se observó glicemia de 173 mg/dl mostrando diferencia significativa en comparación con el grupo que recibió glucosa solamente (287.4 mg/dl). El análisis estadístico detectó

significancia para ambas comparaciones ( $p=0,0190$  y  $p=0,0370$  respectivamente, Tabla 4 y 5)

**Gráfico 3. Curvas de glicemia en grupos de animales control y animales tratados con 80  $\mu$ L de extractos etanólicos y/o acuosos de Justicia secunda Vahl en tiempos de 0, 15 y 60 minutos de tratamiento.**



Fuente: Autores

En dosis de 80  $\mu$ L y a los 15 min, en el grupo tratado con el extracto etanólico se observó disminución substancial de la glicemia (197 mg/dl) comparado con el grupo control negativo (368.8 mg/dl, glucosa solamente). A los 60 min, en el grupo tratado se observó glicemia de 145,3 mg/dl comparado con 287.4 mg/dl del grupo control de glucosa solamente, mostrando diferencia entre ambos grupos. En ambos casos las diferencias, alcanzaron significancia estadística ( $p=0,0368$  y  $p=0,0492$  respectivamente, tablas 4 y 5).

En comparación similar, en dosis de 80  $\mu$ L a los 15 minutos en el grupo tratado con el extracto acuoso no se observó disminución substancial de la glicemia (328,4 mg/dl) en comparación con el grupo control negativo (368.8 mg/dl, glucosa solamente). Sin embargo, a los 60 minutos en el grupo tratado se observó glicemia de 227,4 mg/dl mostrando descenso en los niveles de glucosa en comparación con el grupo que recibió glucosa solamente (287.4 mg/dl). En análisis estadístico estas diferencias no fueron significantes ( $p=0,2333$  y  $p=0,1755$  respectivamente, tablas 4 y 5).

## Discusión

La hiperglicemia fue inducida por administración de una solución de glucosa al 25%. (Tomado del análisis de las tablas de resultados)

Tanto el grupo de control positivo con metformina como los grupos que recibieron tratamiento con extractos etanólicos o acuosos presentaron reducción en los valores de glicemia a los 15 y a los 60 min después de administración. (Tomado del análisis de las tablas de resultados)

Según los resultados obtenidos en este estudio en el tratamiento con el extracto etanólico en ambas dosis (40 y 80  $\mu$ L) de las hojas de Justicia secunda Vahl se observó actividad normo-glucemiante en un modelo de hiperglicemia aguda en ratones. Por otro lado, la administración del extracto acuoso en dosis de 40  $\mu$ L presentó efecto normo-glucemiante en los tiempos de 15 y 60 minutos. Sin embargo, el extracto acuoso en dosis de 80  $\mu$ L no mostró actividad. Por lo tanto, se puede deducir que el extracto etanólico aparentemente fue más activo comparado con el extracto acuoso.

En la determinación de sólidos totales de los extractos de las hojas de planta Justicia secunda Vahl se concluye que los resultados se

encuentran dentro de la norma establecidas para el contenido de sólidos totales en una muestra líquida.

En las características fisicoquímicas observamos que el extracto etanólico presentó olor agradable, aunque con el pH y densidad baja; el extracto acuoso desprendió olor agradable y pH cercano a la neutralidad.

Estudios anteriores reportaron actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana y antinociceptiva en extractos de Justicia secunda Vahl. Pero al momento no se han hallado investigaciones preliminares como normo-glucemiante. Por lo tanto, este es el primer estudio en investigar actividad normo-glucemiante.

## Referencias

1. (ADA) AAdD. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2018; 5(3): p. 65-70.
2. Pérez-Díaz I. Diabetes mellitus. *PERMANYER*. 2016; 3(3): p. 50-5.
3. ADA. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes 2019. *Diabetes Care*. 2019; 4(3): p. 13-28.
4. Rojas J, Bermudez V, Palmar J, Martínez MS, Olivar LC, Nava M, et al. Pancreatic Beta Cell Death: Novel Potential Mechanisms in Diabetes Therapy. *Journal of Diabetes Research*. 2018; 4(2): p. 1-19.
5. Zhao Y, Xu G, Wu W, & Yi X. Type 2 Diabetes Mellitus- Disease, Diagnosis and Treatment. *Journal of Diabetes and Metabolism*. 2015; 6(5): p. 532-533.
6. Aguirre F, Brown A, Cho NH. Atlas de la Diabetes de la FID. *Federación Internacional de Diabetes*. 2018; 12(2): p. 13-14.
7. Chaudhury A, Duvoo C, Reddy V, Kraleti S, Chada A, Ravilla R, et al. Clinical Review of Antidiabetic Drugs: Implications for Type 2 Diabetes Mellitus Management. *Frontiers in Endocrinology*. 2017; 3(2): p. 1-12.
8. Alhadramy MS. Diabetes and oral therapies: A review of oral therapies for diabetes mellitus. *Journal of Taibah University Medical Sciences*. 2016; 6(2): p. 317-329.
9. FID. Creciente Número de Personas con Diabetes. *Federación Internacional de Diabetes*. 2013; 10(2): p. 10-12.
10. OMS. Insuficiencia a las enfermedades no transmisibles. *Organización Mundial de la Salud*. 2015; 2(8): p. 20-23.
11. Kharroubi AT, Darwish HM. Diabetes mellitus: The epidemic of the century. *World Journal Diabetes*. 2015 junio; 5(1): p. 850-867.
12. FID. Control Terapeutico en Diabetes Gestacional. *Federación Internacional de Diabetes*. 2018; 9(3): p. 25-26.
13. Rojas R OG. Management complications of type 2 diabetes: Diabetes mellitus tipo 2 (GPC). 2017; 7(8): p. 16-17.
14. INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos. [Online].; 2017 [cited 2023]. Available from: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/diabetes-segunda-causa-de-muerte-despues-de-las-enfermedades-isquemias-del-corazon/#comment-166364>.
15. Mpiana P, Ngbolua K, Bokota M, Kasonga T, Atibu E, Tshibangu D, et al. In vitro effects of anthocyanin extracts from Justicia secunda Vahl on the solubility of haemoglobin S and membrane stability of sickle erythrocytes. *Journal of Blood Transfusion*. 2010; 10(6): p. 2-5.
16. Rojas J, Ochoa V, Ocampo S, Muñoz J. Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: A possible alternative in the treatment of non-nosocomial infections. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2006; 14(3): p. 2-4.
17. Corrêa G, Alcântara A. Chemical constituents and biological activities of species of Justicia. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 2012; 22(1): p. 220-238.
18. Gómez Huelgas R, GPF, Rodríguez Manas L, Formiga F, Puig Domingo M, Mediavilla Bravo JJ, Ena J. Tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 en el paciente anciano. *Revista Clínica*. 2017; 3(4): p. 74-88.
19. Theiler B, Istvanits S, Zeh M, Marcourt L, Urban E, Espinoza Caisa L, et al. HPTLC Bioautography Guided Isolation of  $\alpha$ -Glucosidase Inhibiting Compounds from Justicia secunda Vahl (Acanthaceae). *Phytochemical analysis*. 2017 Marzo; 28(2): p. 87-92.
20. Onoja S, Ezeja M, Onwukwe B. Antioxidant, anti-inflammatory and antinociceptive activities of methanolic extract of Justicia secunda Vahl leaf. *Alexandria Journal of Medicine*. 2017 Agosto; 53(3): p. 207-213.
21. Gomez-Verjan JC, Reyes-Chilpa R, Aguilar MI. Chemistry and Pharmacology of Selected Asian and American Medicinal Species of Justicia. *Bioactive Phytochemicals: Perspectives for Modern Medicine*. 2012 Septiembre; 3(1): p. 415-417.
22. García J LY. Notas sobre la presencia de Justicia secunda (Acanthaceae) en Cuba. *Revista Infocencia*. 2013 julio; 5(7): p. 5-8.
23. Cantillo J, GJ, BR, JB, & OJ. Evaluación de la toxicidad aguda (CL50) frente a Artemia franciscana y la actividad hemolítica de los extractos acuosos, en diclorometano y metanólico parcial de Justicia secunda (Vahl). *Scientia et Technica*. 2007 abril; 8(5): p. 257-258.
24. Ghasemzadeh A, Ghasemzadeh N. Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2011 diciembre; 3(4): p. 2-4.
25. Smeds AI, Eklund PC, Willför SM. Content, composition, and stereochemical Characterisations of lignans in berries. *Food Chemistry*. 2012 octubre; 14(4): p. 10-12.

# 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>2</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.

---

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.cajasp@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

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

## 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 morían 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

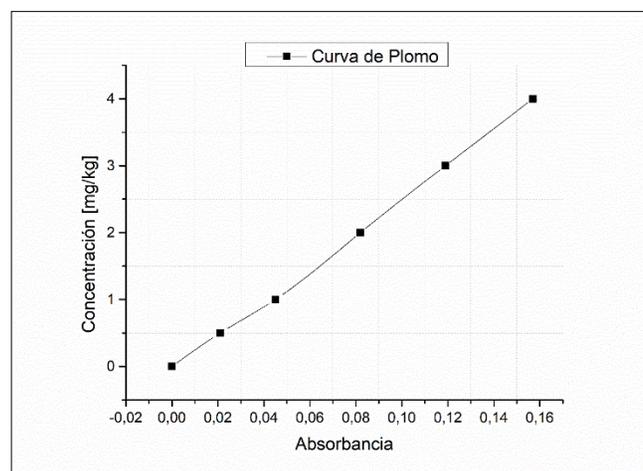
**Nota. Contenidos máximos de determinados contaminantes en los productos alimenticios.**

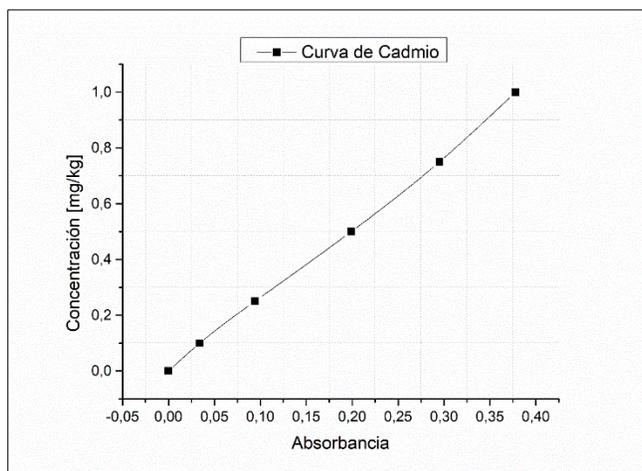
**Tabla 5. Curva de calibración de Plomo y Cadmio**

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

- 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>
- Velásquez Hernández, M. (2018). El plomo y sus efectos en la salud \_ Corzo Expósito \_ Acta Médica del Centro. Revista medicacentro, 8(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&id=S1817-74332009000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&id=S1817-74332009000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Pabón Guerrero S, Benítez Benítez R, Sarría 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/entrecienciaeingenieria/article/view/1734>
- 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>
- Chávez Revilla, J. L. (2017). Fuentes de exposición al plomo. revista Seguridad Minera. <https://www.revistaseguridadminera.com/materiales-peligrosos/fuentes-deexposicion-al-plomo/>
- Lodoño Franco L, Lodoño Muñoz P, Muñoz García F. Los Riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología 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>
- 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\\_6HXngnvaql5BmrxVfnwkcHvJY](https://www.redalyc.org/journal/1932/193270002003/html/?fbclid=IwAR3vjhTdYiYzfkE2_wMw26R4DOV4sMebT_6HXngnvaql5BmrxVfnwkcHvJY)
- 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
- 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/factsheets/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=IwAR0CL5PYbvUNyEQNJFfdGngA6YDBV83tJ0KT27Fj4eQrxGeLxEq32UemPzU](http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/6_metales_pesados_cultivos.pdf?fbclid=IwAR0CL5PYbvUNyEQNJFfdGngA6YDBV83tJ0KT27Fj4eQrxGeLxEq32UemPzU)
  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&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962000000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=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&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&nrm=iso&tlng=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/metal-es-pesados-en-hojasde-myrciaria-dubia-kunth-mc-vaughcamu\\_s5Ee1PG.pdf?fbclid=IwAR2WiVEifYz3YWwNjAqXy07gvRI1KblWVz\\_iAgJybfMpfYgGOUeRlvQ06qE](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/916179/metal-es-pesados-en-hojasde-myrciaria-dubia-kunth-mc-vaughcamu_s5Ee1PG.pdf?fbclid=IwAR2WiVEifYz3YWwNjAqXy07gvRI1KblWVz_iAgJybfMpfYgGOUeRlvQ06qE)
  24. Alcantara, J. (2020). Espectroscopia de absorción atómica, principios y aplicaciones. *Redes de tecnología*. <https://www.news-courier.com/analysis/articles/atomicabsorption-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.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7019/1/236T0275.pdf>

# Concentraciones de iones de mercurio y plomo en pescado thunnus thynnus y su impacto en consumidores

## Concentrations of mercury and lead ions in thunnus thynnus fish and its impact on consumers

Liliana Alexandra Cortez Suárez<sup>3</sup>, Margarita Cajas Palacios<sup>2</sup>, Ana Alarcón Mite<sup>3</sup>

### RESUMEN

La presente investigación bibliográfica consiste en el estudio de los metales pesados como el mercurio (Hg) y el plomo (Pb) presentes en el atún (*Thunnus thynnus*) y su impacto en la salud de los consumidores. Esta especie es originaria del mar Mediterráneo. Se realizó una búsqueda exhaustiva sobre investigaciones realizadas a nivel mundial de la presencia de metales pesados en las diferentes especies de atunes y los efectos provocados en la salud. Adicionalmente, se realizó una encuesta virtual utilizando la plataforma Microsoft Forms para identificar el nivel de conocimiento de la población, en sectores urbanos rurales y pesqueros. Los datos obtenidos de la literatura indican que la especie *Thunnus thynnus* bioacumula y biomagnifica presentan mayores cantidades de metales pesados que *Thunnus obesus* y *Thunnus albacares*, superando en algunos casos directrices de seguridad alimentaria, siendo la fuentes antrópicas y naturales, seguido del tamaño de la especie, principales factores de bioacumulación. Con los resultados obtenidos, se evidencia que la contaminación de metales pesados es un grave problema de efectos toxicológicos tanto en la biodiversidad marina como en el ser humano que lo consume. Es importante la pronta educación de la población para evitar condiciones médicas a largo plazo.

**Palabras clave:** Metales pesados, límites permisibles, bioacumulación, efectos toxicológicos y biomonitorización.

### ABSTRACT

The present bibliographic research consists of the study of heavy metals such as mercury (Hg) and lead (Pb) present in tuna (*Thunnus thynnus*) and their impact on the health of consumers. This species is native to the Mediterranean Sea. An exhaustive search was carried out on research conducted worldwide on the presence of heavy metals in different tuna species and the effects caused on health. In addition, a virtual survey was conducted using the Microsoft Forms platform to identify the level of knowledge of the population in rural urban and fishing sectors. The data obtained from the literature indicate that the species *Thunnus thynnus* bioaccumulates and biomagnifies a greater amount of heavy metals than *Thunnus obesus* and *Thunnus albacares*, exceeding in some cases food safety guidelines, being anthropic and natural sources, followed by the size of the species the main bioaccumulation factors. The results obtained indicate that heavy metal contamination is a serious problem with toxicological effects both on marine biodiversity and on the human being that consumes it. Early education of the population is important to avoid long-term medical conditions.

**Keywords:** Heavy metals, permissible limits, bioaccumulation, toxicological effects and biomonitoring.

---

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

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>.



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

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

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

## Introducción

Durante las últimas décadas, los ecosistemas marítimos se han visto alterados debido a la cantidad de contaminantes que surgen en las industrias y plantas agrícolas, las cuales son derramadas o desechadas en brazos o riachuelos de agua. Esta forma de contaminación se da a través de desechos orgánicos, tensoactivos, nutrientes o metales pesados que se encuentran en la naturaleza o sufren transformaciones en sus compuestos.

Entre los contaminantes más nocivos se encuentran los metales pesados como el mercurio y plomo, los cuales son elementos muy tóxicos (1,2,3). En la actualidad, las industrias que usan mercurio y plomo en el proceso de manufactura crecen aceleradamente. Si bien es cierto que en el medio ambiente estos tóxicos se encuentran de manera natural en concentraciones bajas, los niveles de mercurio y plomo han aumentado considerablemente desde el inicio de la era industrial. Los desechos de minería y los emplazamientos, suelos y sedimentos industriales contaminados han generado uno de los casos con mayor exposición de metales pesados en el medio ambiente y vertederos hidráulico.

La contaminación en los sistemas hídricos como ríos, océanos, mares y estuarios producida por el uso indiscriminado de productos químicos en actividades agrícolas, industriales y extractivas es un problema latente, pero poco divulgado. Sin embargo, las consecuencias son asumidas principalmente por los consumidores de alimentos de origen pesquero (3,4). Aunque estos xenobióticos se encuentran disponibles en el ambiente de manera natural, las concentraciones en la que se hallan actualmente tienen como resultado un aumento en su disponibilidad, lo que significa que puede ser asimilado frecuentemente por los organismos. Este incremento de desechos tóxicos es huella clara del desarrollo irreflexivo promovido gracias a un ambiente de control descuidado por parte de la irresponsabilidad de los empresarios frente a temas ambientales y de salud pública (5).

La exposición a mercurio y/o plomo a dosis bajas por periodo de tiempos prolongados tiene efectos en la salud humana manifestándose en el sistema nervioso central y periférico. El mercurio se relaciona con temblor y demencia en adultos, sin embargo, su efecto tóxico y de mayor importancia es en niños menores de 5 años, mujeres lactantes y gestantes, relacionándose con alteraciones del desarrollo neurológico, del lenguaje y trastornos neuro conductuales. Por otro lado, el plomo se ha relacionado con coeficiente intelectual bajo, alteraciones del desarrollo, y trastornos neurológicos y conductuales en niños, mientras que en adulto se manifiesta con elevaciones de la presión arterial neuropatía distal, temblores entre otros (6).

*Thunnus thynnus* es una especie muy consumida a nivel mundial destinada a los sushis y tartares, distribuida en aguas mediterráneas, generalmente con un tamaño máxima de 300 cm, un peso máximo de 600 kg. Se llega a considerar como un pez migratorio por lo que su dieta depende de peces pelágicos (boquerón (*Engraulis encrasicolus*), clupeidos y especies afines), aunque los invertebrados (cefalópodos y crustáceos) contribuyen significativamente en su dieta (7). Debido a la bioacumulación de estos compuestos en los organismos marinos como el atún (*Thunnus thynnus*), originan problemas de salud en los

consumidores ya que se trasladan esas fracciones de trazas a las personas (7).

Estos metales pesados son tóxicos para todo el sistema periférico y central, tras su inhalación o ingesta en grandes cantidades (8). Una de las principales vías de ingreso de estos metales tóxicos en los humanos es la ingesta de pescado, así mismo ellos se encuentran expuestos a la bioacumulación de compuestos como el metilmercurio o trazas de plomo (9). La ingesta de grandes cantidades de atún contaminados con iones de plomo y mercurio trae consecuencias a largo plazo en la salud de las personas, originando trastornos neurológicos, amnesia, insomnio, enfermedades neuromusculares, cognitivas o motoras y dolores de cabeza (9).

En el Ecuador, la industria atunera tiene más inclinación en la captura de las siguientes especies: atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), atún ojo grande (*Thunnus obesus*) y listados o bonitos (*Katsuwonus pelamis*). La captura de estos ejemplares se la realizan cuando están pequeños. Por esa razón, la cantidad de mercurio y plomo es menor que en especies de mayor edad. Estos túnidos son originarios del Océano Pacífico, utilizados en su mayoría para el proceso de transformación del atún en conserva y lomos (10).

La especie atún rojo (*Thunnus thynnus*) es originaria del Océano Atlántico, especialmente del mar Mediterráneo, y no es capturada en tierras ecuatorianas. Según estudios realizados internacionalmente, esta especie acumula mayor contenido de metales pesados porque son de gran tamaño. Es por ello que este proyecto se centró en identificar el impacto de las concentraciones de iones de mercurio y plomo que contiene el pez *Thunnus thynnus*, ya que es un alimento de alto consumo mundial, que tiene muy buen sabor y excelentes nutrientes, pero que contiene trazas de metales pesados, causando enfermedades a largo plazo (7).

En este contexto, este documento se enfoca en realizar una revisión bibliográfica sobre la presencia de iones de mercurio y plomo en diferentes especies de atún, fundamentalmente el *Thunnus thynnus*, y su impacto en la salud de los consumidores. Para ello se analizó la información publicada sobre la detección de mercurio y plomo en diferentes especies de atún, fundamentalmente *Thunnus thynnus*; se procesó a explicar los efectos toxicológicos que provoca en la salud el consumo de pescado contaminado; así como, detallar las causas y consecuencias de la contaminación y la bioacumulación de iones de mercurio y plomo en *Thunnus thynnus*. Adicionalmente, se diseñó y realizó una encuesta online sobre los metales pesados y su relación con la salud. Los resultados de esta encuesta sirvieron para conocer el nivel de información que tiene la población objeto de estudio sobre la presencia de metales pesados en pescados y las consecuencias de su ingesta en la salud de los consumidores.

## Materiales y métodos

### Tipo de investigación

Se realizó una investigación descriptiva y documental mediante búsqueda y análisis de artículos científicos, libros y publicaciones.

### Instrumentos para la recolección de datos

Encuesta online, realizada empleando la herramienta Microsoft Forms.

### Población y muestra

Comprende a individuos de diferentes sectores urbanos (Guayaquil), rurales y pesqueros (Posorja).

La muestra es de 166 personas de ambos sexos.

La edad de los encuestados fue de 16 años en adelante. La muestra es no probabilística, aplicando criterios de inclusión y exclusión.

#### Criterio de inclusión

- Individuos que vivan en sectores urbanos (Guayaquil), rurales y pesqueros principalmente (Posorja).
- Individuos con educación básica, bachillerato, superior y sin nivel académicos.
- Que tengan el hábito de consumir pescado.
- Mujeres en estado de gestación.

#### Criterio de exclusión

- Se descartaron aquellos individuos de cuyas edades eran menores de 16 años.
- Se excluyeron a individuos con discapacidad mental.

## Resultados

Tabla 1. Concentraciones de iones de mercurio y plomo en diferentes especies de thunnus

	Especie	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Método	País de estudio	Norma según el estudio	Autores(año)
Art 1		-	0,32	ICP-OES	España	Unión Europea	(García, 2018)
Art 2	Thunnus Thynnus	1,7	-	DT-CVAAS	Italia	FAO/OMS	(Annibaldi et al., 2019)
Art 3		0,84	-	AAS	Italia	Unión Europea	(Cammilleri et al., 2018)
Art 4		1,4	0,07	ICP-MS	Ecuador	FAO/OMS	(Araújo & Cedeño-Macias, 2016)
Art 5	Thunnus Albacares	0,50	-	DT-CVAAS	Ecuador	FAO/OMS	(Muñoz et al., 2016)
Art 6		-	0,07	ICP-OES	Ecuador	FAO/OMS	(Franco-Fuentes et al., 2021)
Art 7	Thunnus obesus	1,4	-	DT-CVAAS	Francia	Unión Europea	(Houssard et al., 2019)
Art 8		0,54	-	CV-AAS	Brasil	FAO/OMS	(De Alencar Goyanna, 2016)

	Especie	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Método	País de estudio	Norma según el estudio	Autores(año)
Art 9		-	0,10	ICP-MS	Portugal	FAO/OMS	(Raimundo et al., 2017)

ICP-OES: Espectrofotómetro de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo DT-CVAAS: espectrofotómetro de absorción atómica con Analizador de mercurio con descomposición térmica y amalgamación AAS: Espectrometría de absorción atómica ICP-MS: Espectrómetro de masas con plasma de acoplamiento inductivo CVAAS: espectrometría de absorción atómica con vapor frío.

Los datos proporcionados en la tabla 1 hacen referencia a los valores de Hg y Pb detectados en diferentes especies de Thunnus sp: Thunnus thynnus, Thunnus albacares y Thunnus obesus, capturadas en varias zonas del mar Mediterráneo, Océano Pacífico, y Océano Atlántico. De esta forma, es posible observar cual es la especie que más bioacumula iones de mercurio y plomo entre las publicaciones analizadas.

#### Análisis de los estudios relacionados con la especie

**Thunnus thynnus:** En un estudio realizado en las islas Canarias-España del (art 1), Fueron detectadas trazas de plomo (Pb), que sobrepasan el límite máximo permisible regulado por la legislación europea. Los ejemplares de thunnus thynnus presentan concentraciones muy elevadas de metales pesados (7). La investigación de las Islas Cerdeñas en Carloforte Tonnare- Italia, área del mar Mediterráneo (Art 2), se capturó y analizaron muestras de la especie thunnus thynnus, donde se detectó presencia de mercurio (Hg) en el músculo, la cual sobrepasa el límite legal establecido por la legislación europea (11). En el artículo 3 se desarrolló un estudio para detectar metales pesados en la especie thunnus thynnus procedente del mar Mediterráneo, donde se halló que el mercurio (Hg) se encuentra dentro de los límites máximos permitidos establecido por la legislación europea; solo 20 muestras de 205 alcanzaron niveles de mercurio por encima del límite legal (12).

#### Análisis de los estudios relacionados con la especie

**Thunnus albacares:** El análisis de metales pesados en el Pacífico Ecuatorial Oriental sobre ejemplares de Thunnus albacares (art 4) se halló que los niveles de mercurio (Hg) exceden los límites permitidos y los niveles de plomo no superan el límite legal por la FAO/OMS (13). El estudio en la reserva marina de las Galápagos y en las costas de Ecuador (art 5) se capturaron ejemplares de thunnus albacares se detectaron iones de mercurio que están dentro de los límites permisibles establecido por la FAO/OMS, asimismo, se concluyó que los individuos capturados en la zona continental presentaron valores menores de mercurio que las de reserva marina de las Galápagos (14). Respecto a la investigación en la biorregión Centro-Sureste de la reserva marina de las Galápagos (Art 6) se detectó presencia de plomo (Pb) en thunnus albacares, no obstante, están dentro de los límites establecidos por la legislación europea; aunque los niveles de mercurio detectados fueron bajos, se encontró niveles altos de Cd, pasando el límite permisible establecido por la FAO-Codex Alimentarius (15).

#### Análisis de los estudios relacionados con la especie

**Thunnus obesus:** En el océano Pacífico occidental y central (art 7) se capturaron especies de Thunnus obesus, donde se halló que el mercurio (Hg) excede los límites máximos permisibles dispuesto por la FAO/OMS (16). En el municipio de Areia Branca, ubicado en el estado de Rio Grande del Norte en Brasil (art 8) se analizaron ejemplares de thunnus obesus capturados en el océano Atlántico Ecuatorial Occidental, dando a conocer que los niveles de mercurio no exceden los límites máximos permitidos por la

FAO/OMS; solamente el 6,7 % del total de las muestras obtenidas superan el límite (17). En el océano Atlántico Sur se capturaron especies de thunnus obesus en tres zonas: áreas costeras de América del Sur (AM), cerca de Sudáfrica (AF) y en el mar abierto en el océano Atlántico Sur (OO) donde se evaluó los niveles de plomo, se dio a conocer que este contaminante está dentro de los límites establecido por la legislación europea (18).

A partir de los diferentes estudios analizados en los diferentes sistemas acuáticos (mar Mediterráneo, Océano Pacífico y Océano Atlántico), se evidencia mayoritariamente que existe contaminación por iones de mercurio y plomo. Una de las razones puede ser por la diferencia en la magnitud de emisiones antropogénicas y naturales para los distintos sectores estudiados. En zonas del mar mediterráneo la contaminación es de tipo antrópica. Por otro lado, en zonas del océano Pacífico, los niveles de mercurio en algunos casos superan los límites legales para el consumo humano, mientras que el plomo no excede de especificación. Es necesario mencionar que el archipiélago de las Galápagos es de origen volcánico y representa uno de los grupos de islas con mayor actividad volcánica, es decir que la contaminación por mercurio y plomo es de origen geológica. Adicionalmente, las concentraciones de iones de mercurio y plomo también dependen de la especie, tamaño y contenido de grasa y de la alimentación de los peces en aguas profundas.

### Resultados de la encuesta acerca de los metales pesados en pescado y su relación con la salud.

A continuación, se presentan las respuestas de cada una de las preguntas planteadas en la encuesta online. La información recopilada en cada caso fue analizada, a fin de conocer el nivel de información que tiene la población objeto de estudio en estos temas. Los resultados son mostrados en porcentajes (%).

#### 1. Aspectos demográficos de los encuestados

Gráfico 1. Género

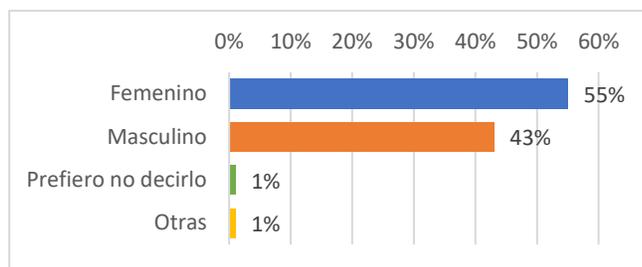


Gráfico 2. Rango de edad (años)

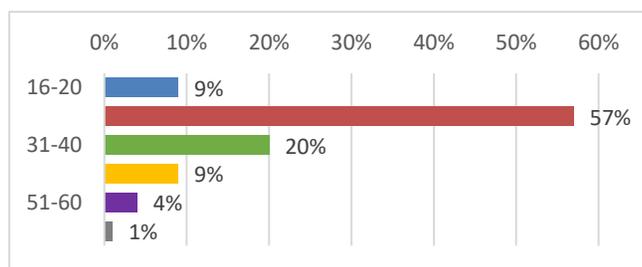
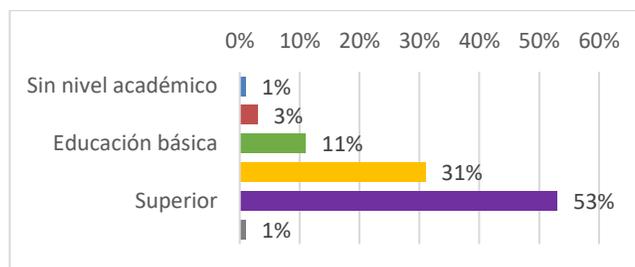


Gráfico 3. Nivel de estudio



El 55% de los encuestados fueron de género femenino. La mayoría de la población entrevistada (57%) está en un rango de edad entre los 21 y 30 años. el 53% tiene nivel de estudio superior, el 31% bachillerato, el 11% educación general básica.

#### 2. Grado de conocimiento sobre los metales pesados como mercurio (Hg) y plomo (Pb)

Gráfico 4. Grado de conocimiento sobre metales pesados: mercurio y plomo

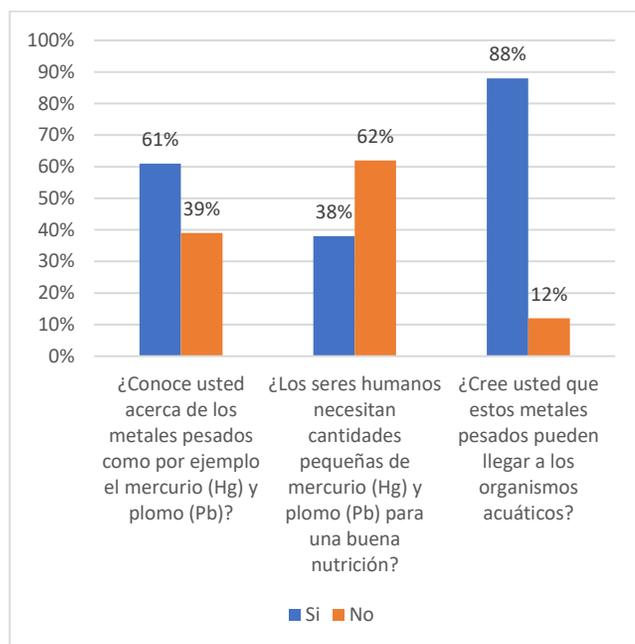
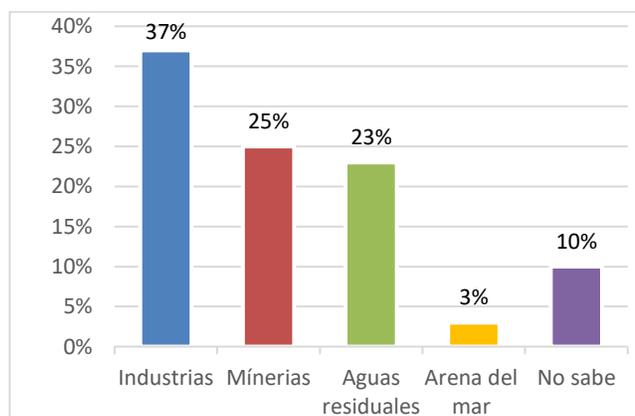


Gráfico 5. ¿Sabe cómo llegan estos metales a contaminar al medio marino?



Según los resultados presentados en el gráfico 4, el 61% de los encuestados tiene conocimiento sobre el mercurio (Hg) y plomo (Pb) y el 39% desconoce sobre estos metales pesados. El 62% de

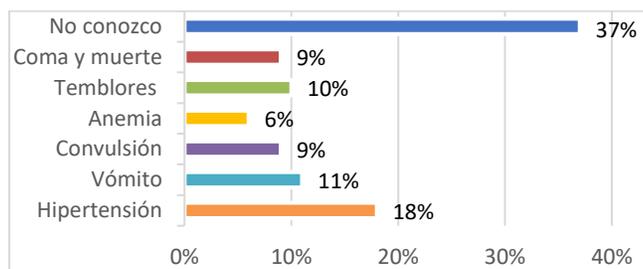
los encuestados están conscientes que los seres humanos no necesitan cantidades pequeñas de mercurio (Hg) y plomo (Pb) para una buena nutrición, sino todo lo contrario, pues son elementos tóxicos.

Asimismo, El 12% de los encuestados no creen que los metales pesados puedan llegar a los organismos acuáticos. Estas personas están en un grave peligro por desconocimiento, podrían estarse alimentando de peces que habitan en lugares contaminados. Los metales pesados llegan a los organismos acuáticos por las descargas de aguas residuales producto de diversas actividades antropogénicas principalmente de tipo industrial, lo que aumenta la concentración de los mismos en el agua (20).

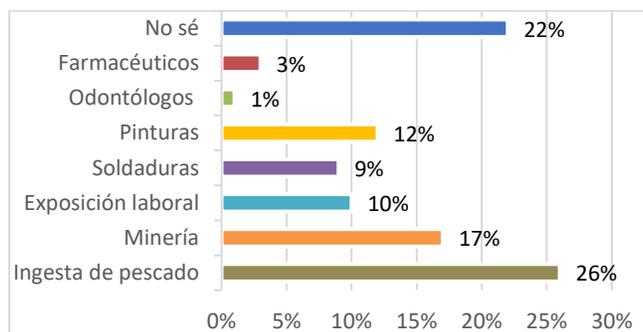
En el gráfico 5. El 37% de los encuestados consideran que la contaminación del medio marino llega a través de la industria, el 25% la minería, el 23% de las aguas residuales, el 10% manifiesto no saber; estudios al respecto del origen de la contaminación de las aguas superficiales han comprobado que estas sustancias tóxicas llegan a los mares a través de minas, granjas y fábricas que arrojan residuos químicos a los drenajes, y también a través del tratamiento inadecuado de residuos en vertederos privados (19).

### 3. Grado de conocimiento sobre efectos adversos de los metales pesados en la salud

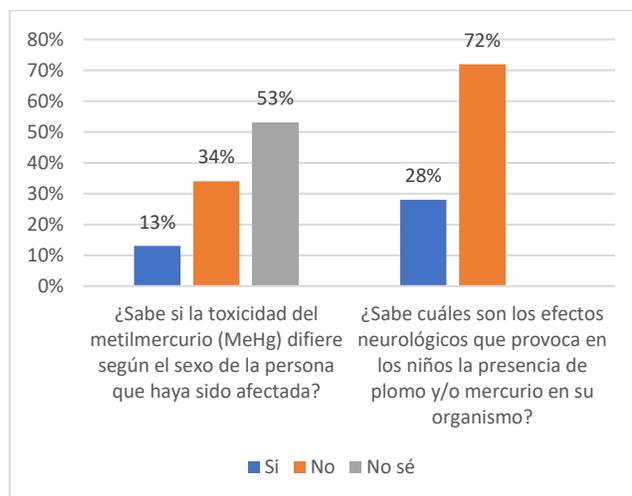
**Gráfico 6. ¿Conoce usted los efectos adversos que ocasionan el mercurio (Hg) y plomo (Pb) en la salud?**



**Gráfico 7. ¿Sabe cuál es la manera más común de contaminarse con mercurio (Hg) y plomo (Pb)?**



**Gráfico 8. Relación entre toxicidad del metilmercurio (MeHg) según el sexo y conocimiento de los efectos neurológicos del plomo y mercurio en niños**



Como se indica en el gráfico 6, el 37% de los encuestados afirman no conocer los efectos adversos que ocasionan estos metales pesados; investigaciones sobre el tema revelan que la intoxicación por estos metales provoca el aumento de presión, vómito, convulsiones, ataxia, trastornos del habla, temblores de manos y pies y en casos más graves se producía una encefalopatía grave que conducía al coma y muerte (21).

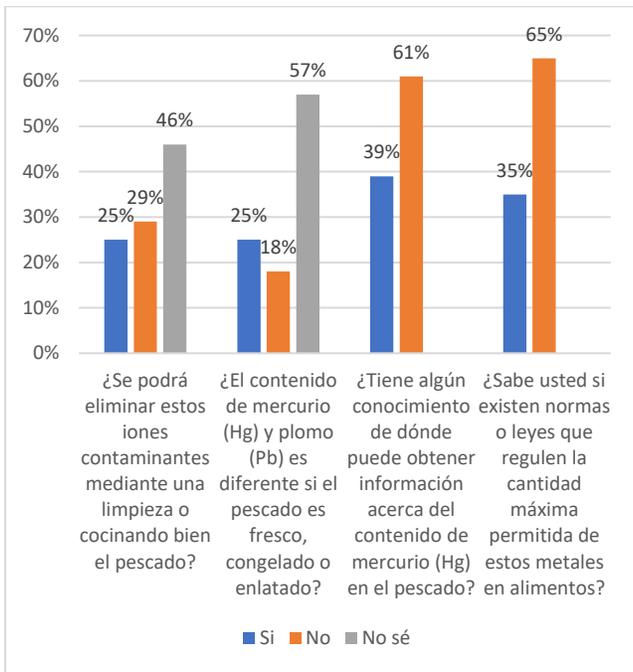
En lo señalado en el gráfico 7, el 26% de la población conoce que consumir pescado es una fuente de exposición para contaminarse con metales como mercurio y plomo; sin embargo, otro 22% ignora completamente que se pueden contaminar. Al respecto, la manera más común de contaminarse con mercurio y plomo a gran escala son las fuentes antropogénicas, a nivel de industria de plástico, la minería y la fundición con el uso de combustibles fósiles, carbón, gas y petróleo (22).

Con relación a si la toxicidad del metilmercurio difiere del sexo o no (gráfico 8), el 34% se basan en que no importa el sexo, la toxicidad se presenta de manera igual tantos hombres para mujeres. Un 53% desconoce totalmente del tema. No obstante, se conoce que las mujeres pueden más afectadas que los hombres en la edad adulta (23).

Respecto al conocimiento de los efectos neurológicos del plomo y mercurio en niños (gráfico 8), la mayor parte de los encuestados, un 72%, afirman no conocer los efectos neurológicos que provoca los iones contaminantes como el mercurio y plomo. Un 28% sí está informado de los daños que ocasionan estos agentes tóxicos. En el caso de la intoxicación por exposición a concentraciones altas de Hg y Pb en mujeres embarazadas, los neonatos sufrían un cuadro análogo a una parálisis cerebral grave, seguido de un retraso en su desarrollo, presentando ceguera, sordera (24).

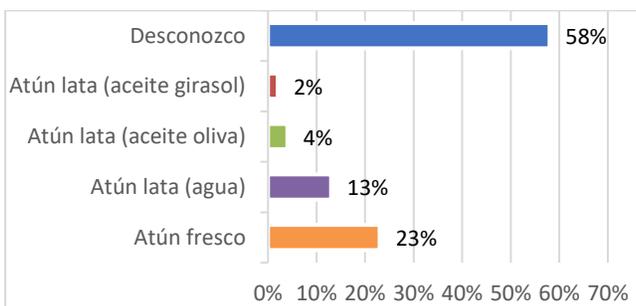
### 4. Grado de conocimiento sobre la contaminación y presencia de metales pesados en el atún que se consume

**Gráfico 9. Grado de conocimiento sobre la contaminación y presencia de metales pesados en el atún que se consume**



En el gráfico 9, se muestra que el 29% de los encuestados alegan que no se puede eliminar estos metales pesados y un 46% de la población no conoce del tema. Por otra parte, se expone que un 57% de la población no tiene conocimiento con relación al contenido de Hg y Pb en las tres formas de presentación del pescado. En relación a dónde obtener información acerca del contenido de mercurio (Hg) en el pescado, la población encuestada respondió mayoritariamente, con el 61%, que no tienen claro de las diferentes herramientas para obtener información acerca de los contaminantes como Hg y Pb. Finalmente, se puede conocer que hay un 65% de la población que no sabe que hay leyes que regulen la concentración permitida de estos contaminantes.

Gráfico 10. ¿Cuál de estas presentaciones de atún pueden contener mayor contenido de mercurio (Hg) y plomo (Pb)?



De igual forma, el 58% no tiene conocimiento con respecto a qué tipo de presentación de atún puede contener un mayor nivel de mercurio (Hg) y plomo (Pb) (gráfico 10).

## Discusión

Por medio de los resultados de esta encuesta se logró evidenciar el desconocimiento que tiene la población respecto a metales pesados y a los riesgos de problemas en la salud. Posorja es un sector pesquero donde se comercializa y se consume a diario productos del mar, fue uno de los sectores encuestados, donde

la mayoría de la población presentó desconocimiento con respecto a estos temas por ende es de vital importancia capacitar a la población en estos temas trascendentales con el fin de preservar su salud. Además, es un sector donde está expuesta a contaminación antropogénica por empresas industriales dedicadas a la elaboración de productos enlatados, donde todos sus desechos son arrojados al mar y al medio ambiente, contaminando así a los organismos acuáticos y a la población, por ende, se deberían establecer sistemas de monitorización que controlen estos iones tóxicos en las personas, mares y peces.

Los sistemas de biomonitorización son importantes para conocer la evolución de la exposición al metilmercurio en zonas donde se ha detectado la presencia de estos metales en medios marinos o en pescados. El estudio en niños, adultos, y en la población en general, es de vital importancia para conocer los posibles efectos sobre la salud que pueden provocar las diferentes concentraciones detectadas. Sin embargo, los sistemas de biomonitorización solo se emplean en países desarrollados como Estados Unidos, España, Portugal y Alemania para recolectar, analizar y utilizar información y hacer seguimiento a los trabajadores en el campo agrícola. Dicho procedimiento se realiza empleando muestras de sangre y sus fracciones, así como de orina, pero también pueden utilizarse tejidos y fluidos, como pelo, uñas o leche materna, entre otros (25).

En conclusión, la investigación de estudios previos, evidencia que los problemas que generan las altas concentraciones de mercurio y plomo en el medio acuáticos son las manifestaciones antropogénicas y naturales. Por otra parte, se pudo conocer que el consumo de pescado contaminado con metilmercurio desencadena problema principalmente en el desarrollo del sistema nervioso central en el feto y en el recién nacido, provocando alteraciones en el lenguaje, la atención y la memoria así también como bajo peso al nacer y prematuridad.

Los resultados analizados de las tres especies de atún presentan bioacumulación y biomagnificación de iones de mercurio y plomo. A diferencia de las especies *thunnus albacares* y *thunnus obesus* el *thunnus thynnus* tuvo un nivel mayor de concentración de contaminantes considerando la especie que más bioacumula y biomagnifica metales iones de mercurio y plomo.

Los encuestados, en las diferentes zonas urbanas, rurales y pesqueras demostraron poco conocimiento en temas de metales pesados en pescado y su relación con la salud. Es fundamental instruir a la población de manera rápida para que esté preparada y conozca de los riesgos del consumo de atún contaminado, y así evitar patologías a largo plazo.

## Referencias

1. Londoño Franco LF, Londoño Muñoz PT, Muñoz García FG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2016; 14(2): p. 145-153.
2. Núñez SC. Bioacumulación, toxicidad e interacción de metilmercurio y especies de selenio. 2017. Universidad Complutense de Madrid.
3. Gallegos S. Evaluación de metales pesados (mercurio, plomo y cadmio) en material de descarte de jurel (*Caranx Hippus*) en el Golfo de Urabá, caribe colombiano, como posible materia prima en la elaboración de subproductos. 2016. Universidad de

- Antioquia, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias.
4. Chalén F. Mercurio en sedimentos del litoral ecuatoriano, crucero de prospección pesquera T03/10/02D. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*. 2010; 4(2): p. 45-66.
  5. Quispe Yana RF, Belizario Quispe G, Chui Betancur HN, Huaquisto Cáceres S, Calatayud Mendoza AP, Yábar Miranda PS. Concentración de metales pesados: Cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. *Revista Boliviana de Química*. 2019; 2(36).
  6. Osorio García SD, Hernández Flores LJ, Sarmiento R, González Álvarez Y, Pérez Castiblanco DM, Barbosa Devia MZ, et al. Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013. *Revista de Salud Pública*. 2014; 16(4): p. 621-628.
  7. García González ÁM. Contenido de metales pesados tóxicos, elementos trazas y esenciales, y macronutrientes en *Thunnus thynnus* y *Scomber colias* en Tenerife, Islas Canarias, España. 2018. Universidad de La Laguna.
  8. Organización Mundial de la Salud. Intoxicación por plomo y salud. [Online].; 2018. Available from: <https://aire.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Biblioteca10C.Intoxicaci%C3%B3n-por-plomo-y-salud.pdf>.
  9. Organización Mundial de la Salud. Intoxicación por plomo. [Online].; 2021. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
  10. Ministerio de Comercio Exterior. Informe sobre el sector atunero ecuatoriano. [Online].; 2017. Available from: <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Reporte-del-sector-atunero.pdf>.
  11. Annibaldi A, Truzzi C, Carnevali O, Pignalosa P, Api M, Scarponi G, et al. Determination of Hg in Farmed and Wild Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus* L.) Muscle. *Molecules*. 2019; 24(7).
  12. Cammilleri G, Vazzana M, Arizza V, Giunta F, Vella A, Lo Dico G, et al. Mercury in fish products: What's the best for consumers between bluefin tuna and yellowfin tuna? *Natural Product Research*. 2018; 32(4): p. 457-462.
  13. Araújo CVM, Cedeño-Macias LA. Heavy metals in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) landed on the Ecuadorian coast. *Science of The Total Environment*. 2016; 541: p. 149-154.
  14. Muñoz L, Torres MdL, & Valle C. Ecología trófica, diversidad genética y contaminación por mercurio del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en la Reserva Marina de Galápagos y el continente ecuatoriano. 2016. Universidad San Francisco de Quito USFQ.
  15. Franco-Fuentes E, Moity N, Ramírez-González J, Andrade-Vera S, Hardisson A, González-Weller D, et al. Metals in commercial fish in the Galapagos Marine Reserve: Contribution to food security and toxic risk assessment. *Journal of Environmental Management*. 2021; 286: p. 1-12.
  16. Houssard P, Point D, Tremblay-Boyer L, Allain V, Pethybridge H, Masbou J, et al. A Model of Mercury Distribution in Tuna from the Western and Central Pacific Ocean: Influence of Physiology, Ecology and Environmental Factors. *Environmental Science & Technology*. 2019; 53(3): p. 1422-1431.
  17. De Alencar Goyanna FA. Distribuição de mercúrio em atuns (*Thunnus obesus* e *Thunnus albacares*) capturados no oceano atlântico oeste equatorial. 2016. Universidade Federal do Ceará.
  18. Raimundo J, Caetano M, Vale C, Coelho R, Homens MM, Dos Santos MN. Searching Relationships between Tissue Elemental Concentrations and Geographical Distribution of Bigeye Tuna (*Thunnus Obesus*) from the South Atlantic Ocean. *Journal of FisheriesSciences.com*. 2017; 11(2): p. 64-70.
  19. Pabón E, Benitez R, Sarria-Villa R, Gallo J. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. *Entre Ciencia e Ingeniería*. 2020; 14(27): p. 9-18.
  20. Salas-Mercado D, Hermoza-Gutiérrez M, Salas-Ávila D. Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del Río Crucero, PERÚ. *Revista Boliviana de Química*. 2020; 37(4): p. 185-193.
  21. Calva L, Torres MdR. Metales pesados y sus efectos en el organismo. 2004. Universidad Autónoma Metropolitana.
  22. Barraza MHE, Recavarren M, Sanzano P. Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea. 2018. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
  23. Gaioli M, Amoedo D, Gonzales D. Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Archivos Argentinos de Pediatría*. 2012; 110(3): p. 259-264.
  24. González-Estecha M. Documento de consenso sobre la prevención de la exposición al metilmercurio en España. *Nutrición Hospitalaria*. 2015; 31(1): p. 16-31.
  25. Ibarluzea J, Aurrekoetxea J, Porta M, Sunyer J, Ballester F. La biomonitorización de sustancias tóxicas en muestras biológicas de población general. *Elsevier Enhanced Reader*. 2016; 30(51): p. 45-54.

e

# Efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*

## Antifungal effect of cinnamon essential oil (*Cinnamomum zeylanicum*) on strains of *Aspergillus flavus* and *Penicillium expansum*

Margarita Cajas Palacios<sup>4</sup>, Armando Arias Duque<sup>2</sup>, Rafael Calle Chumo<sup>3</sup>, Liliana Cortez Suárez<sup>4</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*. El aceite esencial de canela (AEC) se obtuvo a través del método de hidrodestilación y fue almacenado a 4 °C. Se emplearon cuatro concentraciones al azar (30, 60, 90 y 100%) usando como disolvente dimetilsulfóxido. Las cepas se incubaron durante 7 días a 35°C en agar papa dextrosa para su crecimiento y formación de conidias, con excepción del control de calidad (*Candida albicans* ATCC 90028) que fue incubada durante 24 horas en agar Sabouraud dextrosa. Para determinar la actividad antimicótica se usó el método de difusión de disco en agar (Kirby-Bauer), concentración mínima inhibitoria (CMI) por microdilución en caldo y concentración mínima fungicida (CMF) mediante extendido en agar a partir de las respuestas de la CMI. Los resultados mostraron que todas las concentraciones presentaron inhibición del crecimiento para ambos hongos, siendo la concentración del 100% la que obtuvo mayor promedio en los halos de inhibición. La CMI fue de 0.0918 (AEC 90%) y 0.102 mg/ml (AEC 100%) solo para *Penicillium expansum*. En la CMF se transfirió 50 ul de cada pocillo inhibido sobre agar papa dextrosa durante 11 días a 25°C. No se presentó crecimiento después de ese tiempo. Demostrándose que el aceite esencial de canela no solo ejerce actividad como fungistático sino también como fungicida a determinadas concentraciones. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Microsoft Excel 2016.

**Palabras clave:** Canela, aceite, cinamaldehído, fungistático, fungicida.

### ABSTRACT

The present work aimed to determine the antifungal effect of cinnamon essential oil (*Cinnamomum zeylanicum*) on *Aspergillus flavus* and *Penicillium expansum*. Cinnamon essential oil (CEO) was obtained through a hydro-distillation method and stored at 4° C. Four random concentrations (30, 60, 90 and 100%) were used with dimethyl sulfoxide as solvent. The strains were incubated for 7 days at 35° C in potato dextrose agar for growth and conidium formation, with exception of the quality control (*Candida albicans* ATCC 90028) which was incubated for 24 hours in Sabouraud dextrose agar. As a way to determine the antifungal activity, the method of diffusion of agar disk (Kirby-Bauer) was used in this investigation, minimum inhibitory concentration (MIC) by microdilution in broth and minimum

---

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

Magister en Diseño Curricular, Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: armando.ariasd@ug.edu.ec, Código Orcid: 0000-0002-4636-7954

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; 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>.



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

fungicidal concentration (MFC) was used by spread in agar from the responses of the MIC. The results showed that all concentrations displayed growth inhibition for both fungi, in a concentration of 100% being the highest average in the inhibition halos. The MIC was 0.0918 (CEO 90%) and 0.102 mg/ml (CEO 100%) only for *Penicillium expansum*. In the MFC, 50 µl of each inhibited well was transferred onto potato dextrose agar for 11 days at 25° C. There was no growth after that time. Proving that cinnamon essential oil not only works as a fungistatic but also as a fungicide at certain concentrations. For the statistical analysis the Microsoft Excel 2016 program was used.

**Keywords:** Cinnamon, oil, cinnamaldehyde, fungistatic, fungicide.

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

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

## Introducción

Los alimentos están expuestos a la contaminación que se encuentra en el medio, generando sobre ellos agentes extraños que pueden producir la degradación de los mismos, además de ser perjudiciales para la salud del consumidor. La contaminación por hongos es una de las mayores problemáticas a nivel alimenticio, debido a que no solo ocasionan el deterioro de la calidad de los alimentos, sino que también conlleva a grandes pérdidas económicas (1,2,3).

El *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum* son los principales mohos que causan la degradación de frutas, hortalizas, cereales y frutos secos. Crecen en ambientes de alta humedad, pueden adherirse a los alimentos por lesiones durante la cosecha y postcosecha, además de condiciones de almacenamiento y transporte inadecuados (4,5).

Actualmente se han incrementado las investigaciones sobre los aceites esenciales que puedan coadyuvar en la defensa de los alimentos frente a estos fitopatógenos, siendo el aceite esencial de canela una gran alternativa contra ellos (6,7,8,9). El aceite esencial de canela se puede extraer de la hoja o de su corteza donde el ácido cinámico, cinamaldehído y el eugenol son unos de los principales metabolitos secundarios que ejercen la actividad antimicrobiana y antimicótica (10,11,12).

La presente investigación pretende evaluar el efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en diferentes concentraciones sobre el crecimiento de hongos filamentosos como *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*. Para ello, se procedió a obtener el aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) mediante el método de extracción de hidrodestilación, con la finalidad de determinar la actividad fungistática del aceite obtenido mediante la técnica de difusión de disco en agar (Kirby-Bauer) y concentración mínima inhibitoria (CMI). Finalmente, el estudio estableció la actividad fungicida del aceite obtenido mediante la concentración mínima fungicida (CMF).

En este contexto el problema está orientado a responder la siguiente interrogante ¿Tendrá efecto antifúngico el aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*?

En consecuencia, debido a que los alimentos se pueden contaminar ya sea por aire, agua, suelo, almacenamiento, transporte, procesado y distribución; lo que conlleva a cambios microbiológicos, físicos y químicos sobre estos, afectando a la calidad del producto, enormes pérdidas económicas, además de propiciar condiciones idóneas para el desarrollo de microorganismos como bacterias, levaduras y mohos (13).

Los mohos u hongos filamentosos son microorganismos causantes de la descomposición de los alimentos especialmente de frutas, cereales y hortalizas, la presencia de estos puede tener consecuencias diversas como la producción de metabolitos tóxicos para el ser humano conocidos como micotoxinas. Las especies más comunes pertenecen al género *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* y *Aspergillus* (14).

*Penicillium expansum* es un moho, más conocido como moho azul que sobrevive como saprófito, siendo uno de los patógenos más comunes en frutas como manzanas y peras. Es fácilmente aislado a partir del suelo, de cámaras frigoríficas y de cajas de madera utilizadas en la cosecha, transporte y almacenamiento (15). Además de contribuir al deterioro de frutas y hortalizas, este hongo produce las micotoxinas que se encuentran presentes como contaminantes de alimentos de consumo humano y animal (16).

El *Aspergillus flavus* es un hongo termotolerante, microtermofílico que afecta principalmente a cereales, semillas y frutos secos como maíz, sorgo, cebada, trigo, centeno, mijo, arroz, nueces y semillas de algodón. Se encuentra generalmente en los suelos y vegetales en descomposición, puede crecer incluso en alimentos con actividad de agua de 0.85. Es el principal productor de aflatoxinas; metabolito tóxico que ingerido en grandes cantidades produce efectos carcinógenos y mutagénicos (17).

De esta forma, se establece la necesidad de encontrar nuevas alternativas antifúngicas y que no sean tóxicas para el ser humano se ha vuelto una problemática debido a que existe una mayor tendencia a consumir alimentos más frescos y que no posean aditivos, la presente investigación se justifica en las limitaciones y efectos negativos que tienen los antifúngicos de origen sintético sobre los alimentos (18).

Los aceites esenciales han demostrado tener propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antiparasitarias, antiinflamatorias, antidiarreicas y antifúngicas (19). El aceite esencial de canela posee actividad antifúngica (18) siendo el aldehído cinámico (cinamaldehído) el principal componente antimicrobiano en la canela, no solo exhibe actividad antimicrobiana, sino que también inhibe el crecimiento de levaduras y mohos, incluyendo *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. (20).

Actualmente la industria alimenticia ha optado por los aceites esenciales como alternativa viable; dado a que estos compuestos naturales pueden llegar a ser efectivos, selectivos, biodegradables y menos tóxicos (19). La importancia del presente proyecto se basa en el uso de nuevos agentes antifúngicos de origen natural, como una alternativa para inhibir el crecimiento y desarrollo de hongos sobre los alimentos, siendo los consumidores los principales beneficiados. En Ecuador la aplicación de estos

extractos vegetales podría contribuir a disminuir efectos negativos ocasionados por los fungicidas sintéticos (21).

## Materiales y métodos

**Diseño investigación:** descriptiva correlacional

**Materiales:** Equipos, Aparatos y Reactivos.

**Procedimiento.** Se empleó el método de extracción por hidrodestilación y se obtuvieron 12 litros de extracto, los mismos que fueron almacenados y conservados en recipientes estériles a una temperatura de 4 °C; se separó el aceite esencial con la ayuda de una pipeta y se almaceno en un tubo de vidrio con tapa rosca hermética, protegido de la luz hasta su utilización. La Evaluación del efecto antifúngico del aceite esencial de canela se determinó mediante la técnica de difusión de disco en agar (22), (23). El inóculo se preparó a partir de un cultivo de 7 días a 35 °C en agar papa dextrosa, esto induce a que los hongos se desarrollen en su totalidad, además de la formación de conidios (22). Se utilizó caldo Sabouraud dextrosa para la suspensión que posteriormente se estandarizó a  $0.5 \times 10^4$  células/ml según la escala de McFarland para *Aspergillus flavus* (23) y  $1.0 \times 10^4$  células/ml para *Penicillium expansum* (24). Para la concentración mínima inhibitoria se hizo una dilución seriada en caldo Sabouraud dextrosa adicionado con DMSO 2% hasta obtener  $0.5 \times 10^4$  células/ml según la escala de McFarland para *Aspergillus flavus* (23) y  $1.0 \times 10^4$  células/ml para *Penicillium expansum*

### Preparación del inóculo de *Candida albicans* ATCC 90028 para el control de calidad

Se incubó la cepa de *Candida albicans* ATCC 90028 en agar Sabouraud a 35 °C durante 24 horas. La suspensión se preparó a partir de solución salina al 0.9% Luego se estandarizó a  $0.5 \times 10^6$  células/ml según la escala de McFarland. Para la CMI se realizó una dilución seriada usando caldo Infusión cerebro corazón hasta obtener  $0.5 \times 10^3$  células/ml según la escala de McFarland

### Preparación del control positivo (Itraconazol)

**Concentración mínima inhibitoria (CMI):** La solución madre se preparó a una concentración cien veces mayor a la que se va a emplear (1600 ug/ml), utilizando como disolvente dimetilsulfóxido. La CMI de itraconazol es de 16 a 0.03 ug/ml (25) por lo que se realizó diluciones seriadas dobles empleando caldo Sabouraud dextrosa. En el control de crecimiento se debe llenar 100 ul de caldo combinado con DMSO 2%. A las soluciones obtenidas se le realizaron una última dilución 1:50 con caldo Sabouraud, obteniendo como resultado la concentración de antifúngico dos veces mayor a la concentración final (32 – 0,0626 µg/ml)

**Difusión de disco en agar:** Se utilizo como referencia el método empleado para la CMI. A partir una solución madre de 1000 ug/ml, se transfirió 10 microgramos de esta solución de carga del antifúngico en el disco.

### Muestra Vegetal

Se adquirieron 4kg de corteza de *Cinnamomum zeylanicum* en el mercado central de Guayaquil, posteriormente fue almacenada en bolsas de plástico para su traslado y conservación.

Para la extracción del aceite esencial la corteza fue analizada verificando que no presente ningún tipo de contaminante o residuos no deseados que interfieran con el proceso de extracción.

### Microbiana

Las cepas *Aspergillus flavus*, *Penicillium expansum* y *Candida albicans* ATCC 90028 fueron proporcionadas por una institución pública.

### Análisis de datos o análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva usando Microsoft Excel 2016

### Hipótesis

El aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) actuará como antifúngico sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*.

## Resultados

### Efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en diferentes concentraciones 30, 60, 90 y 100%

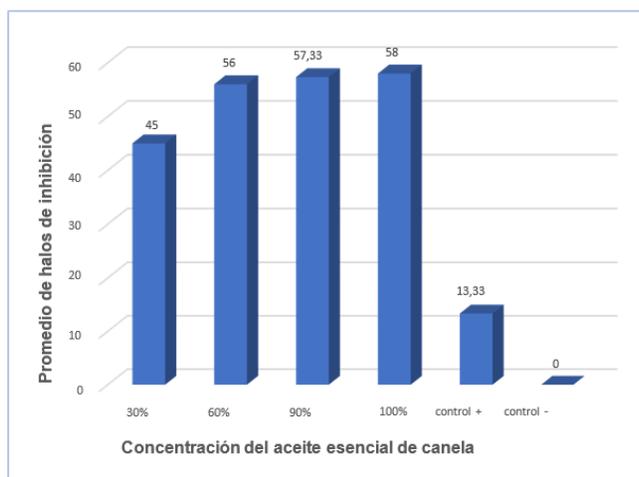
Tabla 1. Diámetro del halo de inhibición en cepa de *Aspergillus flavus* frente a cuatro concentraciones de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en un volumen de 10ul.

Volumen del aceite (ul)	Concentración del aceite (%)	Concentración del aceite en los discos (mg/ml)	Repeticiones	Diámetro de inhibición (mm)	Promedio (mm)
10	30	3.06	1	40	45
10	30	3.06	2	50	
10	30	3.06	3	45	
10	60	6.12	1	55	56
10	60	6.12	2	53	
10	60	6.12	3	60	
10	90	9.18	1	53	57.33
10	90	9.18	2	60	
10	90	9.18	3	59	
10	100	10.2	1	55	58
10	100	10.2	2	57	
10	100	10.2	3	62	

Fuente: Autores

En la tabla 1 se muestran los promedios de los halos de inhibición (mm) de las tres repeticiones producidas por las diferentes concentraciones del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) mediante el método de difusión del disco en agar (Kirby-Bauer), los resultados mostraron un mayor promedio de halo de inhibición con el volumen de 10 ul a la concentración de 100%.

**Gráfico 1. Comparación de las diferentes concentraciones de aceite esencial de canela frente a cepa de *Aspergillus flavus* a un volumen de 10ul**



Fuente: Autores

La gráfica 1 refleja los promedios de los halos de inhibición de las diferentes concentraciones del aceite esencial de canela frente *Aspergillus flavus* con un volumen de 10 ul obteniendo como resultado que la concentración de 100% tiene un promedio mayor a comparación con las demás concentraciones con 58mm, seguido de la concentración de 90% con un promedio de 57,33, mientras que las concentraciones de 60% y 30 % cuentan con un promedio de 56 mm y 45 mm respectivamente.

**Tabla 2 Diámetro del halo de inhibición en cepa de *Aspergillus flavus* frente a cuatro concentraciones de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en un volumen de 20ul.**

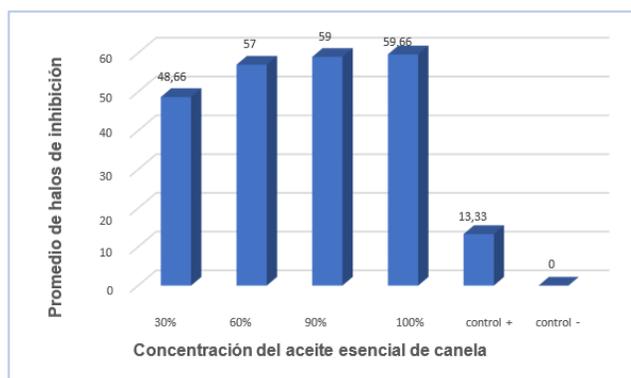
Volumen del aceite (ul)	Concentración del aceite (%)	Concentración del aceite en los discos (mg/ml)	Repeticiones	Diámetro de inhibición (mm)	Promedio (mm)
20	30	6.12	1	53	48.66
20	30	6.12	2	46	
20	30	6.12	3	47	
20	60	12.24	1	57	57
20	60	12.24	2	54	
20	60	12.24	3	60	
20	90	18.36	1	59	59
20	90	18.36	2	55	
20	90	18.36	3	63	
20	100	20.40	1	56	59.66
20	100	20.40	2	61	
20	100	20.40	3	62	

Fuente: Autores

La tabla 2 indica el promedio de las tres repeticiones de los diámetros de los halos de inhibición producido por las diferentes concentraciones del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) que se realizó mediante el método de difusión del disco (Kirby-Bauer), obteniendo resultados donde se muestra un

mayor promedio empleando un volumen de 20 ul a la concentración de 100%.

**Gráfico 2 Comparación de las diferentes concentraciones de aceite esencial de canela frente a cepa de *Aspergillus flavus* a un volumen de 20ul**



Fuente: Autores

La gráfica 2 muestra los promedios de los halos de inhibición de las concentraciones del aceite esencial de canela frente *Aspergillus flavus* empleando un volumen de 20 ul obteniendo como resultado que la concentración de 100% tiene un promedio mayor a comparación con las demás.

## Discusión

El estudio evaluó el efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum* mediante la técnica de difusión de disco en agar (Kirby-Bauer), mostrando sensibilidad en todas las concentraciones del aceite (30%, 60%, 90 y 100%) después de las 48 horas de incubación, los halos de inhibición se compararon según la escala de Duraffourd siendo la concentración del 100% en un volumen de 20 ul. la que obtuvo 59,66 promedio más alto en los halos de inhibición

Resultados similares se mostraron en el estudio de Caballero, Villacorta, & Vásquez, 2011 en el cual usaron concentraciones distintas de aceite esencial sobre *Aspergillus flavus* inhibiendo el crecimiento significativamente del hongo en agar chicha de maíz. En otro estudio realizado por Landero, et al., 2016 usaron aceite de canela a una concentración de 300 ul/L observándose inhibición del crecimiento micelial del *Penicillium expansum*.

En la concentración mínima inhibitoria ambos hongos presentaron resistencia con el antimicótico control positivo (itraconazol), en cambio con el aceite esencial de canela mostró inhibición solo para *Penicillium expansum* en concentraciones de 0.0918 (AEC 90%) y 0.102 mg/ml (AEC 100%) respectivamente, esto es debido a que el aceite esencial de canela contiene concentraciones altas de aldehído cinamático, principal componente antimicrobiano en la canela, con actividad antibacteriana, y que también inhibe el crecimiento de mohos (14).

Se demostró que el aceite esencial de canela ejerce actividad fungicida en la concentración mínima al no presentar crecimiento de *Penicillium expansum* después de los 11 días de incubación en agar papa dextrosa. Así también el estudio de Ramírez, López, Espinosa, & Wong, 2016 con respecto a los aceites de canela, inhibió totalmente el crecimiento y formación de conidias a concentración de 0.05% mostrando ser poseer efecto fungicida.

Con estos resultados, se puede concluir que el aceite esencial de canela posee efecto antifúngico in vitro sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*.

Se logró obtener el aceite esencial de canela a partir de la corteza de (*Cinnamomum zeylanicum*) mediante el método de extracción de hidrodestilación.

Ambos hongos presentaron sensibilidad frente a las concentraciones del aceite esencial de canela (30, 60, 90, 100%), siendo el 100% la que mostró mayor promedio en los halos de inhibición. Determinándose así la actividad fungistática del aceite de canela.

La concentración mínima inhibitoria en donde no existió crecimiento solo fue para *Penicillium expansum* con la concentración del aceite al 90 y 100%.

El aceite de canela posee actividad fungicida al inhibir el hongo *Penicillium expansum* por completo después de 11 días de incubación.

## Referencias

1. Amezqueta D. Evaluación del potencial antifúngico de los aceites esenciales comerciales de Canela (*Cinnamomum verum* J. Presl) y Laurel (*Laurus nobilis* L.) En el control de *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel, *Epicoccum nigrum* Link, *Curvularia hawaiiensis* Manamgod. [Tesis de grado]. Valencia; Universidad Politécnica De València; 2017.
2. Cordero AP, Vitola Romero D, Chamorro Anaya L. Actividad del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum*) contra *Colletotrichum gloeosporioides* de ñame (*Dioscorea alata*). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 2018 enero- junio; 21(1).
3. Caballero C, Villacorta L, Vásquez C. Efecto del aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y su combinación sobre la acción antifúngica en *Aspergillus flavus* en agar chicha de maíz (*Zea mays* L.), variedad morada. Pueblo Continente. 2011; 22(1).
4. Padrón HYM, Hernández Delgado S, Reyes Méndez CA, Vásquez Carrillo G. El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. Revista mexicana de fitopatología. 2013 diciembre; 31(2).
5. Xing Y, Li X, Xu Q, Yun, Lu Y. Antifungal activities of cinnamon oil against *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium expansum* in vitro and in vivo fruit test. International Journal of Food Science and Technology. 2010 junio; 45(9).
6. Barrera L, García L. Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. UDO Agrícola. 2008 Julio; 8(1).
7. Jácome J. Evaluación del efecto bactericida de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum verum*), jengibre (*Zingiber officinale*) y clave olor (*Syzygium aromaticum*) para aplicaciones agroindustriales. [Tesis de grado]. Quito: Universidad de las Américas; 2019.
8. Yucra OH. Efecto antimicótico in vitro del aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* "canela" sobre *Candida albicans*. [Tesis de grado]. Puno: Universidad nacional del altiplano de Puno; 2019.
9. Vega MBV, Cedeño Sares LA. Evaluación microbiológica de aceite esencial canela y clavo de olor en la conservación de carne molida de res tipo hamburguesa. [Tesis de grado]. Machala: Universidad técnica de Machala; 2019.
10. Guijarro MJE, Arroyo Bonilla, Arroyo Bonilla A, Castro García R, Santacruz Terán S, Armas Vega DC. Efecto antimicrobiano del cinamaldehído, timol, eugenol y quitosano sobre cepas de *Streptococcus mutans*. Revista cubana de Etimología. 2018 enero; 54(4).
11. Castillo K. Efecto sinérgico antifúngico del aceite esencial de canela "*Cinnamomum verum*" solo y acompañado con ketoconazol en cepas de *Candida albicans*. Estudio in vitro. [Tesis de grado]. Trujillo: Universidad César Vallejo; 2016 Universidad César Vallejo.
12. Fernández M. Evaluación de dos métodos para la determinación de la sensibilidad in vitro del complejo *Aspergillus terreus* frente antifúngicos. [Tesis de maestría]. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste; 2015 Universidad Nacional del Nordeste.
13. Kyanko MV, Russo ML, Fernández M, Pose G. Efectividad del Acido Peracético sobre la reducción de la carga de Esporas de Mohos causantes de Pudrición Poscosecha de Frutas y Hortalizas. Información tecnológica. 2010 mayo; 21(4): p. 126.
14. Moreno MÁP, González Alonso I, Martín de Santos R, García Lacarra T. Importancia del género *Alternaria* como productor de micotoxinas y agente causal de enfermedades humanas. Nutrición Hospitalaria. 2012 noviembre-diciembre; 27(6): p. 1772.
15. Cruz MES, Freitas Schwan-Estrada, Balbi-Peña, Terumi Itako A, Clemente E, Stangarlin J. Control del moho azul en poscosecha de manzana con productos naturales. Idesia (Arica). 2015 marzo-mayo; 33(2): p. 58.
16. Mendoza RS, Rodríguez Alvarado G, Fernández Pavía, Vásquez Marrufo G, Montero Castro, Benítez Malvido J. Micotoxinas: ¿Qué son y cómo afectan a la salud pública? Revista Digital Universitaria. 2017 Julio- Agosto; 18(6).
17. Ledezma PB, Bogantes-Ledezma, Bogantes- Ledezma. Aflatoxinas. Acta Médica Costarricense. 2004 octubre; 46(4).
18. Barrueto CS, Padova. Efecto antimicrobiano del aceite esencial y del extracto acuoso de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre *Candida albicans* Y *Streptococcus mutans*. Revista de investigaciones aplicadas. 2013 mayo- julio; 16(1).
19. Montero-Recalde M, Revelo I J, Avilés-Esquivel D, Valle V., Guevara-Freire D. Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre Cepas de Salmonella.

---

Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2017 octubre-diciembre; 28(4).

20. Saucedo ENR. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Ra Ximhai. 2011 enero-abril; 7(1).
21. Pazmiño PM, Velástegui Espín P, Curay S, Yáñez Yáñez W, Vásquez C. Efecto de los extractos hidro-etanólicos de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) y cola de caballo (*Equisetum arvense* L.) sobre la incidencia y severidad de *Botrytis cinerea* en fresa. Journal of the Selva Andina Biosphere. 2017 mayo; 5(1).
22. García P. Guía práctica de identificación y diagnóstico en micología clínica. Revista Iberoamericana de Micología. 2007 noviembre; 30(2).
23. Trajano VN, Lima EdO, Souza Sd. Actividad antifúngica del aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* Blume y Eugenol en *Aspergillus flavus*. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2012 agosto; 15(5): p. 785–793.
24. Landero N, Lara F, Aguado G, Hoyos A, Encarnación D, Pérez Y. Aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum*: alternativa de control para *Penicillium expansum* sobre pera en poscosecha. Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2016 junio- agosto; 7(5).
25. Teves REM. Evaluación de la susceptibilidad antifúngica in-vitro de tres especies de hongos causantes de queratitis fúngica: *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus* y *Fusarium solani* del gel oftálmico de voriconazol. [Tesis de Grado]. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2017 Universidad Peruana Cayetano Heredia Facultad de Ciencias y Filosofía "Alberto Cazorla Talleri".

# Intoxicación de monóxido de carbono en tabaquismo por carboxihemoglobina

## Carbon monoxide intoxication in tobacco due to carboxyhemoglobin

Rafael Calle Chumo<sup>5</sup>, Ana Alarcón Mite<sup>2</sup>, Liliana Cortez Suárez<sup>3</sup>, Armando Arias Duque<sup>4</sup>

### RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad dar a conocer a cada una de las personas investigadas los resultados de la muestra analizada, socializando el riesgo ante la exposición parcial o total al CO para crear conciencia sobre los efectos que esta causa sobre la salud, tomando como referencia los valores establecidos por la OMS. La investigación se inicia realizando una toma de muestra (sangre venosa) la cual se analiza cualitativamente (método de microdifusión mediante la cámara de Conway) y cuantitativamente (método espectrofotómetro UV-VIS) a las diferentes personas distribuidas por su condición de exposición (fumador, fumadores, exfumadores), con las variables de la edad, sexo, tiempo y frecuencia de consumo realizadas en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas, el promedio del contenido de COHb en la población estudiada (100 personas) es de 8.53% y se encuentra dentro del límite aceptable, la media según su condición en fumadores de 8.94%, fumadores pasivos 8.35% y exfumadores 8.23%. El estudio estadístico de los datos mencionados resultó con un valor p encontrado de 0.1622, indicando que no existe diferencia significativa entre ellos.

**Palabras clave:** Carboxihemoglobina, Monóxido de Carbono, Cámara de Conway, Espectrofotómetro UV-VIS.

### ABSTRACT

The purpose of this research is to make known to each of the persons investigated the results of the sample analyzed, socializing the risk of partial or total exposure to CO to raise awareness of the health effects of this cause, taking as a reference the values established by WHO. The research is initiated by taking a sample (venous blood) which is qualitatively analyzed (method of microcasting by the Conway chamber) and quantitatively (UV-VIS spectrophotometer method) to the different people distributed by their condition of exposure (smoker, passive smokers, ex-smokers), age, sex, time and frequency of consumption performed in the laboratories of the Faculty of Chemical Sciences, the average COHb content in the studied population (100 people) is 8.53% and is within the acceptable limit, the average according to their status in smokers of 8.94%, passive smokers 8.35% and ex-smokers 8.23%. The statistical study of the above data resulted in a found p-value of 0.1622, indicating that there is no significant difference between them.

**Keywords:** Carboxyhemoglobin, Carbon Monoxide, Conway Chamber, UV-VIS Spectrophotometer.

---

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 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](mailto:ana.alarconm@ug.edu.ec) , Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1326-8407> .

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](mailto:liliana.cortezs@ug.edu.ec) @ug.edu.ec, Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4030-7184>.

Magister en Diseño Curricular , Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: [armando.ariasd@ug.edu.ec](mailto:armando.ariasd@ug.edu.ec) , Código Orcid: 0000-0002-4636-7954



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

Received: Noviembre 20/11/2023

Accepted: Noviembre 20/11/2023

## Introducción

Hoy por hoy, las intoxicaciones agudas son una causa relevante de morbilidad y mortalidad en diversas edades, en especial la edad adulta. En adolescentes las intoxicaciones voluntarias se deben a la ingesta de alcohol, fármacos, drogas ilegales, y accidentes respecto a inhalaciones de gas, principalmente monóxido de carbono (CO) (1,2). Cabe señalar que un 60.0 % del CO está presente en el producto de la combustión de tabaco, biomasa y combustibles fósiles, el otro 40.0 % se encuentra de forma natural (3,4). Por otra parte, en menores de edad, las intoxicaciones accidentales se deben por la ingesta de fármacos, seguido por productos de limpieza, lejía, gases, entre otros (5,6). Una vez liberado el monóxido de carbono permanece hasta dos meses en la atmósfera, donde puede ser convertido en dióxido de carbono/anhidrido carbónico por interacción con otros gases o por medio de microorganismos. No se acumula en tejidos animales ni en plantas (3). En este sentido, el creciente interés de dicha problemática social y cultural se realizó por el aumento de causas de cáncer a nivel mundial, que según la OMS reportaron 157.2 casos por cada cien mil habitantes. Diario el Telégrafo indicó que la mortalidad en el Ecuador registró 21 personas por día debido al consumo excesivo de cigarrillo, registrando 7 798 por año, lo cual genera el 13.4 % de muertes según el Ministerio de Salud Pública de Ecuador (7,8).

Seguidamente, una de las causas de intoxicación es la magnitud de exposición al monóxido de carbono, cuando las personas inhalan concentraciones elevadas de CO, este gas (9,10,11,12) entra al torrente sanguíneo aumentando la concentración de carboxihemoglobina y afectando de manera negativa la cantidad de oxígeno que disminuye en la sangre (3,13,14), provocando problemas en el metabolismo celular; la exposición continua además puede provocar enfermedades cardíacas, respiratorias, anemias y trastornos estructurales de la hemoglobina (15,16). La concentración de CO en el aire representa aproximadamente el 75.0 % de los contaminantes emitidos a la atmósfera; sin embargo, es una molécula estable que no afecta directamente a la vegetación o los materiales. Su importancia radica en los daños que puede causar a la salud humana al permanecer expuestos por períodos prolongados a concentraciones elevadas de este contaminante (17,18). Las fuentes de exposición al monóxido de carbono se detectan en el tráfico de vehículos, el humo del cigarrillo y aparatos que funcionan con gas, gasolina o quema de madera (5), asimismo, se ha examinado que existe fácil absorción por medio de los pulmones, pasa a la circulación y se une a la hemoglobina (3).

La afinidad de la hemoglobina por el CO es 200-300 veces mayor que por el oxígeno; tanto así que una concentración de 50.0 % de COHb se puede alcanzar con niveles de CO inspirado de 0,08 %, una exposición de 1 hora a una concentración de 0,1 % puede llevar a niveles de COHb de 80.0 % (19,20). Por ello, el CO desplaza el oxígeno y produce una disminución de transporte de oxígeno a los tejidos, generando hipoxia (21,22). Aunado a lo anterior, al unirse produce un cambio alostérico en la conformación de la proteína que genera una desviación de la curva de disociación de la hemoglobina hacia la izquierda por mayor dificultad de la cesión de oxígeno al llegar a los tejidos (4, 23, 24, 25).

En este sentido, el propósito de la presente investigación es determinar los niveles de concentración de carboxihemoglobina como producto de intoxicación por monóxido de carbono en fumadores, fumadores pasivos y exfumadores, para la identificación de valores fuera del rango admitido, y registrar los datos para extender los resultados hacia futuras investigaciones que presenten exposición parcial o total al monóxido de carbono en diversos escenarios.

## Materiales y métodos

La presente investigación es de tipo descriptivo/experimental y pretende comparar los niveles de carboxihemoglobina en fumadores, fumadores pasivos y exfumadores por intoxicación de monóxido de carbono proveniente del humo del cigarrillo. La población de estudio está constituida por cien personas, clasificadas de la siguiente manera: 36 fumadores, 42 fumadores pasivos y 22 exfumadores, de los cuales se cuentan con 59 hombres y 41 mujeres comprendidos entre edades de 19 años a 64 años.

### Procedimiento

#### Método de extracción al vacío: obtención de muestra.

##### *Fase pre-analítica*

#### 1. Preparación del paciente

- Se procede a que el paciente firme el consentimiento informado antes de la extracción sanguínea y se le explica la técnica a realizar.
- Indicar al paciente la posición del brazo (brazo extendido y la palma de la mano hacia arriba), y que se retire la ropa que le oprima por encima del lugar de punción y debe encontrarse en una posición estable (sentado o recostado).

#### 2. Lavado y desinfección de manos

#### 3. Preparación del material para la extracción

#### 4. Guantes

##### *Fase analítica*

#### 1. Recolección de la muestra. - Vacutainer

#### 2. Selección de la zona de punción

#### 3. Venopunción

##### *Fase post-analítica*

1. Identificación de la muestra. Cada tubo de muestra de sangre fue rotulado con un código único por cada paciente.

#### Método de Microdifusión (Cámara de Conway)

#### 1. Inspeccionar limpieza y secado de cámaras de conway.

2. Enumerar cámaras para muestras de sangre y cámara para blanco.

3. Colocar gotas de agua en los cuatros extremos de las cámaras para su posterior cierre hermético.

4. Colocar 2 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 10.0 % en el compartimiento externo de la cámara (reactivo liberador).
5. Colocar 2 mL de PdCl<sub>2</sub> 0.10 % en HCl 0.01 N en el compartimiento interno (reactivo fijador).
6. Colocar 2 mL de sangre total en el compartimiento externo al lado opuesto donde se vertió el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
7. Tapar inmediatamente la cámara.
8. Homogenizar varias veces hasta que se mezcle totalmente la sangre con el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
9. Dejar en reposo de 2-3 horas a temperatura ambiente en superficie plana.
10. Transcurrido el tiempo destapar. Para el análisis cualitativo observar si hay presencia de un barniz metálico (presencia de Pd<sup>0</sup>).

### Método espectrofotométrico UV-VIS

1. Diluir 100 µL de sangre sin centrifugar con 20 mL de solución de hidróxido de amonio 0.1%.
2. Adicionar 20 mg de Ditionito de Sodio sólido para reducir la oxihemoglobina a hemoglobina.
3. Leer las absorbancias inmediatamente en celdas de 1 cm con agua como blanco a 538.0 nm (máxima absorbancia de carboxihemoglobina) y 578.0 nm (punto isobéptico de la carboxihemoglobina y hemoglobina).
4. Cada muestra de sangre se analiza por triplicado.
5. Registrar las absorbancias obtenidas.
6. Hacer los cálculos respectivos para obtener el % COHb.

### Hipótesis:

**Ho:** Niveles de concentración de carboxihemoglobina permitidos.

**Hi:** Niveles de concentración de carboxihemoglobina no permitidos.

### Resultados

Tabla 1. Características de la población de estudio con relación a la presencia de CO

Presencia de CO (barniz metálico)	Cantidad (%)
Poca presencia	70.0
Presencia media	25.0
Mucha presencia	5.0

Fuente: Autores

En la tabla 1, se muestra que el 70.0 % de la población tuvo poca presencia de CO, el 25.0 % tuvo presencia media de CO y el 5.0 % obtuvo mucha presencia de CO en muestras de sangre asistidas por el método de microdifusión [Cámara de Conway], lo que nos indica que toda la población de estudio se encuentra expuesta a la contaminación de forma directa o indirecta.

Tabla 2. Medición porcentual de carboxihemoglobina: exposición del individuo al CO

Condición de Exposición	x̄%	S.D.	x̄ ± S.D.	P	Rango	
					Mínimo	Máximo

Fumadores	8.94	0.27	8.94 % ± 0.27		8.67	9.21
Fumadores pasivos	8.35	0.25	8.35 % ± 0.25	0.1622	8.10	8.60
Exfumadores	8.23	0.34	8.23 % ± 0.34		7.89	8.57

Fuente: Autores

En la tabla 2, se muestran los valores mínimos, máximos, los promedios y la desviación estándar del % COHb en relación con la condición de exposición del individuo al CO, dado que en todos los casos la dispersión de los resultados es mínima entre los 3 grupos, aunque en el grupo de exfumadores la desviación estándar es mayor lo que quiere decir que los valores están más dispersos a comparación de los otros grupos, siendo el valor mínimo de 8.67%

y el máximo de 9.21%, con una media de 8.94% en fumadores. En fumadores pasivos el valor mínimo de 8.10% y el máximo de 8.60%, con una media de 8.35% y finalmente en exfumadores su valor mínimo de 7.89% y el máximo de 8.57%, con una media de 8.23%. En fumadores el %COHb es mayor que a los fumadores pasivos y exfumadores debido que una persona que fume un promedio de 20 cigarrillos por día alcance un nivel de concentración de COHb de 5-10%, lo mismo ocurre en las personas que viven en ambientes con elevados niveles de humo de tabaco, y este estudio se comprueba que tanto como fumadores, fumadores pasivos y exfumadores tienen una concentración entre 5-10% debido a la exposición del humo del cigarrillo.

Se aplicó Anova con el método de comparación LSD Fisher para realizar el análisis de varianza que comparo las medias % COHb en relación con la condición de exposición del individuo al CO obteniéndose el resultado del valor p=0.1622. Es decir que, si p>0.05 entonces no se encontró diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%, lo cual indica que las medias se comportan aproximadamente iguales para este grupo de estudio.

Tabla 3. Medición porcentual de carboxihemoglobina: relación al sexo.

Sexo	x̄%	S.D.	x̄ ± S.D.	P	Rango	
					Mínimo	Máximo
Hombres	8.48	0.21	8.48% ± 0.21	0.7253	8.27	8.69
Mujeres	8.60	0.25	8.60% ± 0.25		8.35	8.85

Fuente: Autores

Dado que en todos los casos la dispersión de los resultados es mínima entre los 2 grupos, aunque en el grupo de mujeres la desviación estándar es mayor lo que quiere decir que los valores están más dispersos a comparación del otro grupo. Siendo el valor mínimo de 8.27% y el máximo de 8.69%, con una media de 8.48% en hombres y en mujeres el valor mínimo de 8.35% y el máximo de 8.85%, con una media de 8.60%.

Debido a que la dispersión menor de las medias en el grupo de hombres, el %COHb en el grupo de mujeres es mayor esto se debe que los valores de hemoglobina de las mujeres son menores por ello captará menos oxígeno a la sangre y como el CO con más afinidad a la hemoglobina tendrá la facilidad de desplazar el oxígeno y el %COHb aumentará por la falta de oxígeno en la sangre.

Se aplicó Anova con el método de comparación LSD Fisher para realizar el análisis de varianza que comparo las medias % COHb en relación con el sexo obteniéndose el resultado del valor p=

0.7253, es decir que  $p > 0.05$  y por ello no se encontró diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%, lo cual indica que las medias se comportan aproximadamente iguales para este grupo de estudio.

Tabla 4. Medición porcentual de carboxihemoglobina: relación a la edad.

Rango de edad	f <sub>i</sub>	$\bar{x}$ %	S.D.	$\bar{x} \pm S.D.$	P	Rango	
						Mínimo	Máximo
19 – 27 años	73	8.60	0.19	8.60 ± 0.19	0.6770	8.41	8.79
28 – 36 años	11	8.43	0.49	8.43 ± 0.49		7.94	8.92
37 – 45 años	9	8.08	0.54	8.08 ± 0.54		7.54	8.62
46 – 54 años	4	9.24	0.81	9.24 ± 0.81		8.43	10.05
55 – 64 años	3	7.73	0.94	7.73 ± 0.94		6.79	8.67

Fuente: Autores

En la tabla 4, se muestran los valores mínimos, máximos, los promedios y la desviación estándar del % COHb en relación con la edad, dado que en todos los casos la dispersión de los resultados es mayor entre los grupos, aunque en las edades entre 55 a 64 años la desviación estándar es mayor. Es decir que, los valores están más dispersos a comparación de los otros grupos, siendo el valor mínimo de 8.41% y el máximo de 8.79%, con una media de 8.60% en edades entre 19 a 27 años; en edades entre 28 a 36 años el valor mínimo es de 7.94% y el máximo de 8.92% con una media de 8.43%; en edades entre 37 a 45 años el valor mínimo es de 7.54% y el máximo de 8.62% con una media de 8.08; en edades entre 46 a 54 años el valor mínimo es de 8.43% y el máximo de 10.05 con una media de 9.24% y en edades entre 55 a 64 años el valor mínimo es de 6.79% y el máximo de 8.67% con una media de 7.73% siendo este último debido a que las 4 personas del estudio son exfumadores por el cual es la media del %COHb es bajo a los demás.

Se aplicó Anova con el método de comparación LSD Fisher para realizar el análisis de varianza que comparo las medias % COHb en relación con la edad obteniéndose el resultado del valor  $p = 0.6770$ , es decir que  $p > 0.05$  y por ello no se encontró diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%, lo cual indica que las medias se comportan aproximadamente iguales para este grupo de estudio.

Tabla 5. Medición porcentual de carboxihemoglobina: relación al tiempo de consumo.

Tiempo de consumo	$\bar{x}$ %	S.D.	$\bar{x} \pm S.D.$	P	Rango	
					Mínimo	Máximo
0 años	8.35	0.25	8.35 ± 0.25	0.5818	8.10	8.60
1 – 12 años	8.69	0.22	8.69 ± 0.22		8.47	8.91
13 – 37 años	8.45	0.66	8.45 ± 0.66		7.79	9.11

Fuente: Autores

Realizado el estudio de los %COHb en la tabla 5, se muestra el tiempo de consumo, en donde los consumidores que tenían entre 13 a 37 años dan como resultados valores máximo de 9.11%, esto indica que existe relación entre el tiempo de consumo de cigarrillo y la concentración de COHb en la sangre. En el gráfico 10 si se compara la media de %COHb se observa que los que nunca han consumido un cigarrillo con una media de 8.35 % a diferencia a los

que llevan entre 1 a 12 años consumiendo una media de 8.69 %, lo cual indica que mayor tiempo de consumo el %COHb va aumentar esto se debe al tiempo de exposición con el CO, al contrario los que llevaron entre 13 a 37 años consumiendo lo dejaron de hacer hace un tiempo atrás son exfumadores por eso el %COHb disminuyo con el tiempo porque dejaron de fumar y esto también se lo puede relacionar con la edad mencionado en la tabla 4.

Se aplicó Anova con el método de comparación LSD Fisher para realizar el análisis de varianza que comparo las medias % COHb en relación con el tiempo de consumo obteniéndose el resultado del valor  $p = 0.5818$ , es decir que  $p > 0.05$  y por ello no se encontró diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95.0 %, lo cual indica que las medias se comportan aproximadamente iguales para este grupo de estudio.

Tabla 6. Medición porcentual de carboxihemoglobina: relación a la frecuencia de consumo.

Tiempo de consumo	$\bar{x}$ %	S.D.	$\bar{x} \pm S.D.$	P	Rango	
					Mínimo	Máximo
Nunca	8.35	0.25	8.35 ± 0.25	0.5169	8.10	8.60
Ocasiones	8.81	0.45	8.81 ± 0.45		8.36	9.26
Diario	8.75	0.38	8.75 ± 0.38		8.37	9.13
1 vez – semana	7.90	1.62	7.90 ± 1.62		6.28	9.52
2 veces – semana	7.80	0.54	7.80 ± 0.54		7.26	8.34
3 veces – semana	8.77	0.47	8.77 ± 0.47		8.30	9.24

Fuente: Autores

Realizado el estudio de los %COHb en la tabla 6, en relación con la frecuencia de consumo muestra los que consumen 4 veces a la semana dan como resultados valores máximo de 10.20%, esto indica que existe relación entre la frecuencia de consumo y dependerá de la cantidad de cigarrillo este fume al día o veces a la semana. Pero si lo comparamos con lo que consumen 4 veces a la semana con una media de 9.48 % el %COHb aumenta debido a la frecuencia de consumo y también dependerá de la cantidad de cigarrillo que fume el individuo por ello el valor aumenta.

Se aplicó Anova con el método de comparación LSD Fisher para realizar el análisis de varianza que comparo las medias % COHb en relación con la frecuencia de consumo obteniéndose el resultado del valor  $p = 0.5169$ , es decir que  $p > 0.05$  y por ello no se encontró diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95.0 %, lo cual indica que las medias se comportan aproximadamente iguales para este grupo de estudio.

## Discusión

Como promedio el contenido de COHb en la población estudiada es de 8.53% encontrándose dentro del límite aceptable; en fumadores (36 individuos) es de 8.94%, fumadores pasivos (42 individuos) 8.35% y exfumadores (22 individuos) 8.23%. Siendo el valor  $p = 0.1622$ ; dependiendo el sexo hombres 8.48% y en mujeres 8.60% con valor  $p = 0.7253$ ; de acuerdo a la edad de 19-27 años 8.60%, 28-36 años 8.43%, 37-45 años 8.08%, 46-54 años 9.24% y de 55- 64 años una media de 7.73% y  $p = 0.6670$ ; en relación al tiempo de consumo 0 años 8.35%, 1-12 años 8.69% y

13.37 8.45%, y el valor  $p = 0.5818$ ; de acuerdo a la frecuencia de consumo 0 veces o pasivos 8.35%, consumo diario 8.75%, 1 vez a la semana 7.90%; 2 veces a la semana 7.80%; 3 veces a la semana 8.77%; 4 veces a la semana 9.48% y ocasionalmente 8.81% con un valor  $p = 0.5169$ . Por último, el análisis estadístico Anova permite anular la hipótesis planteada por motivo que no se encontró comparaciones estadísticamente significativas entre los grupos de población analizados ( $p > 0.05$ ).

En conclusión, la determinación de Co-Hb en fumadores activos y pasivos constituye una medición objetiva del grado de exposición al humo del tabaco. Los fumadores activos están más expuestos al humo del tabaco que los fumadores pasivos. La concentración de Co-Hb en los fumadores activos depende de forma directa y lineal del número de cigarrillos o tabacos consumidos, y está relacionado positivamente con el grado de absorción del humo. Los fumadores pasivos tienen niveles de Carboxihemoglobina que reflejan exposición al humo del tabaco emitido por los fumadores activos, lo que significa un riesgo para su salud. Los niveles de concentración de COHb como producto de la intoxicación por monóxido de carbono en la población de estudio del sur de Guayaquil, 2019 no se encuentran fuera del rango normal en personas fumadoras. Las personas que no son fumadoras tienen un %COHb promedio elevado de 8.6 (normal de 2 a 4%) se debe a la inhalación indirecta de humo del cigarrillo de los fumadores y/o el humo de los buses o autos en mal estado.

Aunque no hay valores promedios fuera de rango de especificaciones ( $> 10\%$ ) en la población estudiada se sugiere a las personas evitar o disminuir el consumo de cigarrillo. Se recomienda a todas las personas el uso de mascarillas especialmente a las personas no fumadoras para evitar la inhalación de CO dentro de la ciudad por la sobrepoblación de automóviles y buses que emiten este tipo de gases. Se recomienda evitar el humo del tabaco ubicándose en la zona de fumadores. No fumar en espacios cerrados (como viviendas, oficinas, restaurantes), ni en presencia niños, adultos mayores, personas enfermas, mujeres embarazadas. El medio de exposición al monóxido de carbono no solo se encuentra en personas fumadoras y sus alrededores, también se encuentra en el aire contaminado por lo tanto tratar de no realizar actividades al aire libre en momentos de mayor contaminación. Como se ha mencionado antes no solo el humo del tabaco produce monóxido de carbono si no también el humo de la cocina y en los datos obtenidos se demuestra que las mujeres tienen un nivel de CO un poco más elevado que los hombres, por lo que se recomienda abrir puertas y ventanas en el momento de cocinar; además de apagar los artefactos de gas apenas se deje de usar.

## Referencias

- Ruiz RM. Determinación de niveles de contaminación por monóxido de carbono en trabajadoras de fortillerías a base de leña de la Ciudad de Guatemala. 2011.
- Bejarano, M. y Prieto, F. Estudio de la intoxicación por monóxido de carbono y otros gases en Colombia notificados al Sivigila en los años 2010 y 2011. 2014.
- Buchelli, H.; Fernández, R.; Rubinos, G.; Martínez, C.; Rodríguez, F. y Casan, P. 2014. Niveles elevados de carboxihemoglobina: fuentes de exposición a monóxido de carbono. Archivos de Bronconeumología. Elsevier España. 50(11); 465-468.
- Bolaños, P., y Chacón, C. Intoxicación por Monóxido de Carbono. Medicina Legal de Costa Rica. 2017; 34(1): p. 137-146.
- Fleta, J.; Fons, C.; Amauda, P.; Ferrer, A. y Olivares, J. 2005. Intoxicación por monóxido de carbono. Anales de Pediatría. Barcelona, España. 62(6): 587-90.
- Ramirez, H., Ivarez, R., Cuadrado, G., Gonzalez, C., & Jerez, F. Elevated Carboxyhemoglobin: Sources of Carbon Monoxide Exposure. Archivos de Bronconeumología. 2014 noviembre; 50: p. 465-468.
- MSP se adhiere a la campaña «El tabaco, una amenaza para nuestro medio ambiente» – Ministerio de Salud Pública. (s. f.). <https://www.salud.gob.ec/msp-se-adhiere-a-la-campana-el-tabaco-una-amenaza-para-nuestro-medio-ambiente/>
- OMS. Organización Mundial de la Salud. [Online].; 2014. Available from: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/indoor-air-pollution/es/>
- Heredia CG. Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en habitantes de la ciudad de Azogues. 2014.
- Durán VT. Determinación de carboxihemoglobina al inicio y final de jornada laboral en trabajadores de estaciones de servicio-gasolineras de la zona sur-oeste de la ciudad de Cuenca. 2015.
- Saravi, A., Torolla, J., y Fernandez, C. Intoxicación por monóxido de carbono. [Online].;2018. Available from: [http://www.medicinainfantil.org.ar/images/stories/volumen/2018/xxv\\_1\\_063.pdf](http://www.medicinainfantil.org.ar/images/stories/volumen/2018/xxv_1_063.pdf).
- Bravo, S.M., y Mora, S.C. Determinación de Carboxihemoglobina al Inicio y Final de Jornada Diurna en Vendedores de Kioscos en el Área de Embaque del Terminal Terrestre de Cuenca. 2016.
- Ortiz, S.D., y Mamani, W.C. Intoxicación por Monóxido de Carbono. Revista de Actualización Clínica. 2013; 36: p. 1842-1846.
- Rosas R. Riesgo Toxicológico del Monóxido de Carbono en el Ambiente Laboral de la Empresa Consorcio Revisión Vehicular. 2014.
- Quispe SV. Determinación de los niveles de carboxihemoglobina en los policías de tránsito de la ciudad de Tacna. 2017.
- Vasquez M. Intoxicaciones advertidas y ocultas por monóxido de carbono en el Área Sanitaria do Salnés. 2013.
- Nuñez RR. Determinación de los Niveles de Carboxihemoglobina y Repercusión en la Salud de los Trabajadores del Botadero Municipal de la Ciudad de Ambato. 2015 mayo.

- 
18. Reyes W. Determinación de los Niveles de Carboxihemoglobina en los Conductores de Transporte Público de la Ciudad de Arequipa. 2017.
  19. Yungaicela, G. D., y Bermeo, R. V. Evaluación del grado de exposición al monóxido de carbono mediante la medición de carboxihemoglobina en agentes de tránsito que laboran en las zonas sur y norte de Guayaquil. 2016.
  20. Fernández, E.M., y Figueroa, D.A. Tabaquismo y su relación con las enfermedades cardiovasculares. Revista Habanera de Ciencias Médicas. 2018; 17(2): p. 225-235.
  21. Ruiz, M., Rodríguez, I., Rubio, C., Revert, C., y Hardisson, A. Efectos tóxicos del tabaco. Revista de Toxicología. 2004; 21(2-3): p. 64-71.
  22. Le-Bert, M., y Prado, B., Tabaco y piel. Revista Chilena Dermatol. 2011; 27(3): p. 286-299.
  23. Oliu, G.; Nogué, S. y Miró, O. 2010. Intoxicación por monóxido de carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento. Comisión de Formación Continuada. Sistema Nacional de Salud. Barcelona, España. 22 (2010): 451-459.
  24. Sibón, A.; Martínez, P.; Vizcaya, M. y Romero, J. 2007. Intoxicación por monóxido de carbono. Cuadernos de Medicina Forense. Cádiz, España. 13 (47):65- 69.
  25. Clardy, P.; Manaker, S. y Perry, H. 2015. Carbon monoxide poisoning. UpToDate.

e

# Efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*

## Antifungal effect of cinnamon essential oil (*Cinnamomum zeylanicum*) on strains of *Aspergillus flavus* and *Penicillium expansum*

Margarita Cajas Palacios<sup>6</sup>, Armando Arias Duque<sup>2</sup>, Rafael Calle Chumo<sup>3</sup>, Liliana Cortez Suárez<sup>4</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*. El aceite esencial de canela (AEC) se obtuvo a través del método de hidrodestilación y fue almacenado a 4 °C. Se emplearon cuatro concentraciones al azar (30, 60, 90 y 100%) usando como disolvente dimefilsulfóxido. Las cepas se incubaron durante 7 días a 35°C en agar papa dextrosa para su crecimiento y formación de conidias, con excepción del control de calidad (*Candida albicans* ATCC 90028) que fue incubada durante 24 horas en agar Sabouraud dextrosa. Para determinar la actividad antimicótica se usó el método de difusión de disco en agar (Kirby-Bauer), concentración mínima inhibitoria (CMI) por microdilución en caldo y concentración mínima fungicida (CMF) mediante extendido en agar a partir de las respuestas de la CMI. Los resultados mostraron que todas las concentraciones presentaron inhibición del crecimiento para ambos hongos, siendo la concentración del 100% la que obtuvo mayor promedio en los halos de inhibición. La CMI fue de 0.0918 (AEC 90%) y 0.102 mg/ml (AEC 100%) solo para *Penicillium expansum*. En la CMF se transfirió 50  $\mu$ l de cada pocillo inhibido sobre agar papa dextrosa durante 11 días a 25°C. No se presentó crecimiento después de ese tiempo. Demostrándose que el aceite esencial de canela no solo ejerce actividad como fungistático sino también como fungicida a determinadas concentraciones. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Microsoft Excel 2016.

**Palabras clave:** Canela, aceite, cinamaldehído, fungistático, fungicida.

### ABSTRACT

The present work aimed to determine the antifungal effect of cinnamon essential oil (*Cinnamomum zeylanicum*) on *Aspergillus flavus* and *Penicillium expansum*. Cinnamon essential oil (CEO) was obtained through a hydro-distillation method and stored at 4° C. Four random concentrations (30, 60, 90 and 100%) were used with dimethyl sulfoxide as solvent. The strains were incubated for 7 days at 35° C in potato dextrose agar for growth and conidium formation, with exception of the quality control (*Candida albicans* ATCC 90028) which was incubated for 24 hours in Sabouraud dextrose agar. As a way to determine the antifungal activity, the method of diffusion of agar disk (Kirby-Bauer) was used in this investigation, minimum inhibitory concentration (MIC) by microdilution in broth and minimum fungicidal concentration (MFC) was used by spread in agar from the responses of the MIC. The results showed that all concentrations

---

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

Magister en Diseño Curricular, Docente de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: armando.ariasd@ug.edu.ec, Código Orcid: 0000-0002-4636-7954

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; 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>.



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

---

displayed growth inhibition for both fungi, in a concentration of 100% being the highest average in the inhibition halos. The MIC was 0.0918 (CEO 90%) and 0.102 mg/ml (CEO 100%) only for *Penicillium expansum*. In the MFC, 50 µl of each inhibited well was transferred onto potato dextrose agar for 11 days at 25° C. There was no growth after that time. Proving that cinnamon essential oil not only works as a fungistatic but also as a fungicide at certain concentrations. For the statistical analysis the Microsoft Excel 2016 program was used.

**Keywords:** Cinnamon, oil, cinnamaldehyde, fungistatic, fungicide.

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

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

## Introducción

Los alimentos están expuestos a la contaminación que se encuentra en el medio, generando sobre ellos agentes extraños que pueden producir la degradación de los mismos, además de ser perjudiciales para la salud del consumidor. La contaminación por hongos es una de las mayores problemáticas a nivel alimenticio, debido a que no solo ocasionan el deterioro de la calidad de los alimentos, sino que también conlleva a grandes pérdidas económicas (1,2,3).

El *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum* son los principales mohos que causan la degradación de frutas, hortalizas, cereales y frutos secos. Crecen en ambientes de alta humedad, pueden adherirse a los alimentos por lesiones durante la cosecha y postcosecha, además de condiciones de almacenamiento y transporte inadecuados (4,5).

Actualmente se han incrementado las investigaciones sobre los aceites esenciales que puedan coadyuvar en la defensa de los alimentos frente a estos fitopatógenos, siendo el aceite esencial de canela una gran alternativa contra ellos (6,7,8,9). El aceite esencial de canela se puede extraer de la hoja o de su corteza donde el ácido cinámico, cinamaldehído y el eugenol son unos de los principales metabolitos secundarios que ejercen la actividad antimicrobiana y antimicótica (10,11,12).

La presente investigación pretende evaluar el efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en diferentes concentraciones sobre el crecimiento de hongos filamentosos como *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*. Para ello, se procedió a obtener el aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) mediante el método de extracción de hidrodestilación, con la finalidad de determinar la actividad fungistática del aceite obtenido mediante la técnica de difusión de disco en agar (Kirby-Bauer) y concentración mínima inhibitoria (CMI). Finalmente, el estudio estableció la actividad fungicida del aceite obtenido mediante la concentración mínima fungicida (CMF).

En este contexto el problema está orientado a responder la siguiente interrogante ¿Tendrá efecto antifúngico el aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*?

En consecuencia, debido a que los alimentos se pueden contaminar ya sea por aire, agua, suelo, almacenamiento, transporte, procesado y distribución; lo que conlleva a cambios microbiológicos, físicos y químicos sobre estos, afectando a la calidad del producto, enormes pérdidas económicas, además de propiciar condiciones idóneas para el desarrollo de microorganismos como bacterias, levaduras y mohos (13).

Los mohos u hongos filamentosos son microorganismos causantes de la descomposición de los alimentos especialmente de frutas, cereales y hortalizas, la presencia de estos puede tener consecuencias diversas como la producción de metabolitos tóxicos para el ser humano conocidos como micotoxinas. Las especies más comunes pertenecen al género *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* y *Aspergillus* (14).

*Penicillium expansum* es un moho, más conocido como moho azul que sobrevive como saprófito, siendo uno de los patógenos más comunes en frutas como manzanas y peras. Es fácilmente aislado a partir del suelo, de cámaras frigoríficas y de cajas de madera utilizadas en la cosecha, transporte y almacenamiento (15). Además de contribuir al deterioro de frutas y hortalizas, este hongo produce las micotoxinas que se encuentran presentes como contaminantes de alimentos de consumo humano y animal (16).

El *Aspergillus flavus* es un hongo termotolerante, microtermófilo que afecta principalmente a cereales, semillas y frutos secos como maíz, sorgo, cebada, trigo, centeno, mijo, arroz, nueces y semillas de algodón. Se encuentra generalmente en los suelos y vegetales en descomposición, puede crecer incluso en alimentos con actividad de agua de 0.85. Es el principal productor de aflatoxinas; metabolito tóxico que ingerido en grandes cantidades produce efectos carcinógenos y mutagénicos (17).

De esta forma, se establece la necesidad de encontrar nuevas alternativas antifúngicas y que no sean tóxicas para el ser humano se ha vuelto una problemática debido a que existe una mayor tendencia a consumir alimentos más frescos y que no posean aditivos, la presente investigación se justifica en las limitaciones y efectos negativos que tienen los antifúngicos de origen sintético sobre los alimentos (18).

Los aceites esenciales han demostrado tener propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antiparasitarias, antiinflamatorias, antidiarreicas y antifúngicas (19). El aceite esencial de canela posee actividad antifúngica (18) siendo el aldehído cinámico (cinamaldehído) el principal componente antimicrobiano en la canela, no solo exhibe actividad antimicrobiana, sino que también inhibe el crecimiento de levaduras y mohos, incluyendo *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. (20).

Actualmente la industria alimenticia ha optado por los aceites esenciales como alternativa viable; dado a que estos compuestos naturales pueden llegar a ser efectivos, selectivos, biodegradables y menos tóxicos (19). La importancia del presente proyecto se basa en el uso de nuevos agentes antifúngicos de origen natural, como una alternativa para inhibir el crecimiento y desarrollo de hongos sobre los alimentos, siendo los consumidores los principales beneficiados. En Ecuador la aplicación de estos extractos vegetales podría contribuir a disminuir efectos negativos ocasionados por los fungicidas sintéticos (21).

## Materiales y métodos

**Diseño investigación:** descriptiva correlacional

**Materiales:** Equipos, Aparatos y Reactivos.

**Procedimiento.** Se empleó el método de extracción por hidrodestilación y se obtuvieron 12 litros de extracto, los mismos que fueron almacenados y conservados en recipientes estériles a una temperatura de 4 °C; se separó el aceite esencial con la ayuda de una pipeta y se almaceno en un tubo de vidrio con tapa rosca hermética, protegido de la luz hasta su utilización. La Evaluación del efecto antifúngico del aceite esencial de canela se determinó mediante la técnica de difusión de disco en agar (22), (23). El inóculo se preparó a partir de un cultivo de 7 días a 35 °C en agar papa dextrosa, esto induce a que los hongos se desarrollen en su totalidad, además de la formación de conidios (22). Se utilizó caldo Sabouraud dextrosa para la suspensión que posteriormente se estandarizó a  $0.5 \times 10^4$  células/ml según la escala de McFarland para *Aspergillus flavus* (23) y  $1.0 \times 10^4$  células/ml para *Penicillium expansum* (24). Para la concentración mínima inhibitoria se hizo una dilución seriada en caldo Sabouraud dextrosa adicionado con DMSO 2% hasta obtener  $0.5 \times 10^4$  células/ml según la escala de McFarland para *Aspergillus flavus* (23) y  $1.0 \times 10^4$  células/ml para *Penicillium expansum*

#### Preparación del inóculo de *Candida albicans* ATCC 90028 para el control de calidad

Se incubó la cepa de *Candida albicans* ATCC 90028 en agar Sabouraud a 35 °C durante 24 horas. La suspensión se preparó a partir de solución salina al 0.9% Luego se estandarizó a  $0.5 \times 10^6$  células/ml según la escala de McFarland. Para la CMI se realizó una dilución seriada usando caldo Infusión cerebro corazón hasta obtener  $0.5 \times 10^3$  células/ml según la escala de McFarland

#### Preparación del control positivo (Itraconazol)

**Concentración mínima inhibitoria (CMI):** La solución madre se preparó a una concentración cien veces mayor a la que se va a emplear (1600 ug/ml), utilizando como disolvente dimetilsulfóxido. La CMI de itraconazol es de 16 a 0.03 ug/ml (25) por lo que se realizó diluciones seriadas dobles empleando caldo Sabouraud dextrosa. En el control de crecimiento se debe llenar 100 ul de caldo combinado con DMSO 2%. A las soluciones obtenidas se le realizaron una última dilución 1:50 con caldo Sabouraud, obteniendo como resultado la concentración de antifúngico dos veces mayor a la concentración final (32 – 0,0626 µg/ml)

**Difusión de disco en agar:** Se utilizo como referencia el método empleado para la CMI. A partir una solución madre de 1000 ug/ml, se transfirió 10 microgramos de esta solución de carga del antifúngico en el disco.

#### Muestra Vegetal

Se adquirieron 4kg de corteza de *Cinnamomum zeylanicum* en el mercado central de Guayaquil, posteriormente fue almacenada en bolsas de plástico para su traslado y conservación.

Para la extracción del aceite esencial la corteza fue analizada verificando que no presente ningún tipo de contaminante o residuos no deseados que interfieran con el proceso de extracción.

#### Microbiana

Las cepas *Aspergillus flavus*, *Penicillium expansum* y *Candida albicans* ATCC 90028 fueron proporcionadas por una institución pública.

#### Análisis de datos o análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva usando Microsoft Excel 2016

#### Hipótesis

El aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) actuará como antifúngico sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*.

#### Resultados

##### Efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en diferentes concentraciones 30, 60, 90 y 100%

Tabla I. Diámetro del halo de inhibición en cepa de *Aspergillus flavus* frente a cuatro concentraciones de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en un volumen de 10ul.

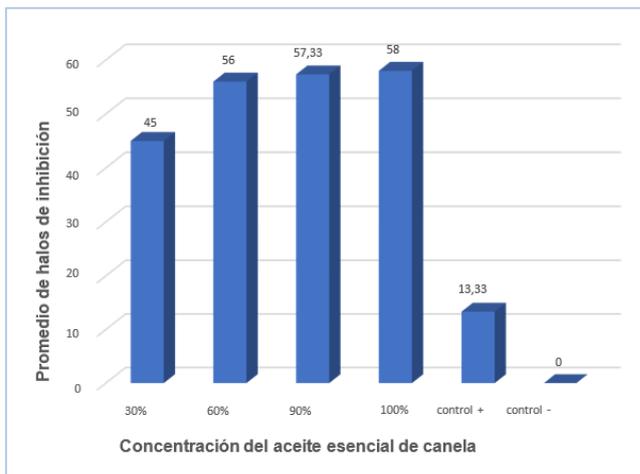
Volumen del aceite (ul)	Concentración del aceite (%)	Concentración del aceite en los discos (mg/ml)	Repeticiones	Diámetro de inhibición (mm)	Promedio (mm)
10	30	3.06	1	40	45

Volumen del aceite (ul)	Concentración del aceite (%)	Concentración del aceite en los discos (mg/ml)	Repeticiones	Díámetro de inhibición (mm)	Promedio (mm)
10	30	3.06	2	50	
10	30	3.06	3	45	
10	60	6.12	1	55	56
10	60	6.12	2	53	
10	60	6.12	3	60	57.33
10	90	9.18	1	53	
10	90	9.18	2	60	
10	90	9.18	3	59	58
10	100	10.2	1	55	
10	100	10.2	2	57	
10	100	10.2	3	62	

Fuente: Autores

En la tabla 1 se muestran los promedios de los halos de inhibición (mm) de las tres repeticiones producidas por las diferentes concentraciones del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) mediante el método de difusión del disco en agar (Kirby-Bauer), los resultados mostraron un mayor promedio de halo de inhibición con el volumen de 10 ul a la concentración de 100%.

**Gráfico 1. Comparación de las diferentes concentraciones de aceite esencial de canela frente a cepa de *Aspergillus flavus* a un volumen de 10ul**



Fuente: Autores

La gráfica 1 refleja los promedios de los halos de inhibición de las diferentes concentraciones del aceite esencial de canela frente *Aspergillus flavus* con un volumen de 10 ul obteniendo como resultado que la concentración de 100% tiene un promedio mayor a comparación con las demás concentraciones con 58mm, seguido de la concentración de 90% con un promedio de 57,33, mientras que las concentraciones de 60% y 30 % cuentan con un promedio de 56 mm y 45 mm respectivamente.

**Tabla 2 Diámetro del halo de inhibición en cepa de *Aspergillus flavus* frente a cuatro concentraciones de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en un volumen de 20ul.**

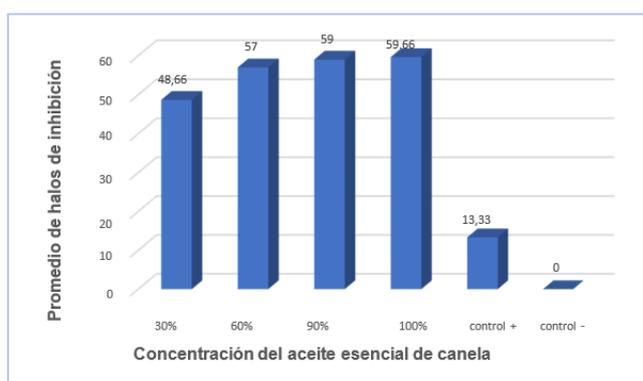
Volumen del aceite (ul)	Concentración del aceite (%)	Concentración del aceite en los discos (mg/ml)	Repeticiones	Díámetro de inhibición (mm)	Promedio (mm)
20	30	6.12	1	53	48.66
20	30	6.12	2	46	

Volumen del aceite (ul)	Concentración del aceite (%)	Concentración del aceite en los discos (mg/ml)	Repeticiones	Diámetro de inhibición (mm)	Promedio (mm)
20	30	6.12	3	47	
20	60	12.24	1	57	
20	60	12.24	2	54	57
20	60	12.24	3	60	
20	90	18.36	1	59	
20	90	18.36	2	55	59
20	90	18.36	3	63	
20	100	20.40	1	56	
20	100	20.40	2	61	59.66
20	100	20.40	3	62	

Fuente: Autores

La tabla 2 indica el promedio de las tres repeticiones de los diámetros de los halos de inhibición producido por las diferentes concentraciones del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) que se realizó mediante el método de difusión del disco (Kirby-Bauer), obteniendo resultados donde se muestra un mayor promedio empleando un volumen de 20 ul a la concentración de 100%.

**Gráfico 2 Comparación de las diferentes concentraciones de aceite esencial de canela frente a cepa de *Aspergillus flavus* a un volumen de 20ul**



Fuente: Autores

La gráfica 2 muestra los promedios de los halos de inhibición de las concentraciones del aceite esencial de canela frente a *Aspergillus flavus* empleando un volumen de 20 ul obteniendo como resultado que la concentración de 100% tiene un promedio mayor a comparación con las demás.

## Discusión

El estudio evaluó el efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum* mediante la técnica de difusión de disco en agar (Kirby-Bauer), mostrando sensibilidad en todas las concentraciones del aceite (30%, 60%, 90 y 100%) después de las 48 horas de incubación, los halos de inhibición se compararon según la escala de Duraffourd siendo la concentración del 100% en un volumen de 20 ul. la que obtuvo 59,66 promedio más alto en los halos de inhibición

Resultados similares se mostraron en el estudio de Caballero, Villacorta, & Vásquez, 2011 en el cual usaron concentraciones distintas de aceite esencial sobre *Aspergillus flavus* inhibiendo el crecimiento significativamente del hongo en agar chicha de maíz. En otro estudio realizado por Landero, et al., 2016 usaron aceite de canela a una concentración de 300 ul/L observándose inhibición del crecimiento micelial del *Penicillium expansum*.

En la concentración mínima inhibitoria ambos hongos presentaron resistencia con el antimicótico control positivo (itraconazol), en cambio con el aceite esencial de canela mostró inhibición solo para *Penicillium expansum* en concentraciones de 0.0918 (AEC 90%) y 0.102 mg/ml (AEC 100%) respectivamente, esto es debido a que el aceite esencial de canela contiene concentraciones altas de aldehído cinámico, principal componente antimicrobiano en la canela, con actividad antibacteriana, y que también inhibe el crecimiento de mohos (14).

Se demostró que el aceite esencial de canela ejerce actividad fungicida en la concentración mínima al no presentar crecimiento de *Penicillium expansum* después de los 11 días de incubación en agar papa dextrosa. Así también el estudio

---

de Ramírez, López, Espinosa, & Wong, 2016 con respecto a los aceites el de canela, inhibió totalmente el crecimiento y formación de conidias a concentración de 0.05% mostrando ser poseer efecto fungicida.

Con estos resultados, se puede concluir que el aceite esencial de canela posee efecto antifúngico in vitro sobre cepas de *Aspergillus flavus* y *Penicillium expansum*.

Se logró obtener el aceite esencial de canela a partir de la corteza de (*Cinnamomum zeylanicum*) mediante el método de extracción de hidrodestilación.

Ambos hongos presentaron sensibilidad frente a las concentraciones del aceite esencial de canela (30, 60, 90, 100%), siendo el 100% la que mostró mayor promedio en los halos de inhibición. Determinándose así la actividad fungistática del aceite de canela.

La concentración mínima inhibitoria en donde no existió crecimiento solo fue para *Penicillium expansum* con la concentración del aceite al 90 y 100%.

El aceite de canela posee actividad fungicida al inhibir el hongo *Penicillium expansum* por completo después de 11 días de incubación.

## Referencias

26. Amezcqueta D. Evaluación del potencial antifúngico de los aceites esenciales comerciales de Canela (*Cinnamomum verum* J. Presl) y Laurel (*Laurus nobilis* L.) En el control de *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzell, *Epicoccum nigrum* Link, *Curvularia hawaiiensis* Manamgod. [Tesis de grado]. Valencia; Universidad Politécnica De València; 2017.
27. Cordero AP, Vitola Romero D, Chamorro Anaya L. Actividad del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum*) contra *Colletotrichum gloeosporioides* de ñame (*Dioscorea alata*). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 2018 enero- junio; 21(1).
28. Caballero C, Villacorta L, Vásquez C. Efecto del aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y su combinación sobre la acción antifúngica en *Aspergillus flavus* en agar chicha de maíz (*Zea mays* L.), variedad morada. Pueblo Continente. 2011; 22(1).
29. Padrón HYM, Hernández Delgado S, Reyes Méndez CA, Vázquez Carrillo G. El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. Revista mexicana de fitopatología. 2013 diciembre; 31(2).
30. Xing Y, Li X, Xu Q, Yun, Lu Y. Antifungal activities of cinnamon oil against *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium expansum* in vitro and in vivo fruit test. International Journal of Food Science and Technology. 2010 junio; 45(9).
31. Barrera L, García L. Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. UDO Agrícola. 2008 Julio; 8(1).
32. Jácome J. Evaluación del efecto bactericida de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum verum*), jengibre (*Zingiber officinale*) y clave olor (*Syzygium aromaticum*) para aplicaciones agroindustriales. [Tesis de grado]. Quito: Universidad de las Américas; 2019.
33. Yucra OH. Efecto antimicótico in vitro del aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* "canela" sobre *Candida albicans*. [Tesis de grado]. Puno: Universidad nacional del altiplano de Puno; 2019.

34. Vega MBV, Cedeño Sares LA. Evaluación microbiológica de aceite esencial canela y clavo de olor en la conservación de carne molida de res tipo hamburguesa. [Tesis de grado]. Machala: Universidad técnica de Machala; 2019.
35. Gujarró MJE, Arroyo Bonilla, Arroyo Bonilla A, Castro García R, Santacruz Terán S, Armas Vega DC. Efecto antimicrobiano del cinamaldehído, timol, eugenol y quitosano sobre cepas de *Streptococcus mutans*. Revista cubana de Etimología. 2018 enero; 54(4).
36. Castillo K. Efecto sinérgico antifúngico del aceite esencial de canela "*Cinnamomum verum*" solo y acompañado con ketoconazol en cepas de *Candida albicans*. Estudio in vitro. [Tesis de grado]. Trujillo: Universidad César Vallejo; 2016 Universidad César Vallejo.
37. Fernández M. Evaluación de dos métodos para la determinación de la sensibilidad in vitro del complejo *Aspergillus terreus* frente antifúngicos. [Tesis de maestría]. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste; 2015 Universidad Nacional del Nordeste.
38. Kyanko MV, Russo ML, Fernández M, Pose G. Efectividad del Acido Peracético sobre la reducción de la carga de Esporas de Mohos causantes de Pudrición Poscosecha de Frutas y Hortalizas. Información tecnológica. 2010 mayo; 21(4): p. 126.
39. Moreno MÁP, González Alonso I, Martín de Santos R, García Lacarra T. Importancia del género *Alternaria* como productor de micotoxinas y agente causal de enfermedades humanas. Nutrición Hospitalaria. 2012 noviembre-diciembre; 27(6): p. 1772.
40. Cruz MES, Freitas Schwan-Estrada, Balbi-Peña, Terumi Itako A, Clemente E, Stangarlin J. Control del moho azul en poscosecha de manzana con productos naturales. Idesia (Arica). 2015 marzo-mayo; 33(2): p. 58.
41. Mendoza RS, Rodríguez Alvarado G, Fernández Pavía, Vázquez Marrufo G, Montero Castro, Benítez Malvido J. Micotoxinas: ¿Qué son y cómo afectan a la salud pública? Revista Digital Universitaria. 2017 Julio- Agosto; 18(6).
42. Ledezma PB, Bogantes-Ledezma, Bogantes- Ledezma. Aflatoxinas. Acta Médica Costarricense. 2004 octubre; 46(4).
43. Barreto CS, Padova. Efecto antimicrobiano del aceite esencial y del extracto acuoso de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre *Candida albicans* Y *Streptococcus mutans*. Revista de investigaciones aplicadas. 2013 mayo- julio; 16(1).
44. Montero-Recalde M, Revelo I J, Avilés-Esquível D, Valle V., Guevara-Freire D. Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre Cepas de Salmonella. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2017 octubre-diciembre; 28(4).
45. Saucedo ENR. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Ra Ximhai. 2011 enero-abril; 7(1).

- 
46. Pazmiño PM, Velástegui Espín P, Curay S, Yáñez Yáñez W, Vásquez C. Efecto de los extractos hidro-etanólicos de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) y cola de caballo (*Equisetum arvense* L.) sobre la incidencia y severidad de *Botrytis cinerea* en fresa. *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 2017 mayo; 5(1).
  47. García P. Guía práctica de identificación y diagnóstico en micología clínica. *Revista Iberoamericana de Micología*. 2007 noviembre; 30(2).
  48. Trajano VN, Lima EdO, Souza Sd. Actividad antifúngica del aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* Blume y Eugenol en *Aspergillus flavus*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2012 agosto; 15(5): p. 785–793.
  49. Landero N, Lara F, Aguado G, Hoyos A, Encarnación D, Pérez Y. Aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum*: alternativa de control para *Penicillium expansum* sobre pera en poscosecha. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2016 junio- agosto; 7(5).
  50. Teves REM. Evaluación de la susceptibilidad antifúngica in-vitro de tres especies de hongos causantes de queratitis fúngica: *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus* y *Fusarium solani* del gel oftálmico de voriconazol. [Tesis de Grado]. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2017 Universidad Peruana Cayetano Heredia Facultad de Ciencias y Filosofía "Alberto Cazorla Talleri".

}