

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO Y ARSÉNICO EN LA LAGUNA DEL  
JARDÍN BOTÁNICO, PLAN DE LA LAGUNA

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR

JESÚS ENRIQUE SÁNCHEZ LÓPEZ  
MARÍA GABRIELA PARADA MARTÍNEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIADO(A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

OCTUBRE, 2023

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

MAESTRO FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

LICDA. REINA MARIBEL GALDAMEZ

SECRETARIA

LICDA. EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL

M.Sc. Ena Edith Herrera Salazar

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESOR(A)

M.Sc. Guillermo Emilio Alvarenga Marroquín

M.Sc. Rosa Mirian Rivas de Lara

TUTOR

Lic. Mario Antonio Hernández Melgar

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirnos cumplir una de las metas más importantes de nuestra vida.

A nuestros docentes del Curso de Especialización: Licda. Katia Eunice Leyton Barrientos, M. Sc. Guillermo Emilio Alvarenga Marroquín, Lic. Mario Antonio Hernández Melgar, por brindarnos su apoyo, confianza y orientación a lo largo de este trabajo de investigación.

A nuestros asesores: M.Sc. Guillermo Emilio Alvarenga Marroquín y M.Sc. Rosa Mirian Rivas de Lara por apoyarnos y corregirnos en nuestro trabajo de investigación.

A nuestro tutor: Lic. Mario Antonio Hernández Melgar, por toda la ayuda brindada para el desarrollo de nuestra investigación.

Estamos profundamente agradecidos con la administración del Jardín Botánico, por habernos brindado acceso a las distintas áreas e instalaciones del lugar, por la oportunidad de realizar este estudio sobre las fuentes de agua que abastecen al jardín; con el Licenciado Dagoberto Rodríguez por su fina atención y sobre todo por la guía y orientación que nos brindó.

Jesús Enrique Sánchez López  
María Gabriela Parada Martínez

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios por permitirme haber llegado hasta este punto, a mi universidad y todo aquel docente que estuvo involucrado en mi formación académica y sobre todo a los licenciados instructores de este curso, por brindarnos esta excelente oportunidad y orientarnos en este paso final, agradezco enormemente a mi compañera María Gabriela Parada por el esfuerzo que puso para poder culminar nuestros estudios y cerrar este pequeño ciclo en nuestras vidas.

Finalmente, desde lo más profundo de mi ser y con todo mi cariño quiero dedicar este logro a mi madre, quien siempre estuvo a mi lado apoyándome, alentándome y acompañándome en este largo camino, a mi padre que siempre estuvo dispuesto a brindarme lo necesario y a todos mis amigos pues también formaron parte de este proceso; sin duda alguna no lo habría logrado sin la ayuda de todos ustedes.

Jesús Enrique Sánchez López

## **DEDICATORIA**

A Dios y la Virgen por haberme permitido culminar una etapa más en mi vida, porque me han permitido alcanzar y cumplir mis metas hasta este punto.

A mis padres, Mirna del Rosario de Parada, Juan José Parada, por su apoyo incondicional, impulsarme a lograr mis metas, consejos y ayuda en todo momento, a mi hermana Paola Alejandra Parada por animarme en el camino con sus ocurrencias y acompañarme en mis noches de desvelo, a mi novio Mario Eduardo Avelar por ser mi ayuda en momentos importante a lo largo de mi carrera, por su compañía y amor, este triunfo también es de ustedes, ¡los amo mucho!

A mi compañero de trabajo de investigación, colega de universidad, Jesús Enrique Sánchez, gracias por la amistad, confianza y esfuerzo para poder culminar esta etapa de estudiantes en esta carrera.

A todos los docentes, asesores y laboratoristas que dieron siempre lo mejor de ellos para enseñarme, y transmitir sus conocimientos; gracias por su paciencia, experiencias y motivaciones a seguir creciendo profesionalmente.

A todos los compañeros y amigos que me acompañaron a lo largo de estos años de carrera, aprendiendo cada día, superando los retos que se nos presentaban y riéndonos de todo lo bueno y malo.

A mi familia en general por apoyarme en el trayecto de mi carrera, ¡Gracias!

¡Haz que cada día valga la pena!

María Gabriela Parada Martínez

## ÍNDICE GENERAL

	N° Pág
<b>CAPITULO I</b>	8
1.0 Introducción	IX
<b>CAPITULO II</b>	10
2.0 Objetivos	11
<b>CAPITULO III</b>	12
3.0 Justificación	13
<b>CAPITULO IV</b>	15
4.0 Producto final	16
<b>CAPITULO V</b>	17
5.0 Conclusiones	18
<b>CAPITULO VI</b>	19
6.0 Recomendaciones	20
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	21

## **CAPITULO I**



## 1.0 INTRODUCCIÓN

El Jardín Botánico Plan de La Laguna es un parque nacional de El Salvador ubicado en el municipio de Antiguo Cuscatlán, La Libertad, en el fondo de un cráter volcánico que hizo erupción hace más de 2,200 años; este parque nacional al ser de origen volcánico y por encontrarse rodeado de una zona industrial muy pronunciada, sus suelos y afluentes de agua se encuentran altamente expuestos a la contaminación, tanto de origen natural como antropogénico; es por tal razón que se consideró necesaria la evaluación y determinación de los niveles de contaminación que existen de Plomo y Arsénico en las lagunas del jardín botánico, con lo cual se brinda un diagnóstico y dilucidamos los riesgos que representan para el entorno del parque nacional, tomando como base los niveles de contaminación por Plomo y Arsénico encontrados. El análisis se llevó a cabo por el método de espectrofotometría de absorción atómica, y a partir de los resultados obtenidos, se pudieron evaluar los niveles de contaminación que existen en comparación con los límites máximos permisibles según normativa EPA. Además, se destacaron las causas que pudiesen llegar a generar los altos niveles de metales pesados, así como el planteamiento de una serie de recomendaciones para evitar el deterioro de la calidad de los recursos naturales que se encuentran dentro del parque, pues según lo observado existen diferentes fuentes de amenaza para esta zona natural. Finalmente, se concluye que actualmente las fuentes de agua se encuentran fuera de niveles críticos y no resultan perjudiciales para las diferentes especies que albergan en este jardín botánico.

## **CAPITULO II**

## 2.0 OBJETIVOS

### 2.1 General:

Determinar los niveles de Plomo y Arsénico en la laguna del Jardín Botánico, Plan de la Laguna.

### 2.2 Específicos:

- 2.2.1. Identificar los principales focos de contaminación de Plomo y Arsénico en la laguna del Jardín botánico.
- 2.2.2. Dilucidar los riesgos que representan el Plomo y Arsénico como contaminantes al ecosistema del parque nacional.
- 2.2.3. Cuantificar los niveles de Plomo y Arsénico presentes en las muestras de agua recolectadas del parque nacional, mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica.
- 2.2.4. Establecer propuestas para intentar disminuir los niveles de contaminación de plomo y arsénico presente en la laguna del parque nacional.

## **CAPITULO III**

### 3.0 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años el crecimiento industrial ha sido muy notable, ya que trae consigo muchos beneficios a nivel social otorgando así un mejor estatus al país o zona que se está industrializando; cabe destacar que el desarrollo de la industria no garantiza el desarrollo de un país como tal, sino más bien la gestión del gobierno para administrar el crecimiento industrial dentro de su país. <sup>(7)(10)</sup>

La industrialización tanto en el sector minero, hidrocarbúrico y agrícola ha dejado suelos contaminados alrededor del mundo, desde la expansión de la industrialización, el ecosistema natural ha sido utilizado como vertedero de desechos líquidos y sólidos, donde esta contaminación es causada por los contaminantes que son liberados a la superficie del suelo, como ejemplos tenemos la eliminación inadecuada de los desechos, los emplazamientos de antiguas fábricas, aguas residuales, vertederos no controlados, derrames entre otros. <sup>(8)</sup>

El vertido de algunas industrias va directamente a los cuerpos de agua donde estos conducen a la degradación de las características del medio acuático, lo que se conoce como contaminación del agua, las consecuencias de desarrollo industrial de forma irresponsable generan contaminación de lagos, lagunas, ríos, zonas costeras, problemas de insalubridad, contaminación atmosférica por malos olores, pérdida de biodiversidad y pérdida del potencial turístico de la región, lo que termina degradando la calidad de todos los ecosistemas. <sup>(1)(5)</sup>

Entre los contaminantes por parte de las industrias, están el Plomo y el Arsénico, estos componentes son descargados directamente sin tratamiento, donde se infiltran en los acuíferos produciendo así una contaminación hidrogeológica. <sup>(1)</sup>

En El Salvador muchos de los acuíferos han sido contaminados por diferentes desechos orgánicos e inorgánicos como, por ejemplo: el Lago de Ilopango, el cual se extiende en los departamentos de San Salvador, Cuscatlán y la Paz, cuyas aguas fueron declaradas no aptas para el consumo humano. En el 2009, investigadores de la Universidad Católica de Puerto Rico encontraron que las concentraciones de Arsénico iban desde 0.29 a 0.78 mg/L en el agua, también analizaron la presencia de otros elementos en el agua y los sedimentos como Bario, Cobalto, Hierro, Zinc, Cobre, Plomo, Níquel y Cromo, concluyeron que la interacción de fluidos volcánicos-hidrotermales generan las altas concentraciones de elementos observados en el agua. Por otro lado, en el 2008 diferentes lagos de El Salvador fueron analizados como el de Ilopango, Coatepeque y la laguna de

Olomega en los que se encontró Arsénico en distintas concentraciones oscilando entre 0.09 y 3.09 mg/L. <sup>(9) (11)</sup>

El agua es de vital importancia en todas las actividades humanas y silvestres, por lo que su calidad puede garantizar los efectos deseados e idóneos ya sea en la naturaleza o incluso dentro de la misma industria, ya que está involucrada en todos los procedimientos industriales y en los biológicos por parte de los seres vivos, razón por la cual es de vital importancia el control de los posibles contaminantes dentro de los mantos acuíferos. En El Salvador muchas zonas industriales se encuentran próximas a cuencas y depósitos de agua sumamente importante para la agricultura y el desarrollo ambiental y como profesionales de la salud pública y ambiental estamos en el derecho y el deber de vigilar la calidad de estos mantos acuíferos. <sup>(9)</sup>

Según la historia del Parque Nacional Jardín Botánico se conoce que es de origen volcánico y actualmente está rodeado por la zona industrial por lo que los resultados de esta investigación nos ayudaron a proporcionar información sobre la calidad de agua presente dentro del parque nacional del cual dependen una diversidad de seres vivos, ya sea vegetales o animales. <sup>(12)</sup>

Por tal razón se determinaron los niveles actuales de Plomo y Arsénico y de esta forma se brinda un diagnóstico sobre el estado en el que se encuentra el agua superficial de las lagunas del Jardín Botánico, Plan de la Laguna; la cual se analizó en el Laboratorio Central Dr. Max Bloch, MINSAL; a través del Departamento Físicoquímico de Aguas mediante la espectrofotometría de absorción atómica. <sup>(2) (6)</sup>

## **CAPITULO IV**

#### **4.0 PRODUCTO FINAL**

Se creó un video documental que muestra la situación actual de la laguna del Jardín Botánico sobre los niveles de contaminación de Plomo y Arsénico presente en estos mantos acuíferos, también se mencionan los problemas que pueden generarse por el alto grado de contaminación aportada por parte de las industrias que rodean este parque natural, a la vez se obtuvo información sobre el nivel de contaminación que existe tras haber ocurrido 2,200 años de la erupción volcánica, debido a que el Arsénico es el principal contaminante por este tipo de contaminación natural. Así mismo, el video presenta las acciones que deben tomarse para frenar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, debido a los riesgos que representan para el ser humano, y la diversidad de flora y fauna de estos parques naturales.

Es de esta manera que esperamos que el vídeo documental sea capaz de crear conciencia a las nuevas generaciones y aquellos que estén dispuestos a mejorar la calidad de vida para el ecosistema que nos rodea, a través de los resultados de esta investigación, y divulgación de las causas de un mal tratamiento de residuos y la acumulación de contaminantes tales como los metales pesados generan en el medio ambiente.

Documental: <https://www.youtube.com/watch?v=jGqSEn4-K9s>



## **CAPITULO V**

## 5.0 CONCLUSIONES

1. Se identificaron dos posibles focos de contaminación por Plomo y Arsénico en el Jardín Botánico Plan de La Laguna, uno de origen antropogénico y el otro natural, sin embargo, las fuentes de agua de las lagunas no han sido afectadas por estos posibles focos de contaminación, debido a la buena gestión de desechos de la zona industrial y a la alta densidad de flora que hay en la zona incluyendo plantas acuáticas que absorben gran cantidad de contaminantes disueltos en el agua.
2. Al día de hoy las lagunas del jardín Botánico se encuentran libres de Plomo y Arsénico, siendo este hecho un factor importante para mantener el equilibrio de la fauna con el ecosistema de esta zona, ya que, al existir altos niveles de contaminación, por Plomo y Arsénico, tanto flora como fauna absorberían el impacto de la contaminación por metales pesados, degradando la calidad de vida de todos sus residentes.
3. En base a los resultados analíticos obtenidos que son  $<0.004$  mg/L para Plomo y  $<0.005$  mg/L para Arsénico, se diagnostica que las fuentes de agua que abastecen las diferentes lagunas del Jardín Botánico, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles  $0.01$ mg/L para Plomo y Arsénico impuestos por la normativa EPA.
4. Gracias a la alta densidad de flora de la zona y sus cualidades de absorción, existen altas probabilidades de que los niveles de contaminación por metales pesados se mantengan por debajo de los límites máximos permisibles, asegurando la integridad de muchas especies que albergan en el jardín.
5. Las fábricas que se encuentran en los alrededores del Jardín Botánico, no aportan niveles significativos de contaminación de Plomo y Arsénico, gracias a la buena gestión de desechos y una planta de tratamiento de aguas residuales de esta zona industrial.

## **CAPITULO VI**

## **6.0 RECOMENDACIONES**

1. A pesar de que no se encontraron niveles de Plomo y Arsénico por arriba de lo recomendado, se desconoce de la presencia de una gran diversidad de contaminantes dentro de las lagunas del jardín botánico, por lo que la Administración del Jardín Botánico debe asesorarse con el Ministerio de Medio Ambiente sobre los posibles contaminantes que pudiesen generarse en las lagunas del Jardín Botánico, y así comenzar a tener controles sobre estos mismos de forma regular.
2. La empresa privada y habitantes deben: evitar realizar actos de deforestación y contaminación irracional de los bosques de esta área, pero, sobre todo dar el tratamiento adecuado a los distintos tipos de desechos que se generan evitando que estos lleguen a la zona protegida.
3. La administración del jardín botánico debe elaborar un plan de acción en caso de que los niveles de contaminación por metales pesados afecten las lagunas del jardín, con la finalidad de evitar daño a las especies que dependen de él.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ferrer A. Intoxicación por metales. Canales del Sistema Sanitario de Navarra [Internet]. 2003;26:141-53.  
*[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1137-66272003000200008](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008)*
2. Gomis yagües, Tema 7 Espectroscopia de Emisión y Absorción Atómica [internet], Técnicas Instrumentales en el Análisis industrial; 2008, [consultado enero de 2023]. Disponible en: *<https://biblioguias.uam.es/citar/estilo>*.
3. Luis A.C. Galvo, German Corey. Serie de Vigilancia 3 Arsénico. México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, OPS, OMS; 1087.
4. Pablón, S.E., Benítez, R., R.A., & Gallo, J.A. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. *Entre Ciencia e Ingeniería*. 2020; Vol. 14, p 9 – 18.
5. Azcona Cruz, M.I.; Vicente Flores, G.; et al. (2015). Efectos tóxicos del plomo. *Revista de Especialidades Médico – Quirúrgicas*. 20(1), 72-77.
6. Murga, F.M.; Quispe Huisa, L. (2018). Determinación de arsénico, cadmio y plomo en especias en polvo: ají paprika (*Capsicum annum* L.), ají panca (*Capsicum chinense*), pimienta (*Piper nigrum*) y comino (*Cuminum cyminum*), expendidos en el mercado Caquetá-San Martín de Porres, Lima en el periodo Enero – 2018. (Trabajo de pregrado), Universidad Norbet Wiener – Lima, Perú.
7. Héctor, S.V.; Planificación del Desarrollo Industrial. 1ª Ed. México: Siglo XXI editores, S.A.; 1996.
8. Javier Lillo. Peligros Geoquímicos: Arsénico de origen natural en las aguas [Internet], Grupos de estudios de Minería y Medio Ambiente; 2005, [Citado enero de 2023] disponible

en: [http://www.aulados.net/GEMM/Documentos/Peligros\\_geoquimicos\\_As/Peligros\\_As\\_2.pdf](http://www.aulados.net/GEMM/Documentos/Peligros_geoquimicos_As/Peligros_As_2.pdf)

9. Colón-Ortiz AJ. Estudio de metales pesados en el lago de Ilopango, El Salvador. *Ciencia, Cultura y Sociedad*. 2017 Jun 29;4(1):7-14. Disponible en: <https://www.lamjol.info/index.php/CCS/article/view/6020>
10. Pol, Con. La calidad del desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente The quality of industrial development and its impact on the environment A qualidade do desenvolvimento industrial e seu impacto no meio ambiente. 2021 [citado 2023 Junio 21];6:2550–682. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8094540.pdf>
11. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. National Primary Drinking Water Regulations [Internet] Estados Unidos; 2009 [citada 20 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/npwdr\\_complete\\_table.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/npwdr_complete_table.pdf)
12. Asociación Jardín Botánico La Laguna [Internet]. El Salvador: [consultado 20 abril 2023]. Disponible en: <https://www.jardinbotanico.org.sv/>