



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
MODALIDAD: INVESTIGACIÓN



TEMA:

DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA PULPA DE TAMARINDO
(Tamarindus indica)

TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO
PARA OPTAR AL GRADO DE QUÍMICO Y FARMACÉUTICO

AUTORES

BRYAN AARON TENETA SÁENZ

VICTOR HUGO ZAVALA VACA

TUTORA

Q.F. SORAYA GARCÍA LARRETA M.Sc

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Ciencias básicas, bioconocimiento y desarrollo industrial

GUAYAQUIL - ECUADOR

2020 - 2021



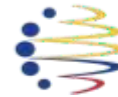
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



senescyt
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIONACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA PULPA DE TAMARINDO (<i>Tamarindus indica</i>)		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	TENETA SAENZ BRYAN AARON ZAVALA VACA VICTOR HUGO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Q.F. ANA GRIJALVA ENDARA, M.Sc Q.F. SORAYA GARCIA LARRETA M.Sc		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	TERCER NIVEL- QUÍMICO FARMACEÚTICO		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2020	No. DE PÁGINAS:	49
ÁREAS TEMÁTICAS:	BIOQUÍMICA CLÍNICA		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Tamarindus indica, Cadmio, Plomo.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): La contaminación por metales pesados en los recursos hídricos, suelos y aire resultan una de las problemáticas más severas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global. La familia de las Fabaceae es la más expuestas indudablemente al poseer un área foliar muy amplia, lo cual las hace más susceptibles a la absorción de metales pesados del suelo o agua. En la Universidad de Guayaquil crecen árboles frutales en las riberas del Estero Salado, el cual presenta una alta contaminación de metales pesados, por lo cual es importante determinar la presencia de cadmio y plomo en la pulpa de <i>Tamarindus Indica</i> por medio del método de Espectrofotometría de Absorción Atómica valorando su impacto. Encontrando una concentración de Cadmio de <1.25 mg/Kg, al respecto no existen valores declarados en la norma NTE INEN 271, pero si en el CODEX STAN 193-1995 cuyo valor referencial es de 0.2 mg/Kg. En el caso del Plomo se encontró una concentración de <1.25 mg/Kg, valores que podrían encajar en lo expresado en la norma NTE INEN 271 con una referencia de 0.05 mg/Kg, así como en el CODEX STAN 193-1995 con un valor permitido de 0.2 mg/Kg, debiéndose realizar una cuantificación más sensible que explique el estado que presentan los árboles. Por lo tanto, no se pueden consumir los frutos de tamarindo que crecen en las riberas del Estero Salado en la Universidad de Guayaquil hasta que se garantice su inocuidad			
ADJUNTO PDF:	SI X	NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0959771214 - 0958777564	E-mail: bryan.tenetas@ug.edu.ec victor.zavalav@ug.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Teléfono: (04) 2293680 E-mail: www.fcq.ug.edu.ec		



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN**



**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Guayaquil, 3 octubre 2020

**Dra. Q.F. Zoila Bella Luna Estrella Mgs.
VICEDECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **"DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA PULPA DE TAMARINDO (Tamarindus indica)"** de los estudiantes: **TENETA SAENZ BRYAN AARON C.I. 095277986-6** y **ZAVALA VACA VICTOR HUGO C.I. 0919566117**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

**Q.F. Soraya García Larreta
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACION
C.I.0911422178**



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil,

Dra. Q.F. Zoila Bella Luna Estrella Mgs.
SUBDECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. – Guayaquil

De mis consideraciones:

Envío a Ud. El informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación: **"DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA PULPA DE TAMARINDO (Tamarindus indica)"**, de los estudiantes **TENETA SAENZ BRYAN AARON** y **ZAVALA VACA VICTOR HUGO**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 12 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo cinco años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que los estudiantes **TENETA SAENZ BRYAN AARON** y **ZAVALA VACA VICTOR HUGO** están aptos para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Q.F. ANA GRIJALVA ENDARA, M.Sc
DOCENTE TUTOR REVISOR
C.I. 0912286309
FECHA: octubre 12, 2020

Habiendo sido nombrado **Q.F. Soraya García Larreta M.Sc**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **Bryan Aarón Teneta Sáenz C.I. 0952779866** y **Victor Hugo Zavala Vaca C.I. 0919566117**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Químicos y Farmacéuticos.

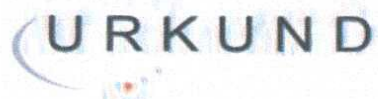
Se informa que el trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA PULPA DE TAMARINDO (*Tamarindus indica*)”**, ha sido orientado durante todo el período de ejecución en el programa antiplagio **URKUND** quedando el 3% de coincidencia.



<https://secure.arkund.com/old/view/76946329-293756-878929#q1bKLvayijY01jEy0TGx0DE1jNVRKs5Mz8tMy0xOzEtOVbly0DMwMjlxMTEzMjAwMjQzNTE1MqkFAA==>

QF. Soraya García Larreta M.Sc
C.I. 0911422178
FECHA: 01 de Octubre del 2020





Urkund Analysis Result

Analysed Document: TENETA-ZAVALA Tamarindus indica.docx (D80422362)
Submitted: 10/1/2020 5:34:00 PM
Submitted By: campoverdemj@ug.edu.ec
Significance: 3 %

Sources included in the report:

tesis castro -01.docx (D11157051)
INTRODUCCIÓN oscar soria 1.docx (D51320970)
<https://1library.co/document/zx5e40oq-capacidad-absorcion-helianthus-annuus-suelos-agricolas-contaminados-cadmio.html>
<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/11036/Tasm03de16.pdf>

Instances where selected sources appear:

4





**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 01 de Octubre del 2020

APROBACION DEL TUTOR

En calidad de tutora del Trabajo de Titulación, Certifico: Que he asesorado, guiado y revisado el trabajo de titulación en la modalidad de investigación, cuyo título es: **“DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA PULPA DE TAMARINDO (*Tamarindus indica*)”**, presentado por: **TENETA SAENZ BRYAN AARON**, CON C.I. **0952779866** y **ZAVALA VACA VICTOR HUGO**, con C.I. **0919566117** previo a la obtención del título de Químicos y Farmacéuticos.

Este Trabajo ha sido aprobado en su totalidad y se adjunta el informe de Antiplagio del programa URKUND, quedando el 0% de coincidencia. Lo Certifico:

QF. Soraya García Larreta M.Sc
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACION
C.I. 0911422178
FECHA: 01 de Octubre del 2020



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 01 de Octubre del 2020

CERTIFICACION DEL TUTOR REVISOR

Habiendo sido nombrada **Q.F. Ana Grijalva Endara, M.Sc.**, Tutora revisor del trabajo cuyo título es: **“DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA PULPA DE TAMARINDO (*Tamarindus indica*)”**, certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por los estudiantes: **TENETA SAENZ BRYAN**, con **C.I. 0952779866** y **ZAVALA VACA VICTOR HUGO**, con **C.I. 0919566117**; con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Químicos y Farmacéuticos, en la Facultad de Ciencias Químicas, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

Q.F. Ana Grijalva Endara, M.Sc
DOCENTE TUTOR REVISOR
C.I. 0912286309
FECHA: octubre 12, 2020



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 26 de Octubre del 2020.

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

El tribunal de sustentación del trabajo de titulación de los Sres. **Teneta Sáenz Bryan Aaron** con C.I. **0952779866** y **Zavala Vaca Victor Hugo** con C.I. **0919566117**, después de ser examinados en su presentación, memoria científica y defensa oral da por aprobado el trabajo de titulación.

**Q.F. Ana Grijalva Endara M.Sc
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**Dra. Q.F. Haydee Maria Alvarado Alvarado Mgs
DOCENTE MIEMBRO 1 DEL TRIBUNAL**



ESCRIBIR AQUÍ EL NOMBRE DEL DOCENTE
**MARIA ELENA
JIMENEZ
HEINERT**

**Q.F. Jiménez Heinert María Elena, M.Sc
DOCENTE MIEMBRO 2 DEL TRIBUNAL**

**Ab. Francisco Palomeque Romero, Mgs.
SECRETARIO GENERAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACIÓN**



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE
LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO
NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

Nosotros, **BRYAN AARON TENETA SAENZ** con C.I. 0952779866 y **VICTOR HUGO ZAVALA VACA** con C.I. 0919566117, , certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN LA PULPA DE TAMARINDO (*Tamarindus indica*)**”, son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al **Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN***, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

Bryan A Teneta S.

BRYAN AARON TENETA SAENZ

C.I. 0952779866

V. Hugo Zavala Vaca

VICTOR HUGO ZAVALA VACA

C.I. 0919566117

***CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899 - Dic./2016) Artículo 114.-** De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

Bryan Aaron Teneta Sáenz

Dedicatoria

Quiero dedicar esta tesis primero a Dios por haber permitido llegar hasta aquí hoy, por darme fuerza y salud para llevar a cabo mis metas y objetivos. Quiero darle las gracias por su amor infinito, A mis padres Washington Teneta y Jacqueline Sáenz, por ser mi motor, apoyarme en cada paso, por sus consejos y la educación que me han brindado. A mi abuela María Tumbaco, quien fue la que me brindo su apoyo en las buenas y malas, me alentó a seguir adelante cuando ya no podía. A mi novia Marcia Moyano por su apoyo incondicional y verdadero, porque a pesar de las dificultades me apoya en mis sueños y metas. A mis amigos sin excluir a ninguno, por todos los momentos que hemos pasado juntos.

Bryan Aaron Teneta Sáenz

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Soraya García Larreta, quien con sus conocimientos y apoyo me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

También quiero agradecer a UBA por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda.

Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros y a mi familia, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían. En especial, quiero hacer mención de mis padres, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

Muchas gracias a todos.

Victor Hugo Zavala Vaca

Dedicatoria

La presente tesis, bien ha requerido de esfuerzo y dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación de mi tutora Q.F. Soraya García y mi compañero y futuro colega Bryan Teneta.

A mis padres, por su amor, trabajo, dedicación y sacrificio durante todos estos años, gracias a ustedes he podido llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, los quiero.

A todas las personas que siempre me han apoyado en los buenos y en los malos momentos, acompañándome y brindando su apoyo moral. También para quienes siempre me abrieron sus puertas y compartieron sus conocimientos.

Victor Hugo Zavala Vaca

Agradecimiento

Agradezco a mis padres por la vida, por guiarme a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias, padres: Cielito Lilliam Vaca Grijalva y Victor Hugo Zavala Icaza, por ser los principales motores, por confiar y creer en mi posibilidades y expectativas, por lo consejos, valores y principios que me han inculcado.

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Estatal de Guayaquil, a la Facultad de Ciencias Químicas, a los docentes quienes con sus enseñanzas hicieron que pueda crecer día a día, gracias por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad.

A todos mis amigos y futuros colegas que me han ayudado de manera incondicional y desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad. Por extenderme su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad muchas gracias.

A todas esas personas que siempre han creído y han confiado en mí durante todo este proceso y también durante la vida, ha sido un largo camino de altibajos, que con esfuerzo, dedicación y enseñanzas se ha podido lograr, totalmente agradecido.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a la Q.F. Soraya García, principal guía durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	XIX
ABSTRACT.....	XX
INTRODUCCIÓN.....	1
I.1. Planteamiento y formulación del problema	3
I.2. Justificación e importancia.....	5
I.3 Hipótesis	7
I.4. Objetivos.....	7
I.4.1. Objetivo General	7
I.4.2. Objetivos específicos	7
I.5. Operacionalización de las variables	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
II.1. Antecedentes.....	9
II.2. Origen	10
II.3. Taxonomía.....	11
II.5. Descripción de botánica	12
II.6. Valor Nutricional	13
II.7. Uso del Tamarindo	14
II.8. Metales pesados	16
II.9. Fuentes del huésped que influyen en la toxicidad de los metales pesados	18
II.10. Fuentes de exposición	18
II.11. Dinámica de los metales pesados en el suelo	19
II.12. Fitotoxicidad por metales pesados.....	19
II.13. Absorción de los metales pesados.....	20
II.14. Rutas de absorción las planta.....	21
II.15. Bioadsorción de metales pesados	21
II.16. Cadmio: Ingreso, Transporte y acumulación en suelos y Plantas.....	22
II.17. Caracterización de cadmio.....	23
II.18. Manifestaciones clínicas	23
II.18.1. El Plomo	23
II.18.2. El Cadmio	25
II.19. Método de Espectrometría de Absorción Atómica	26
II.20. Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica	26

II.21. Descripción de la técnica	27
II.22. Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito.....	27
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	29
III.1. Tipo de investigación	29
III.2. Equipos, Materiales y Reactivos.....	29
III.4. Metodología Experimental.....	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
IV.1. Resultados.....	34
IV.1.1. Parámetros Fisicoquímicos.....	34
IV.1.2. Determinación de Cadmio	34
IV.1.3. Determinación de Plomo.....	35
IV.1.4. Discusión	36
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
V.1. CONCLUSIONES.....	38
V.2. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Definición operacional de las variables.....	8
Tabla II Taxonomía <i>Tamarindus indica</i> L.....	11
Tabla III. Valor nutricional de la pulpa de <i>Tamarindus indica</i> L.....	14
Tabla IV. Usos del <i>Tamarindus indica</i> L.	16
Tabla V. Fuentes del huésped que influyen en la toxicidad de los metales pesados.	18
Tabla VI. Parámetros fisicoquímicos	34
Tabla VII. Determinación de Cadmio.....	34
Tabla VIII. Determinación de plomo.	35
Tabla IX. Concentración de cadmio con valores declarados en las normas NTE INEN 271 y CODEZ STAN 193-1995.....	35
Tabla X. Concentración de plomo con valores declarados en las normas NTE INEN 271 y CODEZ STAN 193-1995.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parte botánica del fruto Tamarindo	12
Figura 2. Representación esquemática de los mecanismos de ingreso, secuestro y translocación del Cd en raíces (Clemens S. , 2006).....	23
Figura 3 Ubicación zona de estudio (Estero Salado, Guayaquil-Ecuador).....	30
Figura 4. Lugar de Ubicación de la Muestra.....	47
Figura 5. Estado de la Muestra	47
Figura 6. Preparación de muestra para su análisis de determinación de Cadmio y Plomo.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Ubicación de la Muestra.	47
Anexo B. Recolección de la Muestra.....	48
Anexo C. Análisis para la determinación de Cadmio y Plomo.	49



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
CARRERA QUIMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACION



“Determinación de Cadmio y plomo en la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica*)”

Autores: Bryan Aaron Teneta Sáenz y Víctor Hugo Zavala Vaca

Tutor: Q.F. Soraya García Larreta M.Sc

RESUMEN

La contaminación por metales pesados en los recursos hídricos, suelos y aire resultan una de las problemáticas más severas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global. La familia de las *Fabaceae* es la más expuestas indudablemente al poseer un área foliar muy amplia, lo cual las hace más susceptibles a la absorción de metales pesados del suelo o agua. En la Universidad de Guayaquil crecen árboles frutales en las riberas del Estero Salado, el cual presenta una alta contaminación de metales pesados, por lo cual es importante determinar la presencia de cadmio y plomo en la pulpa de *Tamarindus Indica* por medio del método de Espectrofotometría de Absorción Atómica valorando su impacto. Encontrando una concentración de Cadmio de <1.25 mg/Kg, al respecto no existen valores declarados en la norma NTE INEN 271, pero si en el CODEX STAN 193-1995 cuyo valor referencial es de 0.2 mg/Kg. En el caso del Plomo se encontró una concentración de <1.25 mg/Kg, valores que podrían encajar en lo expresado en la norma NTE INEN 271 con una referencia de 0.05 mg/Kg, así como en el CODEX STAN 193-1995 con un valor permitido de 0.2 mg/Kg, debiéndose realizar una cuantificación más sensible que explique el estado que presentan los árboles. Por lo tanto, no se pueden consumir los frutos de tamarindo que crecen en las riberas del Estero Salado en la Universidad de Guayaquil hasta que se garantice su inocuidad.

Palabras claves: *Tamarindus indica*, Cadmio, Plomo.



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
CARRERA QUIMICA Y FARMACIA
UNIDAD DE TITULACION



“Determination of cadmium and lead in the pulp of tamarind (*Tamarindus indica*)”

Authors: Bryan Aaron Teneta Sáenz y Víctor Hugo Zavala Vaca

Advisor: Q.F. Soraya García Larreta M.Sc

ABSTRACT

Heavy metal contamination in water, soil and air resources is one of the most severe problems that compromise food safety and public health at a global level. The *Fabaceae* family are the most exposed as they have a very large foliar area, which makes them more susceptible to the absorption of heavy metals from the soil or water. At the Guayaquil University fruit trees grow on the banks of the Estero Salado, which presents a high contamination of heavy metals, therefore it is important to determine the presence of cadmium and lead in the pulp of *Tamarindus Indica* through the Atomic Absorption Spectrophotometry method, assessing their impact. As a result, a Cadmium concentration of <1.25 mg / Kg has been found. At the moment there are no declared numbers in the NTE INEN 271 standard, but there are in the CODEX STAN 193-1995 whose reference number is 0.2 mg / Kg. In the case of Lead, a concentration of <1.25 mg / Kg was found, numbers that could fit into what is expressed in the NTE INEN 271 standard with a reference of 0.05 mg / Kg, as well as in the CODEX STAN 193-1995 with a number allowed of 0.2 mg / Kg, having to carry out a more sensitive quantification that explains the state of the trees. Therefore, the tamarind fruits that grow on the banks of the Estero Salado at the Guayaquil University cannot be consumed until their safety is guaranteed.

Keywords: *Tamarindus indica*, Cadmium, Lead.

INTRODUCCIÓN

La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal (1)

La presencia en un alto porcentaje de metales pesados como Cadmio y Plomo, en el medio ambiente contribuye en aumentar los índices de la problemática de la contaminación de la flora y fauna. Los valores de metales pesados como Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) presentes en el suelo de forma natural son incrementados por las actividades industriales, tecnológica, agropecuaria, minera y el diverso uso de fertilizantes sintéticos y pesticidas y que en su constitución tienen trazas de metales pesados, poniendo en riesgo la salud de las personas a través del contacto directo con el medio ambiente o por el consumo de la fruta contaminada que se da a través del desarrollo de la planta en el suelo (2).

El Cadmio puede afectar gravemente los pulmones y causar la muerte si son inhalados. Respirar aire con niveles más bajos de cadmio durante muchos años, produce acumulación de cadmio en los riñones; si ésta alcanza niveles suficientemente altos puede producir enfermedad renal. Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de Cadmio muy altos produce irritación grave del estómago, lo que produce vómitos y diarrea y en ciertas ocasiones la muerte. Niveles de Cadmio más bajos al ser ingeridos por un periodo prolongado de tiempo puede producir acumulación en los riñones y también puede aumentar la fragilidad de los huesos de manera que se pueden quebrar fácilmente (3).

El Plomo es una sustancia toxica que se va acumulando en el organismo afectando a diversos sistemas, con efectos especialmente dañinos en los niños

de corta edad. Si el grado de exposición es elevado, ataca al cerebro y al sistema nervioso central, pudiendo provocar coma, convulsiones e incluso la muerte. Se ha comprobado además que en niveles de exposición más débiles sin síntomas evidentes el plomo puede provocar alteraciones muy diversas en varios sistemas del organismo humano. En los niños puede afectar, en particular, al desarrollo del cerebro, lo que a su vez entraña una reducción del cociente intelectual. También puede causar anemia, hipertensión, disfunción renal, inmunotoxicidad y toxicidad reproductiva. Se cree que los efectos neurológicos y conductuales asociados al plomo son irreversibles (4).

La contaminación de metales pesados como son el Cadmio y Plomo cambia la alcalinidad del suelo, obviamente, depende mucho de la concentración. También contaminan el agua y los cultivos. En estos, si es una cantidad excesiva de plomo se pueden producir algunas alteraciones en las plantas, también degrada el suelo, lo cual disminuye su productividad, si la contaminación es excesiva, puede llegar a producir desertificación. A nivel de los ríos y lagos, también afecta principalmente la fauna. El problema de la contaminación del medio ambiente por metales pesados es que su efecto es silencioso, no se ve, y cuando nos damos cuenta del daño que producen, ya es tarde y sobre todo que son peligrosos para la salud (5).

El presente estudio tiene como finalidad determinar el nivel de concentración de contaminación por metales pesados como Cadmio y Plomo en la Pulpa de *Tamarindus indica*, dicho estudio se llevó a cabo en la Universidad de Guayaquil ubicada en la Provincia de Guayas. Se busca incentivar el monitoreo y prevenir riesgos de contaminación en la flora y fauna, manteniendo los niveles de los metales pesados por debajo de los límites permisibles en el CODEX STAN 193-1995 y NTE INEN 271.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

I.1. Planteamiento y formulación del problema

La contaminación por metales pesados en los recursos hídricos, suelos y aire plantea una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global. La pérdida de calidad del aire, del recurso hídrico y de suelos disponibles para actividades agrícolas se ha incrementado exponencialmente (6).

En el territorio ecuatoriano se recogen 25.000 especies de plantas vasculares, el 11% de las especies existentes en el mundo y el 30% de las especies enumeradas en América Latina (7).

Las plantas más expuestas indudablemente son las que poseen un área foliar muy amplia y aquellas de tallo corto, las cuales no alcanzan ni el metro de altura lo que hace más susceptibles a la absorción de estos elementos procedentes del suelo (8).

En el suelo, los metales pesados, pueden estar presentes como iones libres o disponibles, compuestos de sales metálicas solubles o bien, compuestos insolubles o parcialmente solubilizables como óxidos, carbonatos e hidróxidos (2).

La contaminación en suelos por metales pesados ocurre cuando estos son irrigados con aguas procedentes de desechos de minas, aguas residuales contaminadas de parques industriales y municipales y filtraciones de presas de jales (9).

Las trazas de metales pesados como plomo, cadmio, cromo, mercurio, zinc, cobre, plata, entre otros, dentro de las plantas, se pueden absorber por medio

de las raíces o vía foliar procedente del medio ambiente (suelo, aire y agua) y son consideradas tóxicas debido a la bioacumulabilidad en el organismo (10).

El cadmio en las últimas décadas ha aumentado considerablemente su acumulación, como consecuencia de la actividad industrial. La contaminación por cadmio puede causar serios problemas a todos los organismos vivos, resultando altamente tóxico para el ser humano (11).

El contacto de plomo a largo plazo en pequeñas cantidades puede provocar daños irreversibles en niños, se ha descubierto que en concentraciones de 7 microgramos de plomo por decilitro de sangre causa daños irreversibles en el sistema nervioso de los niños (12).

El plomo, es usado en los procesos industriales y a la vez desechado como producto de residuos y en muchos casos, transportado con las aguas residuales. En estas condiciones suele encontrarse en reacción de equilibrio con otros metales como el cadmio, que también proviene de los procesos industriales de las aguas residuales (13).

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos. En el año 2011 Alcívar Mosquera realizaron un estudio para determinar las concentraciones de Plomo, Cromo y Cadmio en el Estero Salado, y concluyeron que las concentraciones de Pb y Cd en el agua sobrepasan los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental (14).

El consumo de hortalizas regadas por aguas contaminadas con plomo y cadmio produce efectos agudos y crónicos en la salud, como daños en los órganos de los sistemas neurológico, cardiovascular, gastrointestinal, hematológico y reproductivo; o efectos específicos de acumulación en riñones, huesos y pulmones (15).

La Universidad de Guayaquil posee variedad de árboles frutales antiguos, la edad de un árbol puede influir en la absorción del cadmio y plomo por ende producir un fruto contaminado. Por lo cual se precisa investigar los frutos que suelen ser consumidos por la comunidad universitaria tales como Tamarindo (*Tamarindus indica*).

¿Cuál es la concentración de cadmio y plomo presente en las pulpas de Tamarindo (*Tamarindus indica*) de los árboles que crecen en la Universidad de Guayaquil?

I.2. Justificación e importancia

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS) son el fruto de propósitos alcanzados en los Estados Miembros de las Naciones Unidas y están compuesto por una Declaración, que consta de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas (16).

En las metas propuestas del objetivo 14 (Vida Submarina) a futuro es prevenir y reducir la contaminación marina, también en gestionar y proteger los ecosistemas marinos y costeros fortaleciendo su resiliencia (16).

El ser humano a través de las grandes industrias, los residuos domésticos, las prácticas agrícolas, la minería y las industrias eléctricas, entre otras, ha provocado y sigue provocando un gran impacto al medio ambiente contaminando así las aguas aire suelo y alimentos (17).

Estos metales pesados traen consigo enfermedades por su acumulación entre las más conocidas envenenamiento tanto en seres humanos como animales y la pérdida de la biodiversidad (18).

Es necesario prevenir y controlar la contaminación con metales pesados evitando que se difundan en el medio ambiente. Se debería identificar los medios de contaminación como medida sanitaria principalmente de prevención para aplicar la remediación si existen suelos y aguas contaminadas (19).

El Estero Salado recorre gran parte de Guayaquil, debido a diversas actividades antropogénicas, tales como descargas de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales, ha sufrido un daño profundo deteriorando así la calidad de sus aguas. Como producto de estas descargas el estuario se ha convertido en un reservorio de diversos contaminantes, entre ellos se destacan los metales pesados (20).

Estos metales pesados han sido estudiados especialmente debido a que son tóxicos y no son biodegradables, una vez expuestos al ambiente pueden permanecer durante ciento de años (21).

En la presente investigación se tiene como propósito encontrar información sobre el contenido de cadmio y plomo en la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica*), mismas que serán recolectados en los predios de la Universidad de Guayaquil que crecen cerca del Estero Salado.

I.3 Hipótesis

La pulpa del tamarindo (*Tamarindus indica*) en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil presenta contaminación de metales pesados cadmio y plomo.

I.4. Objetivos

I.4.1. Objetivo General

Determinar la presencia de cadmio y plomo en la pulpa de Tamarindo (*Tamarindus indica*) mediante el método espectrometría absorción valorando su impacto.

I.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de Cadmio en pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica*).
- Determinar la concentración de Plomo en la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica*).
- Contrastar los resultados encontrados con las Normas Técnicas INEN con el CODEX STAN 193-1955.

I.5. Operacionalización de las variables

Tabla I. Definición operacional de las variables

VARIABLE	CONCEPTUALIZACION	INDICADOR	UNIDAD
Dependiente	Cadmio Plomo	Espectrofotometría de Absorción Atómica	%
Independiente	<i>Tamarindus indica</i>	CODEX STAN 193- 1955 NTE INEN 271	mg/kg

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

II.1. Antecedentes

Para la determinación de metales se realizó un muestreo de la corteza, las concentraciones se expresaron en mg/kg, los datos fueron estudiados mediante un modelo estadístico. Los promedios generales de metales pesados en la corteza de *S. molle* (*Anacardiaceae*) y *P. laevigata* (*Fabaceae*) fueron de Cadmio (Cd)= 0.786mg/kg y Plomo (Pb)= 31,72mg/kg. Por otra parte, se presentaron asociaciones significativas entre la concentración de metales pesados de la corteza arbórea con respecto a la especie, estación, uso de suelo y las dobles interacciones entre especie-uso de suelo, especie-temporada y uso de suelo-temporada (22).

Se determinó la concentración de contenidos de cenizas totales y las concentraciones de arsénico y de los metales pesados cadmio, plomo y mercurio de las doce cortezas de las especies vegetales elegidas para el estudio, cuyos resultados fueron comparadas, teniendo en cuenta los límites máximos permisibles de metales pesados sugeridos por la OMS; para el cadmio 0.040ug/g y para el plomo de 10ug/g, donde los resultados obtenidos en la especie vegetal *Swartzia polyphylla* fueron Cadmio=<0,001ug/g y Plomo=<0,05ug/g (23).

La distribución de los árboles de *Prosopis laevigata* (*Fabaceae*) y *Acacia farnesiana* (*Fabaceae*) se tomaron en cuenta en cinco usos del suelo para la recolección del material foliar y extraer el polvo atmosférico, determinando la concentración de metales pesado por medio de la técnica ICP-MS. Los resultados indicaron la presencia de V, As, Ni, Al, Cu, Zn, Pb, Cd, Ti, Cr, Co. Las concentraciones de Cd fueron 6.2 veces más elevadas en el uso de suelo minero que en el sector agrícola; 5,4 y 5,9 veces las concentraciones de Pb y Co en el uso del suelo minero con respecto al servicio y comercio, respectivamente (24).

Como se ha recalcado la tierra es un recurso muy importante tanto a nivel urbano como rural. En las últimas décadas, a nivel mundial, el suelo se ha ido deteriorando, específicamente en las zonas en que las actividades económicas se hacen más influyentes, influyendo en el medio ambiente y también contaminando y degradando este recurso natural con metales pesados (25).

Entre las actividades que son fuentes de contaminación por metales pesados se encuentran como el uso de combustibles fósiles, la minería, la industria electrónica, la agricultura, la industria química y lugares de deposición de basura (26).

Existen varias actividades que tienen gran capacidad para contaminar los suelos. Petroquímicas, industrias como la textil, de curtiembre y hasta productos farmacéuticos, poseen una muy extensa composición. Parte de su contenido de metales como Cr, Pb y Zn y compuestos orgánicos tóxicos que son tóxicos si se aplican en el suelo (27).

El empleo de adsorbentes de Biomasa a partir de la cáscara de tamarindo para la remoción del cromo de las aguas tratadas de tuberías requiere además del estudio acerca de la capacidad de remoción de cromo, un análisis acerca de la renovación del mismo. En el proceso de regeneración de la biomasa, se incluye también la recuperación del metal adsorbido, desorción de cromo. En un estudio realizado para la regeneración de biomasa se seleccionó un ácido inorgánico (HCl) para el cual se ensayó a distintas concentraciones, sin embargo, se obtuvo un mejor resultado a una concentración de 0,10 M (28).

II.2. Origen

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es un árbol de gran tamaño, larga vida y usualmente siempre verde, originario del continente africano, actualmente el árbol se ha plantado y naturalizado extensamente en las regiones tropicales y

subtropicales, incluyendo la región de América Central, Caribe, Sur y Norte. Es un frutal altamente rústico, ya que puede prosperar en suelos pobres o marginados, con poco o nada de riego o cuidados mínimos, con relación a otros frutales tropicales (29).

II.3. Taxonomía

Tabla II Taxonomía *Tamarindus indica* L.

Clasificación Taxonómica	
Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophytina
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneas
Orden	FABALES
Familia	Leguminosae (Fabaceae)
Subfamilia	Caesalpinioideas
Género	Tamarindus
Especie	Indica
Nombre común	Tamarindo
Nombre científico	<i>Tamarindus indica</i> L.

Fuente: (30)

II.4. Morfología del fruto

El fruto del árbol está compuesto por tres capas, las cuales son el epicarpio, mesocarpio y endocarpio. El epicarpio tiene una coloración entre marrón o gris con una textura frágil y escamosa al momento de secarse; el mesocarpio es

pulposo y consta de un conjunto de fibras que revisten al fruto y el endocarpio presenta una coloración marrón negruzca con una textura gruesa (31).

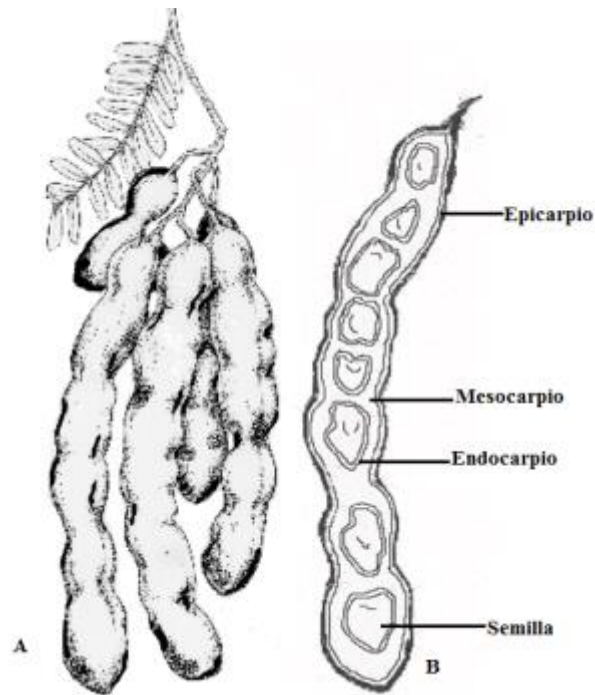


Figura A. Parte botánica del fruto Tamarindo
(31).

II.5. Descripción de botánica

Se trata de un árbol de vida muy larga, de grueso tronco que puede alcanzar un perímetro de 7.5 metros de circunferencia. Tiene una corteza de color gris oscuro y áspera. Posee raíces profundas y ramas fuertes y flexibles para contener los vientos. Sus hojas son alternas, glabras paripinnadas, con 10 – 20 pares de folíolos oblongos, opuestos, ápice redondeado, base asimétrica y borde entero (32).

Las flores crecen dispuestas en pequeños racimos, hermafroditas, amarillentas con una venación de color rosa o anaranjada. Las flores individuales

miden alrededor de 2.5 centímetros de diámetro, poseen tres estambres y cinco pétalos (32).

Los frutos son vainas indehiscentes curvadas y con protuberancias, debido a las semillas que reserva en su interior. Mide entre 5 y 15 (hasta 20) centímetros de longitud por 2-2.5 centímetros de ancho y aproximadamente de 1 centímetro de grosor (32).

Los frutos se mantienen en el árbol por varios meses, presentan una capa exterior, el epicarpio, de contextura pardo delgado, escamosa y crustácea seca, se rompe irregularmente al secarse, una capa mediana, mesocarpio, pulposa conjuntada con fibras y una capa coriácea interna, endocarpio, septada entre las semillas, de 2 a 3.5 cm de ancho por 1.7 a 15 cm de largo y 1.5 cm de espesor; conteniendo 1 a 12 semillas (33).

Las semillas son duras de color marrón y envueltas por la capa endocarpio protectora. Generalmente una vaina contiene entre 2 y 10 semillas de 1 centímetro de diámetro cada una (32).

II.6. Valor Nutricional

La pulpa constituye un 40% de la vaina y es fuente importante de vitaminas, minerales y pectinas; la pulpa de color rojo de algunos tipos de tamarindo contiene un pigmento llamado Chrysanthemin (30), (34).

Las hojas jóvenes son ricas en minerales (calcio, fósforo y azufre) y vitaminas (vitaminas A y niacina) mientras que las flores poseen altas concentraciones de calcio, fósforo y ácido ascórbico (30).

Las semillas de tamarindo son también una rica fuente de almidón, proteína y aceite. Su composición química: agua 11.3%, proteína 13.3, grasa 5.4%, carbohidratos 57.1%, ceniza 4.1% y fibra cruda 8.8%. La proteína de la semilla es rica en ácido glutámico (18%), ácido aspártico (11.6%) glicina (9.1%) y leucina (8.2%). La proporción de aminoácidos esenciales en la proteína es de 33.6% (30).

Tabla III. Valor nutricional de la pulpa de *Tamarindus indica* L.

100 g. de pulpa comestible contienen:	
Calorías	280
Agua	18,4 g.
Proteínas	5,4 g.
Grasa	0,5 g.
Carbohidratos	61,3 g.
Fibra	11,9 g
Cenizas	2,5 g.
Calcio	81 mg.
Fosforo	86 mg.
Hierro	1,1 mg
Vitamina A (U.I.)	0.
Tiamina	0,20 mg,
Riboflavina	0,19 mg.
Niacina	2,5 mg.
Ácido ascórbico	18 mg.

Fuente: (35).

II.7. Uso del Tamarindo

Según (36) la fruta tiene usos culinarios y medicinales que incluyen comerla cruda, seca y molida en forma de especia en seco para preparar dulces y una

vez que está completamente madura. También tiene la capacidad de mejorar una serie de problemas de salud en todo el cuerpo, que incluyen:

- Reforzar la salud respiratoria.
- Promover la salud cardíaca al reducir la presión arterial.
- Regular los niveles de glucosa en la sangre para ayudar a controlar la diabetes.
- Ayudar en la pérdida de peso al inhibir las enzimas que almacenan grasa.
- Aliviar el dolor, incluyendo dolor de cabeza.
- Combatir infecciones al fortalecer el sistema inmunológico.
- Reducir la fiebre.
- Proteger contra parásitos intestinales.
- Reducir el dolor e inflamación causadas por las hemorroides.
- Estimular la liberación de jugos gástricos para ayudar a regular la digestión a través de su fibra.
- Mejorar la circulación sanguínea debido a su contenido de hierro.
- Proteger su piel del envejecimiento prematuro.
- Mejorar la función nerviosa debido a su alto contenido de tiamina.
- Aliviar los trastornos cutáneos (36).

La semilla del tamarindo tiene usos adhesivos, son pulverizadas y mezcladas con goma arábica resultando un excelente pegamento. Las semillas contienen almidón (63%), proteína (16%) y aceite semisecante (5.5%). También esta es utilizada medicinalmente para curar el mal de orín (33).

Tabla IV. Usos del *Tamarindus indica* L.

Parte Utilizada	Uso
Semilla	Adhesivo, Comestible, Forrajero, Medicinal.
Hoja	Colorantes, Comestible, Forrajero, Medicinal, Ceremonial.
Madera	Combustible, Construcción, Implementos de Trabajo, Industrial, Maderable, Uso doméstico.
Fruto	Comestible, Condimento/especias, Curtiente, Forrajero, Medicinal.
Flor	Comestible, Melífera.
Vástago	Forrajero
Vaina	Forrajero, Medicinal.
Corteza	Medicinal.
Tallo Joven	Medicinal.

(37).

II.8. Metales pesados

La presente terminología contiene cualquiera de los elementos químico metálico que presenten una determinada densidad alta, también tener propiedades toxicas o venenosas en concentraciones bajas. Los diferentes metales pesados que podemos encontrar son el Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Arsenio (As), Cromo (Cr), Talio (Tl), Plomo (Pb) y Cobre (Cu). Estos metales pesados son constituyentes de la corteza terrestre. No pueden ser destruidos o descompuestos, la existencia de los metales pesados es debido a las diferentes actividades del ser humano como son la agricultura, ganadería, minería, actividades industriales y trafico automovilístico, que se consideran fuentes de metales pesados (38).

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos cadmio, mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo. Son, en general, tóxicos para los seres humanos, y además su característica de ser bioacumulativos, no pueden ser eliminados por el cuerpo (39).

Son aquellos cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de las personas. Los términos metales pesados y metales tóxicos se usan como sinónimos, pero sólo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos. Son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Algunos son indispensables en bajas concentraciones, ya que forman parte de sistemas enzimáticos, como el cobalto, zinc, molibdeno, o como el hierro que forma parte de la hemoglobina. Su ausencia causa enfermedades, su exceso intoxicaciones (40).

En el suelo, los metales pesados como iones libres pueden tener acción directa sobre los seres vivos lo que ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos -SH (sulfhidrilos) de las proteínas, causando daños irreversibles en los diferentes organismos. La contaminación en suelos por metales pesados ocurre cuando estos son irrigados con aguas procedentes de desechos de minas, aguas, residuales contaminadas de parques industriales y municipales y filtraciones de presas de jales (41).

En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo y ocupando sitios de intercambio; segunda, específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos. Por otra parte, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pueden pasar a la atmósfera por

volatilización y pueden ser movilizados a las aguas superficiales o subterráneas (42).

II.9. Fuentes del huésped que influyen en la toxicidad de los metales pesados

Tabla V. Fuentes del huésped que influyen en la toxicidad de los metales pesados.

Origen de contaminación	Metales pesados involucrados
Natural, proviene del suelo	Cadmio, Bromo, Flúor, Cobre
Uso de desinfectantes, insecticidas y medicamentos	Arsénico, Cobre, Plomo, Mercurio
Por el equipo de procesamiento	Cobre, Hierro, Níquel, Estaño, Plomo, Cadmio
Debido al almacenamiento	Hierro, Níquel, Estaño, Plomo, Cadmio, Estroncio
Debido al procesamiento	Cobre, Cadmio, Arsénico
Suplementos alimenticios en dietas de animales	Cobre, Cadmio, Hierro, Zinc, Arsénico

Fuente: (43).

II.10. Fuentes de exposición

Los metales son pertenecientes a la corteza terrestre. Estos contaminantes de gran proporción los cuales se manifiestan al medio de las actividades humanas provocando daño al ambiente. La minería es una de las principales causas de contaminación de metales pesados a causa de la extracción de grandes cantidades de material, por medio de la refinación de metales preciosos o también por el descargo de efluentes industriales al medio ambiente y emisiones vehiculares. La inapropiada distribución de los residuos metálicos ha

ocasionado de esta forma contaminar el suelo, agua superficial y subterránea y los ambientes acuáticos (38).

Las fuentes de exposición de los metales pesados están estrechamente relacionadas con las aplicaciones de estos, puesto que las industrias o procesos que requieren de la participación de estos metales son precisamente las que los liberan al ambiente ya sea en el aire, suelo o agua. Aunque la mayoría se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, el hombre ha provocado que la presencia de estos sea mayor a la que existiría de forma natural, pues muchos procesos antropogénicos no se conciben hoy día sin la presencia de metales. La incineración de residuos genera gran cantidad de metales tóxicos que causan graves problemas ambientales (44).

II.11. Dinámica de los metales pesados en el suelo

Según (45) los metales pesados presentes en los suelos no se comportan como elementos estáticamente inalterables, sino que siguen unas pautas de movilidad generales. La dinámica de los metales pesados en el suelo puede clasificarse resumidamente en cuatro vías:

- Movilización a las aguas superficiales o subterráneas.
- Transferencia a la atmosfera por volatilización.
- Absorción por las plantas e incorporación a las cadenas tróficas.
- Retenidos por adsorción, complejación y precipitación (45).

II.12. Fitotoxicidad por metales pesados

La fitotoxicidad por metales tóxicos se manifiesta particularmente en sueños ácidos y afecta tanto el crecimiento como a la formación de raíces laterales y

secundarias. Además, la acumulación de Cadmio y plomo supone un peligro adicional a integrarse en la cadena trófica (45).

La raíz posee cargas negativas a sus células rizodérmicas, pertenecientes a polímeros como los grupos carboxilo del ácido péptico y diversas proteínas estructurales y enzimáticas. Estas cargas negativas, al unirse en el espacio de la rizosfera a cargas positivas, como las de los cationes metálicos Plomo forman una interfase en equilibrio (45).

Estos cationes entran por la pared celular, que es hidrófila y facilita el transporte e intercambio de iones y una vez allí, se unen a las cargas negativas de la pared celular y serán transportados radialmente, en parte por la vía apoplástica y en parte por la vía simplástica. En las zonas apicales jóvenes la banda de Caspari no se ha formado y todo el metal pasa apoplásticamente hasta la zona vascular, lo que no sucede con raíces adultas, donde la diferenciación de tejidos y formación de endodermis obliga a abandonar la vía apoplástica y utilizar la simplástica (46).

II.13. Absorción de los metales pesados

En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo u ocupando sitios de intercambio; segunda, específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos. Por otra parte, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pueden pasar a la atmósfera por volatilización y pueden ser movilizados a las aguas superficiales o subterráneas (47).

La adsorción de los metales pesados está fuertemente condicionada por el pH del suelo (y, por tanto, también su solubilidad). Otros metales como el cadmio (Cd) y el zinc (Zn), se pueden absorber en mayor grado en plantas, en las hojas se llegan a acumular mayores contenidos del metal, provocando en las hojas un marchitamiento y disminución en la longitud de sus raíces y de la biomasa (48).

II.14. Rutas de absorción las planta

El agua puede ser absorbida prácticamente a través de cualquier superficie vegetal, pero en el caso de las plantas terrestres la casi totalidad del agua es absorbida a través de las raíces y solo una pequeña parte mediante los órganos aéreos. El agua es absorbida fundamentalmente por los pelos radicales y otras zonas de la raíz, y después su transporte hacia la parte aérea debe realizarse por los tejidos de la xilema. La xilema es el tejido más importante en el transporte de agua, está formado por varios tipos de diferentes de células vivas y no vivas, entre las que puede señalarse los elementos traqueales, a través de los cuales se realiza prácticamente todo el transporte del agua, también se encuentran en el xilema las fibras y las células parenquimáticas vivas (49).

Todos los componentes que se encuentran en el agua o suelo son absorbidos por las raíces y transportados por la xilema, vasos conductores de savia bruta, a la parte superior de la planta, tallos y hojas. Tiene principal lugar en los pelos radicales, que son una extensión de las células epidérmicas de la raíz; cuyo transporte se lleva a cabo radialmente, de los pelos absorbentes a la estela central, donde se encontrara con la xilema, cruzando la pared o el citoplasma de las células de la corteza (50).

II.15. Bioadsorción de metales pesados

Es proceso por el cual el contaminante presente en el suelo, agua o aire es atraído a la superficie o estructura de un elemento orgánico. Generalmente

para el proceso de bioadsorción suelen ser usados las bacterias, hongos, algas o residuos vegetales como potenciales bioadsorbentes (51).

En la bioadsorción, dependiendo del mecanismo en la interacción entre la superficie del material y el contaminante, se podrá distinguir entre fisisorción, que implica la participación de fuerzas de atracción con la superficie del adsorbente y Quimi sorción, que se relaciona con la formación de enlaces químicos (52).

II.16. Cadmio: Ingreso, Transporte y acumulación en suelos y Plantas

Entre las proteínas responsables de la entrada de cadmio a la célula cabe destacar el transportador específico de calcio LCT1 (53), y la proteína IRT1, perteneciente a la familia de transportadores de Zn y Fe (ZIP) (54). Otra familia de transportadores implicados es la Nramp, localizada en la membrana de la vacuola, por lo que probablemente tenga una función en la movilización del metal y no en el ingreso del mismo a la raíz (55).

Una vez dentro de la célula el cadmio puede coordinarse con ligandos de S como glutatión (GSH) o fitoquelatinas (PCs) y ácidos orgánicos como el citrato (56).

En la planta, el cadmio se acumula preferentemente en la raíz secuestrado en la vacuola de las células, y solo una pequeña parte es transportada a la parte aérea de la planta concentrándose en orden decreciente en tallos, hojas, frutos y semillas (57). En células de levadura se ha demostrado que el cadmio ingresa en la vacuola unido a fitoquelatinas (PCs) a través de un transportador de tipo ABC (58).

En la figura 2 se muestra un esquema del ingreso del cadmio a través de las células de la raíz, hasta llegar a la xilema.

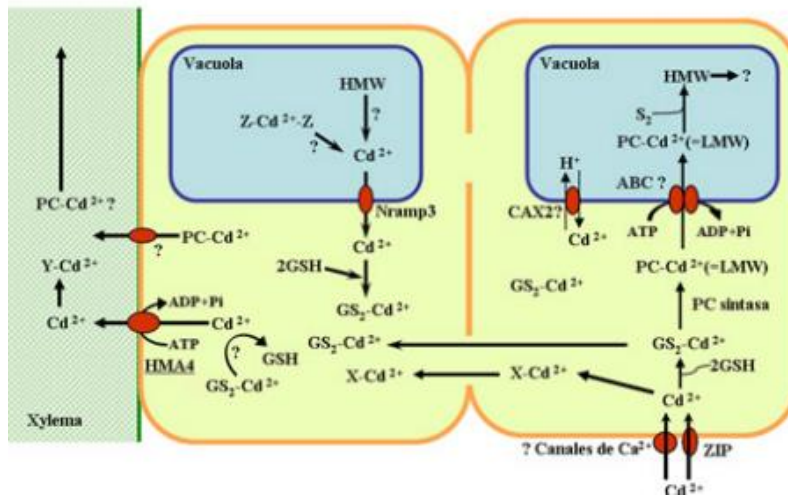


Figura B. Representación esquemática de los mecanismos de ingreso, secuestro y translocación del Cd en raíces (56)

II.17. Caracterización de cadmio

Según (45) el cadmio es un elemento metálico que pertenece, junto con el zinc y el mercurio, al grupo IIb de la tabla periódica. La principal especie del cadmio en la solución suelo es Cd^{+2} , pero este metal puede formar los siguientes complejos iónicos: $CdCl^+$, $CdOH$, $CdHCO^{+3}$, $CdCl^3$, Cd^2 además de complejos orgánicos. En las soluciones suelo en condiciones aeróbicas las especies de cadmio será las siguientes:

- Suelos ácidos: Cd (II), $CdSO_4$ y $CdCl_4$
- Suelos alcalinos: Cd (III), $CdCl$, $CdSO_4$ y $CdHCO_3$ (45).

II.18. Manifestaciones clínicas

II.18.1. El Plomo

Es aquel metal pesado que posee una resistencia a la corrosión, ha sido utilizado a través de los años, presenta buena ductilidad, maleabilidad y una gran facilidad para generar aleaciones. El Plomo es un contaminante absorbido por medio de la inhalación, ingesta y por la piel (59).

Las vías de manifestación son:

- Aspiración de partículas de plomo provocadas por medio de la combustión de ciertos materiales.
- La ingesta de polvo, agua o alimentos contaminados. Pueden distribuirse en distintos órganos, tejidos huesos y dientes, provocando de esta forma un acumulamiento con el avance de los años (6).

La intoxicación por plomo puede variar dependiendo su grado de exposición y la edad que tenga la persona (6).

El plomo se encuentra entre uno de los cuatro metales con mayor efecto dañino en la salud humana. Se incorpora en el cuerpo humano por alimentos (65 %), a través del agua (20 %) y en el aire (15 %). Los alimentos que contienen cantidades representativas de plomo son las siguientes hortalizas, cereales, frutas, vegetales, carnes, granos, mariscos, refrescos y vino (6).

Efectos causados en la salud humana producida por este metal:

- Cambio en su presión sanguínea.
- Deterioro renal.
- Causa aborto.
- Perturbación en el sistema nervioso.
- Daño al cerebro.
- Infertilidad del hombre a través del daño en el esperma.
- Disminuye la capacidad de aprendizaje en los niños.
- Cambio en el comportamiento de los niños, por ejemplo, se vuelve agresivo, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad (6).

II.18.2. El Cadmio

Naturalmente no se encuentra en estado libre y la greenockita (sulfuro de cadmio) es el único mineral de cadmio. Casi todo el que se produce es obtenido como subproducto de la fundición y refinado de los minerales de Zinc (60).

El cadmio posee una dispersión ambiental muy elevada dentro de los metales pesados ya que tiene una relativa solubilidad de sus sales e hidróxidos, que lo convierten en un contaminante cosmopolita, llegando a causar un importante impacto ambiental (61).

El contacto crónico a niveles bajos de Cadmio puede causar enfermedades pulmonares degenerativas como enfisema y bronquitis crónica. En el caso donde el contacto sea frecuente se le relaciona con una gran diversidad de enfermedades, como alteraciones cardiacas, anemia, fragilidad ósea, depresión de la respuesta inmunitaria, enfermedades renales y hepáticas, de todas estas enfermedades la más estudiada ha sido la renal, en la mayoría de los casos la función renal resulta afectada hasta que las concentraciones de Cadmio alcanzan niveles críticos y así aparecen los signos y síntomas de insuficiencia renal, para entonces se incrementa la eliminación de Cadmio, pero por desgracia, el daño que han sufrido los riñones ya es irreversible (62).

El cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón. El cadmio tiene la capacidad de acumularse en estos órganos vitales lo que produce daños irreversibles aún para concentraciones reducidas. De otra parte, el tiempo de permanencia en estos órganos puede ser muy elevado. Así, el tiempo de vida media del cadmio en el riñón puede alcanzar los 30 años (63).

Al cadmio se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas. El cadmio causa severos desequilibrios

en los procesos de nutrición y transporte de agua en las plantas. La favorabilidad de acumulación de cadmio en las plantas ha llevado a considerarlas como potenciales candidatos para tareas de fitorremediación de este metal (64).

II.19. Método de Espectrometría de Absorción Atómica

La espectroscopia de absorción atómica (EAA), tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes. La absorción es específica, por lo que cada elemento absorbe a longitudes de ondas únicas. La cantidad de fotones absorbidos está determinada por la ley de Beer, que relaciona esta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbedores (65).

II.20. Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica

Una fuente de radiación que emita una línea específica correspondiente a la necesaria para efectuar una transición en los átomos del elemento analizado. Un nebulizador, que, por aspiración de la muestra líquida, forme pequeñas gotas para una atomización más eficiente. Un quemador, en el cual por efecto de la temperatura alcanzada en la combustión y por la reacción de combustión misma, se favorezca la formación de átomos a partir de los componentes en solución. Un sistema óptico que separe la radiación de longitud de onda de interés, de todas las demás radiaciones que entran ha dicho sistema. Un detector o transductor, que sea capaz de transformar, en relación proporcional, las señales de intensidad de radiación electromagnética, en señales eléctricas o de intensidad de corriente. Un amplificador o sistema electrónico, que como su nombre lo indica amplifica la señal eléctrica producida, para que en el siguiente paso pueda ser procesada con circuitos y sistemas electrónicos comunes. Por último, se requiere de un sistema de lectura en el cual la señal de intensidad de

corriente sea convertida a una señal que el operario pueda interpretar. Este sistema de lectura, puede ser una escala de aguja, una escala de dígitos, un graficador, una serie de datos que pueden ser procesados a su vez por una computadora (66).

II.21. Descripción de la técnica

La técnica de absorción atómica en una forma concisa consta de lo siguiente, la muestra en forma líquida es aspirada a través de un tubo capilar y conducida a un nebulizador donde ésta se desintegra y forma un rocío o pequeñas gotas de líquido. Las gotas formadas son conducidas a una flama, donde se produce una serie de eventos que originan la formación de átomos. Estos átomos absorben cualitativamente la radiación emitida por la lámpara y la cantidad de radiación absorbida está en función de su concentración. La señal de la lámpara una vez que pasa por la flama llega a un monocromador, que tiene como finalidad el discriminar todas las señales que acompañan la línea de interés. Esta señal de radiación electromagnética llega a un detector o transductor y pasa a un amplificador y por último a un sistema de lectura (67).

II.22. Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito

La técnica de GFAAS permite bajar los límites de detección al rango de partes por billón (ppb) con una instrumentación relativamente sencilla y sin los esfuerzos y pérdidas de tiempo que conllevan las técnicas de extracción previa. El principio del método se basa en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica de cada elemento. Se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente (68).

En el secado, una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente, usualmente entre 80 a 180 °C. El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente. La muestra inyectada entre 2-20 µL en el horno de grafito es sometida a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente entre 80 a 180 °C. Aquí se evaporan el solvente y los componentes volátiles de la matriz (69).

El próximo paso del programa es el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material, materia orgánica de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados (70).

En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas de entre 1800 a 2800 °C para vaporizar los residuos del paso de calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico. Se mide la absorbancia durante este paso. La temperatura de atomización depende de la volatilidad del elemento. Usualmente se agrega una cuarta etapa para limpieza del horno a una temperatura algo superior a la temperatura de atomización. Cuanto mejor sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias (71).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Tipo de investigación

La metodología utilizada en la presente investigación es de tipo exploratoria y con enfoque cuantitativo.

III.2. Equipos, Materiales y Reactivos

III.2.1. Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- MODELO (PERKIN ELMER AANAYST 100).

III.2.2. Materiales

- Envases plásticos.
- Tubos de ensayo.
- Mortero.

III.2.3. Reactivos

- Nitrato de Cadmio Tetrahidratado.
- Nitrato de Plomo.

III.3. Muestra

III.3.1. Ubicación de la muestra

El fruto fue recolectado en la Universidad de Guayaquil.

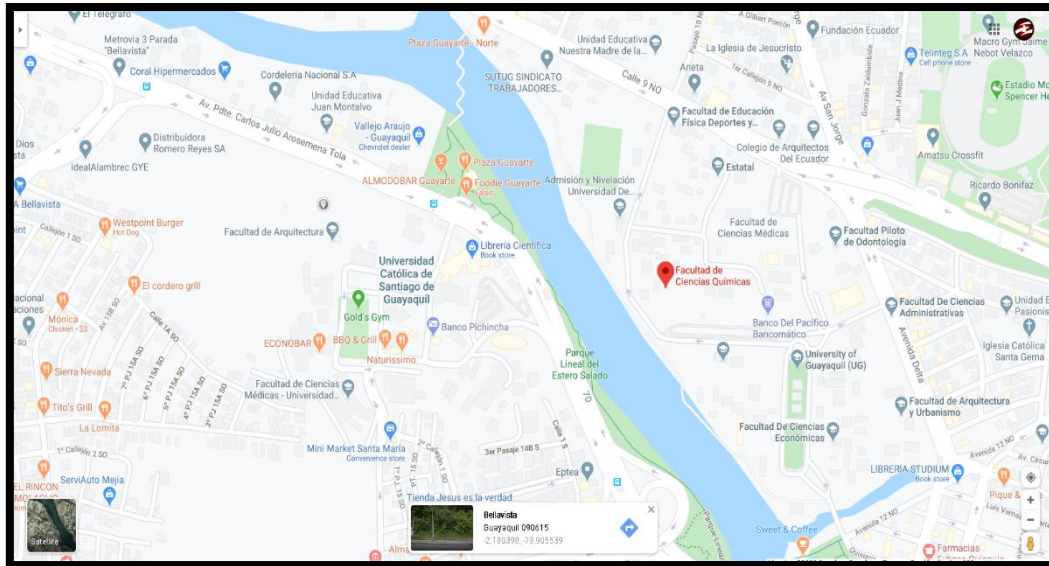


Figura C Ubicación zona de estudio (Estero Salado, Guayaquil-Ecuador)

Fuente: (<https://www.google.com/maps/place/Facultad+de+Ciencias+Qu%C3%ADmicas/@-2.1816467,79.9020845,941m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x902d6de653f04325:0xa28ef3e4e71c5542!8m2!3d-2.1816521!4d-79.8998958>)

III.3.2. Recolección de muestra

Las muestras fueron recolectadas en el sector de la Universidad de Guayaquil ya que esta bordea con el Estero Salado.

III.3.3. Criterio de muestreo

La recolección del fruto Tamarindo se llevó a cabo de forma manual tomando en cuenta los siguientes criterios de muestreo:

- El fruto debe de estar entero.
- Debe de presentar un aspecto fresco.
- Debe de estar exento de olor y materiales extraños.
- No debe de presentar magulladuras.

III.4. Metodología Experimental

III.4.1. Proceso experimental

III.4.1.1. Solución Madre de Cadmio

1. En un balón de 1000 ml se toma una alícuota de 100µL del estándar de Cadmio (1000ppm) y se afora con ácido nítrico al 0.2%, consiguiendo de esta manera una solución madre de Cadmio de 100 ppb.
2. Posteriormente se prepara una solución de 50ppb adicionando HNO₃ al 0.2%.
3. Luego se coloca el estándar de 50 ppb en un vial y en otro vial el blanco (HNO₃), identificando la localización de los viales se procede a colocar en el auto muestreador.
4. El auto muestreador toma 20µl de solución y se coloca en el horno de grafito para analizarse, el equipo directamente da la lectura de absorbancia digital que permite la calibración de la curva en términos directos de concentración. Con el software se puede apreciar la curva de calibración, los picos obtenidos, la absorbancia y el resultado en µg/L.

III.4.1.2. Solución Madre de Plomo

1. En un balón de 1000 ml se toma una alícuota de 1 ml del estándar de Plomo (1000ppm) y se afora con ácido nítrico al 0.2%, consiguiendo de esta manera una solución madre de Plomo de 1000 ppb.
2. Posteriormente se prepara una solución de 100ppb adicionando HNO₃ al 0.2%.
3. Luego se coloca el estándar de 100 ppb en un vial y en otro vial el blanco, identificando la localización de los viales se procede a colocar en el auto muestreador.
4. El auto muestreador toma 20µl de solución y se coloca en el horno de grafito para analizarse, el equipo directamente da la lectura de absorbancia digital que permite la calibración de la curva en términos directos de concentración. Con el software se puede apreciar la curva de calibración, los picos obtenidos, la absorbancia y el resultado en µg/L.

III.4.1.3. Procedimiento del tratamiento de muestras

1. Antes del análisis, se trata previamente las muestras como se indica a continuación:
2. Lavar los materiales con ácido nítrico 1+1 y abundante agua, homogenizar con agua libre de metales.
3. Realizar una digestión con ácido nítrico concentrado y agua en un lugar limpio, libre de polvo y contaminación de la siguiente manera.
4. Transferir un volumen de muestra apropiadamente homogenizada medido, se recomienda 100 ml, en la Sorbona adicionar 5 ml de HNO₃ concentrado.
5. Llevar a ebullición lenta hasta evaporar el menor volumen posible, aproximadamente 10 a 30 ml, sobre una placa caliente.
6. No dejar que la muestra se seque durante la digestión.
7. Lavar las paredes del vaso de precipitación y la cubierta de vidrio, si se utiliza, con agua libre de metales.

- 8.** Filtrar en un balón volumétrico de 100 ml, y añadir agua libre de metales hasta el aforo y mezclar cuidadosamente.
- 9.** Añadir una cantidad apropiada de modificador de matriz y diluir con agua libre de metales hasta el volumen de aforo.
- 10.** Llenar los viales de polipropileno previamente homogenizados, con la muestra digestada.
- 11.** Colocar los viales dentro del muestreador automático previamente codificados, el equipo tomará 20 μ L de la muestra y colocará en el tubo de grafito para analizarse en el espectrofotómetro de absorción atómica electrotérmica.
- 12.** Antes de realizar las lecturas correspondientes se debe se debe poner auto cero al instrumento, y se procede a analizar las muestras.
- 13.** Si la concentración de la muestra está fuera de la curva de calibración se realizará las respectivas diluciones para lograr que la muestra entre dentro del rango.
- 14.** El auto muestreador toma 20 μ l de solución y se coloca en el horno de grafito para analizarse, el equipo directamente da la lectura de absorbancia digital que permite la calibración de la curva en términos directos de concentración. Con el software se puede apreciar la curva de calibración, los picos obtenidos, la absorbancia y el resultado en μ g/L.
- 15.** Registrar los resultados obtenidos luego de las mediciones.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

IV.1. Resultados

IV.1.1. Parámetros Fisicoquímicos

Tabla VI. Parámetros fisicoquímicos

Muestra	Parámetros	Método	Resultados	Unidad
Pulpa de tamarindo	Humedad	AOAC 2006.03 (Absorción atómica)	64.4	%

Fuente: Autores

IV.1.2. Determinación de Cadmio

Tabla VII. Determinación de Cadmio

Muestra	Parámetros	Método	Resultados	Unidad
Pulpa de tamarindo	Cadmio (Cd)	AOAC 2006.03 (Absorción atómica)	<1.25	mg/Kg
Pulpa de tamarindo	Cadmio (Cd)	AOAC 2006.03 (Absorción atómica)	<1.25	mg/Kg
Pulpa de tamarindo	Cadmio (Cd)	AOAC 2006.03 (Absorción atómica)	<1.25	mg/Kg

Fuente: Autores

IV.1.3. Determinación de Plomo

Tabla VIII. Determinación de plomo.

Muestra	Parámetros	Método	Resultados	Unidad
Pulpa de tamarindo	Plomo (Pb)	AOAC 2006.03 (Absorción atómica)	<1.25	mg/Kg
Pulpa de tamarindo	Plomo (Pb)	AOAC 2006.03 (Absorción atómica)	<1.25	mg/Kg
Pulpa de tamarindo	Plomo (Pb)	AOAC 2006.03 (Absorción atómica)	<1.25	mg/Kg

Fuente: Autores

Tabla IX. Concentración de cadmio con valores declarados en las normas NTE INEN 271 y CODEX STAN 193-1995.

Muestra	Parámetros	Resultados	NTE INEN 271	CODEX STAN 193-1995
Pulpa de tamarindo	Cadmio (Cd)	<1.25 mg/Kg	En las normativas INEN no especifica concentraciones de cadmio para <i>Tamarindus indica</i>	0.2mg/Kg

Fuente: Autores

Tabla X. Concentración de plomo con valores declarados en las normas NTE INEN 271 y CODEX STAN 193-1995.

Muestra	Parámetros	Resultados	NTE INEN 271	CODEX STAN 193-1995
Pulpa de tamarindo	Plomo (Pb)	<1.25 mg/Kg	0.05mg/Kg	0.2mg/Kg

Fuente: Autores

IV.1.4. Discusión

La OMS advierte que el actual límite de cadmio y plomo en alimentos puede estar infravalorado, han establecido niveles de riesgo en función de la concentración de metales en agua y alimentos de consumo humano.

El presente trabajo de investigación de presencia de cadmio en pulpa de tamarindo arrojó como resultado $< 1.25\text{mg/kg}$, valores que indica los límites de sensibilidad del procedimiento, bien podría estar dentro de la concentración establecida en relación a la norma CODEX STAND 193-1995 que indica que el límite permisible es 0.2mg/kg , cabe mencionar que la NTE INEN 271 no presenta referencias acerca del límite permisible de Cadmio como metales pesados en alimentos. Así mismo, en el estudio realizado por Alcalá (2015) en árboles de la familia de las Fabaceae en suelo minero se pudo encontrar que estas pueden presentar una concentración de Cadmio de 6.2 veces mayor que la establecida en las normativas, lo que confirma que las Fabaceae pueden absorber Cadmio.

En el caso del metal pesado Plomo la concentración encontrada en la pulpa de *Tamarindo indica* objeto de este estudio fue $<1.25\text{mg/kg}$ valor que indica los límites de sensibilidad del procedimiento, bien podría estar dentro de la concentración establecida en la normativa NTE INEN 271 que es de 0.05 mg/Kg y la CODEX STAND 193-1995 que es de 0.2 mg/Kg . El mismo estudio de Alcalá mencionado anteriormente, puedo demostrar que la Fabaceae pueden absorber Plomo en grandes concentraciones. Es importante recalcar que estas concentraciones tan bajas, puede cuantificarse con la misma técnica con horno de grafito acoplado a la espectrofotometría de absorción atómica, sin embargo, es apreciable que los árboles de tamarindo no desarrollan frutos al verse afectados por la contaminación de estos metales pesados.

La presencia de Plomo y Cadmio encontradas en la pulpa de *Tamarindus indica* puede deberse a que los árboles de este estudio se encuentran cerca del Estero Salado, el cual recibe descargas significativas de una gran diversidad de

industrias, causando el incremento de las concentraciones de los metales pesados y deteriorando la flora y la fauna, y afectando la salud de las personas que pudieran consumir frutos en estas condiciones.

De esta manera los frutos de *Tamarindus indica* que crecen en la Universidad de Guayaquil no serían aptos para el consumo humano hasta que se garantice su inocuidad en referencias a las normativas establecidas.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1. CONCLUSIONES

Se determinó la concentración de cadmio en pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica*) y se obtuvo el valor de <1.25 mg/Kg.

Se determinó la concentración de plomo en la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica*) y se obtuvo el valor de <1.25 mg/Kg.

No se pudo contrastar los valores obtenidos de concentración de cadmio acumulados en la pulpa de tamarindo con la norma técnica NTE INEN 271 porque esta no tiene un valor referencial, pero en el caso del CODEX STAN 193-1995 cuyo valor permitido es hasta 0.2 mg/Kg, no ha sido rastreable, ya que el método de espectrometría de absorción atómica no logra detectar la cantidad total de este metal pesado al ser <1.25 mg/Kg.

De igual manera, el valor obtenido del metal pesado plomo en la pulpa del tamarindo fue <1.25 mg/Kg, al contrastarlo con la norma técnica NTE INEN 271 cuyo valor máximo permitido es de 0.05 mg/Kg, igual en el caso de lo que establece en el CODEX STAN 193-1995 cuyo valor máximo permitido es 0.2 mg/Kg. De esta manera se puede concluir que la pulpa de tamarindo de los árboles que crecen en la Universidad de Guayaquil presenta una concentración de metales pesados.

V.2. RECOMENDACIONES

Cuantificar cadmio y plomo por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito.

Determinar la presencia de cadmio y plomo por cromatografía de gases y espectrometría de masas para la cuantificación de las concentraciones en la pulpa de tamarindo.

Determinar la concentración de cadmio y plomo en todos los árboles frutales que crecen en la Universidad de Guayaquil.

Evaluar el impacto ambiental por la contaminación de cadmio y plomo en la Universidad de Guayaquil.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

1. Waisberg M,JP,HBaB. Molecular and celular mechanisms of cadmium carcinogenesis. Toxicology. ReserarchGate. 2003;; p. 95-117.
2. Prieto J,GC,RA,PF. Contaminacion y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Universidad Autonoma del estado de Hidalgo, Mexico. 2009.
3. Resúmenes de Salud Pública - Cadmio (Cadmiun). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 2016.
4. OMS. Intoxicación por plomo y salud. Organización Mundial de la Salud. 2019.
5. Revilla CPE. Contaminación por metales pesados. Revista Científica Ciencia Médica. 2009.
6. Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. Contaminación por metales pesados : Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo Vol. 16 N° 2. 2016;; p. pp. 66-77.
7. López PHV. Efectos de la contaminación ambiental en la flora y fauna. In Lopez Velastegui H. conciencia digital.; 2018. p. Vol 1; Num. 2.
8. Concha ELCyR. EVALUACION DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS. [Online].; 2016. Available from: <http://www.unp.edu.pe/institutos/iipd/trabajosinvestigacion/facultadminasquimica-esthercalderon.pdf>.
9. Prieto J, González CA, Román AD, Prieto F. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2009; 10(1): p. 29-44.
10. Vallarino CC. DETECCIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA. In Vallarino CC.; 2011.
11. Rodríguez M,MN,RPMC,dRLA,SLM. Toxicidad del cadmio en plantas. revista científica y tecnica de ecologia y medio ambiente. 2008;; p. 17(3):139-146.
12. Telisman, S., Colak, B., Pizent, A., Jurasović, J., & Cvitko. Adverse effects of low level heavy metal exposure on male reproductive function: PubMed; 2007.

13. Marlon Hoyos-Cerna AGP. Bioacumulacion de plomo y cadmio en Brassica oleracea y Raphanus sativus L. <https://core.ac.uk/download/pdf/267888871.pdf>. .
14. A. Meter, R.J. Atkinson and B. Laliberte. CADMIO EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE. ; 2019.
15. Barragán Santillán Jefferson Marcos, Carrera Murillo Leonor Andrea. Determinación de valor nutricional y metales pesados en Manguifera indica. Guayaquil; 2019.
16. Naciones Unidas. ODS. [Online].; 2015. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.
17. Cadete, Olga Lidia Dipre; Arnal, Jose Miguel Arnal. Study of the Contamination of Fruits and Vegetables by cause of the Metal Heavy. ; 2017.
18. Bermejo D. Remoción de plomo y cadmio presnete en aguas residuales mineras mediante biosorción en columnas con bagazo de caña y cáscara de cacao Repositorio de la Univerisdad de Cuenca; 2016.
19. Revilla DCPE. Contaminacion por metales pesados. Revista Cientifica Ciencia Médica SCEM. 2009;; p. 45 -46.
20. Beatriz Pernia, Mariuxi Mero, Xavier Cornejo, Nelson Ramirez, Lissette Ramirez, Kenya Bravo, David Lopez, Jorge Muñoz, Josue Zambrano. Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. Guayaquil; 2018.
21. Banguera FAR. CUANTIFICACIÓN DE CADMIO, PLOMO Y NÍQUEL EN AGUA SUPERFICIAL, SEDIMENTO Y ORGANISMO (Mytella guyanensis) EN LOS PUENTES PORTETE Y 5 DE JUNIO DEL ESTERO SALADO (GUAYAQUIL). Guayaquil; 2013.
22. Alcalá Jauregui J, Rodriguez Ortíz JC, Hernández Montoya A, Diaz Flores P, Filippini M, Martínez Carretero E. Cortezas de Prosopis laevigate (fabaceae) y Schinus molle (Anacardiaceae) como bioindicadoras de contaminacion por metales pesados. Revista de la facultad de Ciencias Agrarias. 2015 Diciembre; 47(2): p. 83-95.
23. Amay FES. Evaluacion de metales pesados en recursos terapeuticos vegetales de la ciudad de Iquitos. 2016.

24. Jorge Alcalá Juaregui JCROAHMMFFEMCPEDFANRVHRFFABM. Heavy metals in atmospheric dust deposited in leaves of *Acacia farnesiana* (Fabaceae) and *Prosopis laevigata* (Fabaceae). FCA UNCUYO. 2018;; p. 173-185.
25. Prasad R. Environmental Challenges in the Pacific Basin. Review of soil Remediation technologies. 2008; 1140.
26. Alloway BJ. Heavy metals in soil. Blackie academic and Professional. 1995.
27. Summer ME. Beneficial use of effluents, wastes, and biosolids. Communications in soil Science and plant analysis. 2000.
28. Apolaca ED. Utilizacion de adsorbentes basados en Quitosano y Alginato Sodico para la eliminacion de iones metalicos: Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} y Co^{2+} . Revista Iberoamericana de polimeros. 2017;; p. Volumen 8(1), pp. 27,32-35.
29. Tirado Diego, Acevedo Diofanor, Montero Piedad. PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LA PULPA EDULCORADA TAMARINDO. ARTICULO CIENTICIO. 2013;; p. 495.
30. Pérez Hernández F. ESTABLECIMIENTO DE CULTIVO IN VITRO DE TAMARINDUS INDICA L. PARA LA OBTENCIÓN DE ANTIOXIDANTES. [Online].; 2016. Available from: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65363/TESIS%20Tamarindo%20completa.pdf?sequence=3>.
31. Páez Peñuñuri, Mercado Mercado, Blancas Benítez. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES SALUDABLES DEL TAMARINDO. BIOTECNIA. 2018.
32. Martínez Centelles V. Caracteristica del Tamarindo. [Online].; 2019. Available from: <https://www.botanical-online.com/botanica/tamarindo-caracteristicas>.
33. Estrada C., A. Eduardo y Jorge S. Tamarindus Indica. Species Plantarum. 2017;; p. 1 - 34.
34. Clemente Granados TAPPGLLM. REVISTA CUBANA DE PLANTAS MEDICINALES. 2017..

35. Robledo Díaz J. DESCUBRE LOS FRUTOS EXOTICOS. In Robledo Díaz J. DESCUBRE LOS FRUTOS EXOTICOS. MADRID: PILAR MORALES; 2004. p. 211.
36. Mercola DJ. MERCOLA Tome control de su salud. [Online].; 2020. Available from: https://articulos.mercola.com/sitios/articulos/archivo/2019/01/20/beneficios-del-tamarindo-para-la-salud.aspx?utm_source=espanol&utm_medium=email&utm_content=art2&utm_campaign=20190120&et_cid=DM262460&et_rid=522671936.
37. Fuentes Montes, Garcia Suárez, Gómez Olivares, Hector Serrano. Diferentes usos del tamarindo. *Tamarindus indica* L., una planta de usos múltiples. 2006 Noviembre 14.
38. Pastor B. Uso de la cáscara del banano (*Musa Paradisiaca*) maduro deshidratada (seca) como proceso de bioadsorción para la retención e metales , plomo y cromo en aguas contaminadas Guayaquil; 2015.
39. Costellón. Metales pesados. FACSA. 2017.
40. Fergusson. The heavy Elements. Chemistry, Enviromental Impact and Health Effects. Pergamon Press. 2015.
41. Wang YP,ACCC. Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and Heavy Metals on the Growth of Soybean and Phosphate and Heavy Metal Uptake by Soybean in Major Soil Groups of Taiwan. *Journal Agricultural Association China New Series*. 1992;; p. 6-20.
42. García IADC. Contaminacion por Metales pesados. En *Tecnología de Suelos*. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. 2005.
43. Londoño, L., Londoño, P., & Muñoz, F. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. In.: *Scielo* Vol 14 No. 2; 2016. p. pp.145-153.
44. Heredia DR. Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*. 2017;; p. 12 - 21.
45. Mejía Domínguez, Cecilia Maura. Metales Pesados en Suelos y Plantas: Contaminación y Fitotoxicidad. Universidad Nacional Josá Faustino Sánchez Carrión. 2011;; p. 12-13.

46. Barceló J, Llugany M, Lombini A, Poschenrieder C. Plant Nutrition for food security, human health and environmental protection. Tsinghua University Press. 2005;; p. 634-635.
47. García, I. and Dorronsoro. Contaminación por Metales Pesados. En Tecnología de Suelos. Granada; 2015.
48. Intawongse, M. and Dean. J. Uptake of heavy metals by vegetable plants grown on contaminated soil and their bioavailability in the human gastrointestinal tract; Food Additives and Contaminants; 2016.
49. García del Moral, L.F. Liger Liger, F. Romero Monreal, L. Sánchez Calle, I. Absorción y transporte de agua (Plantas) Minnesota; 2019.
50. EduMedia. Absorción de las raíces. Quebec;; 2019.
51. Izquierdo Sanchis M. Eliminación de metales pesados en aguas mediante bioadsorción: Evaluación de materiales y modelación del proceso; 2016.
52. Volesky B. Sorption and biosorption Lambert, Quebec: BV Sorbex; 2017.
53. Clemens S,ADM,WJM,SDP,SJI. The plant cDNA LCT1 mediates the uptake of calcium and cadmium in yeast. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1998;; p. 12043-12048.
54. Guerinot M. The ZIP family of metal transporters. Biochem. Biophys. 2000;; p. 190-198.
55. Thomine S,WR,WJM,CNM,SJI. Cadmium and iron transport by members of a plant metal transporter family in Arabidopsis with homology to Nramp genes. Proc. Natl Acad Sci.. 2000;; p. 97: 4991-4996.
56. Clemens S. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. Biochimie. 2006;; p. 1707-1719.
57. Chan DY,HBA. Differential accumulation of Cd in durum wheat cultivars: uptake and retranslocation as sources of variation. Journal of Experimental Botany. 2004;; p. 2571-2579.
58. Ortiz D.F. RT,MKFODW. Transport of metal-binding peptides by HMT1 a fission yeast ABC-type vacuolar membrane protein. Journal of Biological Chemistry. 1995;; p. 270: 4721-4728.

59. Reyes VTDEEG. Dialnet. [Online].; 2016. Available from: [file:///C:/Users/BRYAN%20AARON%20TENETA/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/BRYAN%20AARON%20TENETA/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20(5).pdf).
60. Fernando Londoño-Franco TLMGMG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2016 Diciembre; 14: p. 145-153.
61. Ruíz. *Didactica de la Química y Vida Cotidiana Industriales*. Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros. 2018;; p. 275 -280.
62. Guerrero, Castro. *Contaminación por metales pesados Cadmio y Plomo Carchi*; 2015.
63. Singh. Risk assesment of heavy metal toxicity through contaminate vegetales from waste water irrigated Varanasi: *Tropical Ecology*; 2017.
64. Singh, P.K., & Tewari, R. K. Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of *Brassica juncea* L Brasil: *Journal of Environmental Biology*; 2015.
65. Nick A. *Flame Methods for Atomic Absorption*: GBC Scientific Equipment; 2015.
66. Maribel PA. *Aplicación de la Técnica de Absorción Atómica para la Identificación Cualitativa y Cuantitativa de Metales en Productos Alimenticios (Productos Vegetales)* Mexico D.F.: IPN-UIBI; 2017.
67. Harris C, Daniel. *Análisis Químico Cualitativo*: Grupo Editorial Ibero América; 2015.
68. Mañay, Clavijo, Díaz. *Absorción atómica con horno de grafito* Madrid: Graw Hill; 2018.
69. D. A. Skoog, F. J. Holler, T. A. Nieman. *Principios de Análisis Instrumental* Madrid; 2015.
70. R.D. Beaty, J.D. Kerber. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry* Connecticut: PerkinElmer; 2018.
71. José Ellauri, Francisco Antuña. *El análisis de cadmio en chocolate mediante espectrometría de absorción atómica de horno de grafito* Montevideo: Tecnofrom; 2019.

72. Páez Peñuñuri, Mercado Mercado, Blancas Benitez, Villegas-González, Sáyago Ayerdi. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES SALUDABLES DEL TAMARINDO. BIOTECNIA. .

ANEXOS

Anexo A Ubicación de la Muestra.



Figura D. Lugar de Ubicación de la Muestra



Figura E. Estado de la Muestra

Anexo B. Recolección de la Muestra



Figura F. Preparación de muestra para su análisis de determinación de Cadmio y Plomo.

Anexo C. Análisis para la determinación de Cadmio y Plomo.



INFORME DE RESULTADOS IDR 28449-2020

Fecha: 05 de Agosto del 2020

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	ZAVALA VACA VICTOR HUGO					
Dirección	Via La Costa Portal Del Sol					
Teléfono	0959771214					
Contacto	Sr. Victor Zavala Vaca					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Fruto	Cantidad	Aprox. 1 kg			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Funda plástica	Fecha de recepción	30 de Julio del 2020			
Colecta de muestra	Realizado por Cliente	Fecha de colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	23.4	Humedad (%)	64.4			
Fecha de Inicio de Análisis	31 de Julio del 2020					
Fecha de Finalización del análisis	31 de Julio del 2020					
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Fruto de tamarindo (Verde y maduro)	UBA-28449-1	Plomo (Pb)	AOAC 2006.03 (Absorción Atómica)	<1.25	mg/Kg	-
				<1.25		
				<1.25		
		Cadmio (Cd)		<1.25	mg/Kg	-
				<1.25		
				<1.25		
Observaciones: 1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote. 2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio. 3. La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente.						

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1



Av. Carlos L. Plaza Dañin, Cdl. La FAF Mz. 20 solar 12 (Frente al primer bloque de la Atarazana)
 Conmutador: 04 2288 578 / 04 6017 745 Celular: 09 9273 7500 / 09 8478 0671
 Email: nmontoya@uba-lab.com
 Guayaquil - Ecuador

www.uba-lab.com

CERTIFICACIÓN ELECTRÓNICA
 Firmado digitalmente por NELSON SOLUJAN MONTAÑA VILLANAR
 según Norma: EXCELENCIA QUÍMICA SA EXCELENCIA
 según: CORRIENTE GENERAL
 Fecha oficial Ecuador: 05/08/2020 18:08