

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



Correlación de metales pesados e hidrocarburos aromáticos
policíclicos en la vertiente del río Urituyacu de Loreto

TESIS

para obtener el Título Profesional de Ingeniera Forestal y Medio
Ambiente

Autora:

Br. Alessandra del Pilar Armestar Ortiz

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



Correlación de metales pesados e hidrocarburos aromáticos
policíclicos en la vertiente del río Urituyacu de Loreto

Tesis aprobado en forma y estilo por

Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz Cerro (Presidente)

Mg. John Rimaycuna Ramírez (Secretario)

Dr. Luis Alberto Bermejo Requena (Vocal)

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



Correlación de metales pesados e hidrocarburos aromáticos
policíclicos en la vertiente del río Urituyacu de Loreto

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y
forma

Br. Alessandra del Pilar Armestar Ortiz (Autora)

Dr. Luis Alberto Bermejo Requena (Asesor)

Tumbes, 2025



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA**



.....
ANEXO VIII

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los cuatro días del mes de junio de dos mil veinticinco, siendo las¹¹ horas, con¹⁷ minutos (11:17), de la^{mañana}....., de forma presencial en la Aula F1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente-Ciudad Universitaria. se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución N° 0141-2024/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D., **Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz Cerro** (Presidente), **Mg. John Henry Rimaycuna Ramírez** (Secretario), **Dr. Luis Alberto Bermejo Requena** (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al **Dr. Luis Alberto Bermejo Requena**, como **Asesor**, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, "**Correlación de metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos en la vertiente del rio Urituyacu de Loreto**", para optar el Título Profesional de Ingeniera Forestal y Medio Ambiente, presentado por la **Bach. Alessandra del Pilar Armestar Ortiz**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte de la sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a la: **Bach. ALESSANDRA DEL PILAR ARMESTAR ORTIZ;**
.....^{Aprobada}....., por^{Unanimidad}....., con el calificativo^{Muy Bueno}.....

Se hace conocer a la sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda^{Expedita}..... para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniera Forestal y Medio Ambiente, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las^{Doce}..... horas y^{Once}..... minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes,^{04 de Junio del 2025}.....

Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz Cerro DNI N° CODIGO ORCID Presidente	Mg. John Henry Rimaycuna Ramírez DNI N° CODIGO ORCID Secretario
Dr. Luis Alberto Bermejo Requena DNI N° CODIGO ORCID Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADA-ARCHIVO (Decanato)
S.acad.

Informe de originalidad



Alessandra Armestar Ortiz

Informe._Correlacion_MP_y_HAP_rv._08-Rev JR-GC

Tesis sustentada

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:482827729

Fecha de entrega

13 ago 2025, 9:19 GMT-5

Fecha de descarga

13 ago 2025, 10:02 GMT-5

Nombre de archivo

Informe._Correlacion_MP_y_HAP_rv._08-Rev JR-GC.docx

Tamaño de archivo

4.0 MB

76 Páginas

18.247 Palabras

102.852 Caracteres






17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 13%  Publicaciones
- 13%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)




Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 13% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)


Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet		
	ouci.dntb.gov.ua	2%	
2	Internet		
	link.springer.com	<1%	
3	Trabajos del estudiante		
	Universidad Cesar Vallejo on 2024-11-25	<1%	
4	Internet		
	assets.researchsquare.com	<1%	
5	Publicación		
	Md. Abdullah Al Arafat, Md. Rubel Thakur, Obaedul Karim, Md. Zakir Hossain, Rub...	<1%	
6	Internet		
	www.researchsquare.com	<1%	
7	Internet		
	repositorio.untumbes.edu.pe	<1%	
8	Internet		
	patents.google.com	<1%	
9	Trabajos del estudiante		
	University of Portsmouth on 2023-12-15	<1%	
10	Internet		
	tecnoscientifica.com	<1%	
11	Internet		
	repositorio.ucv.edu.pe	<1%	

12	Internet	ikee.lib.auth.gr	<1%
13	Internet	revistas.rcaap.pt	<1%
14	Internet	www.ptfos.unios.hr	<1%
15	Internet	ses.library.usyd.edu.au	<1%
16	Internet	dspace.unitru.edu.pe	<1%
17	Internet	jultika.oulu.fi	<1%
18	Trabajos del estudiante	Middlesex University on 2024-04-20	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María on 2024-10-30	<1%
20	Publicación	Lebogang Masemola, Adivhaho Khwathisi, Dakalo Ndou, Nikita Tavengwa, Tebog...	<1%
21	Publicación	Alanoca Gutierrez, Isabel. "Influencia del sistema de administración financiera SI...	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2024-05-14	<1%
23	Internet	repositorio.esпам.edu.ec	<1%
24	Publicación	Ning Li, Zhonghua Zhao, Lu Zhang, Huanchao Zhang, Genmei Wang, Xuefeng Xie,...	<1%
25	Internet		

<1%

26	Publicación	Carlos Valiente-Díaz, Juan L. López, Alba Ardura, Carmen Blanco-Fernandez et al. "...	<1%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo on 2024-10-14	<1%
28	Internet	 assets-eu.researchsquare.com	<1%
29	Internet	ruor.uottawa.ca	<1%
30	Publicación	Makobe, Samuel. "Spatial and Temporal Variations in the Presence, Levels and Ri...	<1%
31	Trabajos del estudiante	University of Stirling on 2024-03-14	<1%
32	Internet	repositoriotec.tec.ac.cr	<1%
33	Publicación	Chiamaka Linda Mgbechidinma, Chunfang Zhang. "Removal of hydrophobic cont...	<1%
34	Internet	www.teiee.net	<1%
35	Publicación	Oladapo Ajala, Oluwasola Abayomi Adelusi, Joseph Oghenewogaga Owheruo, Ad...	<1%
36	Internet	www.slu.se	<1%
37	Publicación	Gan Liu, Hong Wang, Weitao Zheng, Yong Ma, Yu Huang, Mengyao Jia. "Character...	<1%
38	Internet	repositorio.unach.edu.pe	<1%

26	Publicación	
	Carlos Valiente-Díaz, Juan L. López, Alba Ardura, Carmen Blanco-Fernandez et al. "...	<1%
	Trabajos del estudiante	
	Concord University on 2023-10-18	<1%



40	Publicación	Ilya Balakhontsev, Aleksander Sukhov, Andrey Sokolov, Timur Mukhametzyanov ...	<1%
41	Internet	academic.oup.com	<1%
42	Internet	aaqr.org	<1%
43	Publicación	Wang Qian, Yu Yang, Dong Xinyue, Liu Hanqi, Chu Lanlan, He Wenhui, Li Juan-yin...	<1%
44	Publicación	Elham A Gandomani, Nariman Mosaffa, Rezvan Zendeheel, Mehrdad H Kohnesha...	<1%
45	Trabajos del estudiante	University of Sydney on 2021-11-26	<1%
46	Publicación	Manisha Jain, Kriti Akansha, Girija K. Bharat. "Chemistry, production, and consum...	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2024-03-04	<1%
48	Internet	docplayer.com.br	<1%
49	Internet	renatiqa.sunedu.gob.pe	<1%
	Internet	www.economia.gob.mx	<1%
	Internet	www.scielo.br	<1%
	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2019-03-19	<1%
	Internet	dspace.unl.edu.ec	<1%

54	Internet	www.senasa.gob.pe	<1%
55	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-12-21	<1%
56	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
57	Internet	docplayer.es	<1%
58	Internet	repositorio.unal.edu.co	<1%
59	Publicación	Felix Fermin, Jahaira. "Solucion de problemas entre padres e hijos/as: Relacion en..."	<1%
60	Internet	www.ecosur.mx	<1%
61	Internet	www.teorema.com.mx	<1%
62	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2021-02-02	<1%
63	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María on 2020-07-16	<1%
	Internet	revistas.unal.edu.co	<1%
	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2024-04-07	<1%
	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2024-08-30	<1%
	Trabajos del estudiante	Universidad de Granada on 2025-06-23	<1%

68	Trabajos del estudiante	University of Tampa on 2025-02-26	<1%
69	Internet	hdl.handle.net	<1%
70	Internet	legismex.mty.itesm.mx	<1%
71	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
72	Internet	rest-dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
73	Internet	ruidera.uclm.es	<1%
74	Internet	www.coursehero.com	<1%

Dedicatoria

Este estudio está dedicado a Dios, a mis padres y a mi hermano, quienes han sido los pilares fundamentales de mi vida. Este logro refleja el laborioso esfuerzo que han puesto en mí para brindarme una educación y las oportunidades que me han permitido crecer. Gracias por su apoyo constante en cada paso que decidía dar. Esta tesis es un ejemplo de perseverancia y la firme convicción de alcanzar nuestras metas. Me llena de orgullo poder enaltecerlos de esta manera, demostrando que su amor y sacrificio han dado frutos. Gracias por enseñarme, desde siempre, el valor inestimable de la educación.

A mi esposo, mi cómplice en la vida. Gracias por caminar a mi lado en este viaje, por tus palabras de ánimo y por ser mi más grande competencia por superar. Contigo he aprendido que el crecimiento no es un destino, sino un viaje constante, en el que juntos nos desafiamos y nos motivamos a ser nuestra mejor versión.

A mi mejor amiga, quien llegó a mi vida casi al finalizar mi carrera profesional, pero cuya presencia ha sido fundamental desde entonces. Gracias por apoyarme incondicionalmente, por creer en mí, aun cuando mis pasos me llevaron lejos de mi querido Tumbes, y por recordarme siempre que la distancia no disminuye la verdadera amistad.

A todas las mujeres afrodescendientes, cuya fortaleza, resiliencia y pasión continúan inspirando a nuevas generaciones. Esta investigación no solo refleja mi esfuerzo académico, sino también un homenaje a nuestras raíces, que son una fuente inagotable de orgullo y determinación. Reconozco la importancia de hacer ciencia e investigar sobre nuestras comunidades, como un medio para visibilizar su existencia.

Finalmente, a la naturaleza misma, a los bosques, ríos y paisajes de Loreto, por inspirarme mientras escribía esta investigación. Esta tesis es también un tributo a ellos, como un llamado a contribuir en su cuidado y preservación.

Y a mis ángeles, que hoy celebran este logro desde el cielo.

Agradecimiento

A Dios.

A mi familia, por ser el motor que impulsa mis pasos y la fortaleza que sostiene mis sueños.

A mis docentes y asesores, quienes compartieron conmigo sus conocimientos, experiencias y paciencia. En especial, agradezco a mi asesor Ing. Bermejo Requena Luis por su guía constante, y a la gran Blgo. Correa Vanezza por sus valiosas contribuciones que enriquecieron este trabajo.

A mis amigos y familiares, por las conversaciones que inspiraron ideas, las risas que aliviaron tensiones y ese amor que hizo más llevadera esta etapa.

Y con profundo respeto y gratitud, a todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de esta investigación.

Índice general

I.	INTRODUCCIÓN	23
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	26
III.	MATERIALES Y METODOS	34
	3.1. Tipo y diseño de estudio	34
	3.2. Zona de estudio	34
	3.3. Recolección de datos	34
	3.4. Determinación de Metales Pesados	37
	3.5. Determinación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	39
	3.6. Análisis de datos	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
	4.1. Metales Pesados	46
	4.2. Hidrocarburos aromáticos policíclicos	48
	4.3. Regresión lineal simple	51
	4.4. Regresión lineal múltiple	55
	4.5. Análisis de Componentes Principales	65
V.	CONCLUSIONES	71
VI.	RECOMENDACIONES	72
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
VIII.	ANEXOS	83

Índice de tablas

Tabla 1.	Curva de calibración de los hidrocarburos aromáticos policíclicos.....	41
Tabla 2.	Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación y determinación.	44
Tabla 3.	Contenido de metales pesados encontrados en la vertiente del río Urituyacu de la región de Loreto.....	46
Tabla 4.	Contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos encontrados en la vertiente del río Urituyacu de la región de Loreto.	48
Tabla 5.	Análisis de regresión lineal simple entre el contenido de metales pesados y el contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos encontrados en la vertiente del río Urituyacu de la región de Loreto....	51
Tabla 6.	Resumen del modelo de análisis de regresión lineal múltiple entre el Benzo[a]pireno y los metales pesados.	56
Tabla 7.	Coeficientes de la regresión lineal múltiple entre el Benzo[a]pireno y los metales pesados.	56
Tabla 8.	Resumen del modelo de análisis de regresión lineal múltiple entre el Benzo[g,h,i]perileno y los metales pesados.	57
Tabla 9.	Coeficientes de la regresión lineal múltiple entre el Benzo[g,h,i]perileno y los metales pesados.	58
Tabla 10.	Resumen del modelo de análisis de regresión lineal múltiple entre el Criseno y los metales pesados.....	59
Tabla 11.	Coeficientes de la regresión lineal múltiple entre el Criseno y los metales pesados.....	59
Tabla 12.	Resumen del modelo de análisis de regresión lineal múltiple entre el Fluoreno y los metales pesados.	60
Tabla 13.	Coeficientes de la regresión lineal múltiple entre el Fluoreno y los metales pesados.	61
Tabla 14.	Resumen del modelo de análisis de regresión lineal múltiple entre el Fenantreno y los metales pesados.	62
Tabla 15.	Coeficientes de la regresión lineal múltiple entre el Fenantreno y los metales pesados.	62

Índice de figuras

Figura 1.	Zona de estudio y los puntos de muestreo.	35
Figura 2.	Evaluación PCA entre los metales pesados y los hidrocarburos policíclicos aromáticos [Xileno (Xy), Benzo[a]pireno (B[a]p), Benzo[g,h,i]perileno (B[g,h,i]p), Criseno (Chr), Flureno (Flu), Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática) (TPH-AF), Hidrocarburos totales de petróleo (TPH C9-C40)]......	65
Figura 3.	Evaluación PCA entre los macronutrientes y los hidrocarburos policíclicos aromáticos [Xileno (Xy), Benzo[a]pireno (B[a]p), Benzo[g,h,i]perileno (B[g,h,i]p), Criseno (Chr), Flureno (Flu), Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática) (TPH-AF), Hidrocarburos totales de petróleo (TPH C9-C40)]......	67
Figura 4.	Evaluación PCA entre los microelementos y los hidrocarburos policíclicos aromáticos [Xileno (Xy), Benzo[a]pireno (B[a]p), Benzo[g,h,i]perileno (B[g,h,i]p), Criseno (Chr), Flureno (Flu), Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática) (TPH-AF), Hidrocarburos totales de petróleo (TPH C9-C40)]......	69

Índice de anexos

Anexo 1.	Puntos de evaluación	83
Anexo 2.	Formato LAB-F29 de preparación de muestras	84

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la relación entre metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) presentes en la vertiente del río Urituyacu, en la región de Loreto, afectada por un derrame en el Oleoducto Norperuano. Se empleó un diseño correlacional con un enfoque cuantitativo, realizando un análisis transversal en un solo momento para evaluar las relaciones entre estos contaminantes. La metodología incluyó la recolección de 77 muestras de agua en diversos puntos a lo largo de la vertiente, siguiendo el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (2010). Se analizaron metales pesados utilizando el método EPA 200.8 y HAP mediante el EPA 8270E, con posterior análisis en ICP-MS y GC-MS, respectivamente. Los datos fueron procesados utilizando estadística descriptiva y regresión lineal, a través del software IBM SPSS Statistics 23. Los resultados mostraron concentraciones elevadas de metales como aluminio, magnesio, bario y plomo. Además, se detectaron varios HAP, incluidos benzo[a]pireno, benzo[g,h,i]perileno, criseno y fenantreno. En cuanto a las relaciones entre metales pesados y HAP, se observaron vínculos significativos. Por ejemplo, el aluminio tuvo una relación positiva con varios HAP, mientras que el plomo mostró una relación negativa con benzo[a]pireno. En algunos casos, como el xileno, no se halló una relación significativa con los metales. En conclusión, Los análisis estadísticos y modelos de regresión mostraron que es posible predecir valores de HAP utilizando los metales pesados presentes en la vertiente del río Urituyacu.

Palabras claves: Metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, contaminación, río Urituyacu, regresión lineal, calidad ambiental.

Abstract

The objective of the study was to determine the relationship between heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) present in the Urituyacu River basin, in the Loreto region, affected by a spill in the “Norperuano” Pipeline. A correlational design with a quantitative approach was used, performing a cross-sectional analysis at a single time to evaluate the relationships between these pollutants. The methodology included the collection of 77 water samples at various points along the basin, following the Water Resources Quality Monitoring Protocol (2010). Heavy metals were analyzed using the EPA 200.8 method and PAHs using the EPA 8270E, with subsequent analysis in ICP-MS and GC-MS, respectively. Data was processed using descriptive statistics and linear regression, using IBM SPSS Statistics 23 software. Results showed elevated concentrations of metals such as aluminum, magnesium, barium and lead, exceeding Environmental Quality Standards (ECS). In addition, several PAHs were detected, including Benzo[a]pireno, Benzo[g,h,i]perileno, Criseno and Fenantreno. Regarding the relationships between heavy metals and PAHs, significant links were observed. For example, aluminum had a positive relationship with several PAHs, while lead showed a negative relationship with Benzo[a]pireno. In some cases, such as Xileno, no significant relationship was found with metals. In conclusion, statistical analyses and regression models showed that it is possible to predict PAH values using the heavy metals present in the Urituyacu River basin.

Keywords: Heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons, contamination, Urituyacu River, linear regression, environmental quality.