

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Evaluación de la presencia de metales pesados (plomo,
cadmio) en el aire empleando el líquen *Everniastrum sp* como
bioindicador en la ciudad de Huaycán distrito de Ate-Lima-Perú
2022**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Felicia Soto Sinche
Miguel Orlando Altuna Ríos

Asesor:

Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez

Lima , septiembre del 2023

62.1

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Gutiérrez Rodríguez Iliana Del Carmen, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: "Evaluación de la presencia de metales pesados (plomo, cadmio) en el aire empleando el líquen *Everniastrum sp* como bioindicador en la ciudad de Huaycan distrito de Ate-Lima-Perú 2022" del (los) autor (autores): Felicia Soto Sinche y Miguel Orlando Altuna Rios tiene un índice de similitud de 18 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima a los 23 días del mes de Setiembre del año 2023



Nombres y apellidos del asesor

DNI: 10296741

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 19 días día(s) del mes de setiembre del año 2023 siendo las 08:30 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Mg. Joel Hugo Fernández Rojas, el secretario: Ing. Orlando Alan Poma Porras, y los demás miembros: Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga y Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio, y el asesor Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación de la presencia de metales pesados (plomo, cadmio) en el aire empleando el líquen Everniastrum sp como bioindicador en la ciudad de Huaycan distrito de Ate-Lima-Perú 2022"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) MIGUEL ORLANDO ALTUNA RIOS

.....b) FELICIA SOTO SINCHE

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): MIGUEL ORLANDO ALTUNA RIOS

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	BUENO	MUY BUENO

Candidato (b): FELICIA SOTO SINCHE

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Joel Hugo
Fernández Rojas



Secretario
Ing. Orlando Alan
Poma Porras

Asesor
Mg. Iliana del Carmen
Gutiérrez Rodríguez

Miembro
Mg. Milda Amparo
Cruz Huaranga

Miembro
Mg. Jackson Edgardo
Pérez Carpio

Candidato/a (a)
Miguel Orlando Altuna
Ríos

Candidato/a (b)
Felicia Soto Sinche

62.3 INDICE

- 1.** Introducción
- 2. 2.** Materiales y Métodos
 - 2.1.** Lugar de Estudio
 - 2.2.** Metodología
 - 2.2.1.** Obtención de líquenes
 - 2.2.2.** Establecimiento de puntos para monitoreo de la calidad de aire
 - 2.2.3.** Inserción de los líquenes en los puntos de monitoreo
 - 2.2.4.** Determinación y concentración de metales pesados
- 3.** Resultados y Discusiones
- 4.** Conclusiones
- 5.** Recomendaciones
- 6.** Agradecimientos
- 7.** Referencias

64.4

Artículo Original

Evaluación de la presencia de metales pesados (plomo, cadmio) en el aire empleando el líquen *Everniastrum sp* como bioindicador en la ciudad de Huaycan distrito de Ate-Lima-Perú 2022

Evaluation of the presence of heavy metals (lead, cadmium) in the air using the lichen *Everniastrum sp* a bioindicator in the city of Huaycan district of Ate-Lima-Perú 2022

Felicia Soto Sinche^a, Miguel Orlando Altuna Rios

^a Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura EP, Ingeniería Ambiental. Lima, Perú.

Resumen

El propósito de esta investigación es examinar la utilización de líquenes como indicadores de la presencia de metales pesados (plomo y cadmio) en la contaminación en cinco áreas específicas del distrito de Ate. Durante el lapso que abarcó desde abril hasta agosto de 2022, se ejecutó esta iniciativa. El área de estudio se encuentra ubicada Punto P-01 Praderas 258 ubicado en la zona Praderas de Pariachi 1ra Etapa entre Calle D y Calle M, Punto P-02 ubicado en la zona B en el parque esperanza ubicado entre Calle La Cantuta y Calle Los Robles, Punto P-03 ubicado en Praderas de Pariachi 3ra etapa frente a la Av. Los Incas, Punto P-04 Villa Hermosa ubicado en el parque Lúcumo entre la Calle 1 y Av. José Carlos Mariátegui, Punto P-05 ubicado en Pradera Central. Los puntos de monitoreo establecidos se ubicaron alejados de las autopistas principales debido a que se registran valores elevados en las concentraciones de emisiones en el aire, y no sería representativo como medida de exposición, se optó realizar la instalación en zonas que tengan la menor perturbación de las fuentes de emisión (industrias, avenidas), Se realizaron análisis con espectrofotómetro de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente. De esta manera, se plantea una metodología alternativa y menos costosa de la contaminación atmosférica como métodos de monitoreo. Se observaron diferencias significativas en los niveles de metales pesados analizados en comparación con el grupo de control, particularmente en las muestras provenientes de la región occidental. Además, esta evaluación ofrece múltiples oportunidades para nuevas investigaciones. Después de finalizar el estudio, los líquenes demostraron ser excelentes indicadores biológicos de contaminación.

Palabras claves: ATE - Huaycán, contaminación, bioindicador, líquenes.

Abstract

The purpose of this research is to examine the use of lichens as indicators of the presence of heavy metals (lead and cadmium) in pollution in five specific areas of the Ate district. During the period that covered from April to August 2022, this initiative was executed. The study area is located Point P-01 Praderas 258 located in the Praderas de Pariachi 1st Stage area between Calle D and Calle M, Point P-02 located in zone B in Parque Esperanza located between Calle La Cantuta and Calle Los Robles, Point P-03 located in Praderas de Pariachi 3rd stage in front of Av. Los Incas, Point P-04 Villa Hermosa located in Lúcumo Park between Calle 1 and Av. José Carlos Mariátegui, Point P-05 located in

Pradera Central. The established monitoring points were located far from the main highways due to the fact that high values are recorded in the concentrations of emissions in the air, and it would not be representative as an exposure measure, it was decided to carry out the installation in areas that have the least disturbance of emission sources (industries, avenues), analyzes were performed with an optical emission spectrophotometer with inductively coupled plasma. In this way, an alternative and less expensive methodology of air pollution is proposed as monitoring methods. Significant differences were observed in the levels of heavy metals analyzed compared to the control group, particularly in the samples from the western region. In addition, this evaluation offers multiple opportunities for new research. After completing the study, the lichens proved to be excellent biological indicators of contamination.

Keywords: ATE - Huaycán, contamination, bioindicator, lichens.

1. Introducción

Según la declaración de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se afirma que la polución atmosférica conlleva un riesgo significativo para la salud y el medio ambiente. Según los informes de la OMS, se evidencia una falta de cumplimiento de los niveles máximos permitidos de contaminantes en el aire que respiramos, los cuales están establecidos para proteger nuestra salud. (Laura, 2017). A nivel global, tanto en zonas urbanas como rurales, se registran anualmente tres millones de fallecimientos prematuros debido al incumplimiento de los estándares de calidad del aire. Esta situación afecta al 92% de la población mundial, que reside en lugares donde los valores recomendados de calidad del aire no se están respetando. (Markus & Forsberg, 2010). El transporte en entornos urbanos, la producción de electricidad mediante fuentes de combustibles tradicionales y el manejo inapropiado de desechos industriales, municipales y agrícolas se identifican como las principales fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos debido a la actividad humana (Querol, 2008).

La exposición a metales pesados presentes en el aire contaminado contribuye al aumento de los casos y la tasa de mortalidad por cáncer de pulmón. Fumar cigarrillos y respirar aire contaminado son las principales fuentes de exposición al cadmio, y niveles elevados de cadmio en la orina pueden ser indicadores de la presencia de cáncer de pulmón. Se llevó a cabo una investigación de seguimiento a largo plazo utilizando una muestra representativa de la población en general, con el propósito de contrastar los niveles de metales pesados en individuos diagnosticados con cáncer de pulmón. Se examinaron las concentraciones de metales pesados presentes en la orina y se utilizó un cuestionario diseñado específicamente para recopilar datos demográficos y de estilo de vida de los participantes, con el fin de evaluar su exposición. Los participantes que residían en el área industrial petroquímica en Washington, EE. UU., donde había una mayor incidencia de cadmio en el aire, presentaron concentraciones urinarias de cadmio relativamente más altas después de ajustar por factores sociodemográficos y de comportamiento. Se sugirió que tanto el hábito de fumar como la presencia de contaminación atmosférica podrían ser potenciales vías de exposición al cadmio, y se encontró una mayor incidencia de casos de cáncer de pulmón en la zona altamente (Wei Lee, Yi Wang, & Li Du, 2022). Tanto los procesos naturales como las actividades humanas son responsables de la liberación de metales pesados al medio ambiente. Estos elementos son transportados mayormente como moléculas o partículas a través de la atmósfera, especialmente a gran escala. A lo largo del desarrollo de la revolución industrial, ha habido un aumento constante en las cantidades de metales pesados de origen humano. En los últimos años, ha habido un creciente interés y preocupación por los riesgos ambientales y de salud relacionados con estos metales. Esta mayor conciencia refleja un cambio significativo en la forma en que se perciben y abordan estos problemas. Las áreas urbanas densamente pobladas con alta actividad industrial y tráfico vehicular se consideran puntos focales de emisiones de metales.

Este crecimiento ha generado un aumento en la demanda de servicios tanto por parte de la población como de las industrias. Sin embargo, esta expansión también ha resultado en la emisión de gases y partículas que impactan negativamente en la calidad del aire, lo cual tiene consecuencias directas en la salud de la población expuesta. Además, estas emisiones también causan daños al ambiente, incluyendo la flora, la fauna y los ecosistemas en general. (Suárez & Álvarez, 2017).

A partir de 2017, se lleva a cabo la evaluación de la calidad del aire mediante el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA Aire). Estos estándares definen niveles deseados para la presencia de contaminantes en el aire, con el objetivo de garantizar que no representen riesgos para la salud pública ni para el medio ambiente, siempre y cuando se mantengan por debajo de dichos niveles (Pacsi, 2016).

Los líquenes son organismos que se utilizan como indicadores para evaluar la calidad del medio ambiente y su evolución a lo largo del tiempo. A diferencia de los métodos instrumentales tradicionales utilizados para evaluar la calidad del aire, que proporcionan información específica sobre los niveles de sustancias contaminantes en el aire, los líquenes ofrecen una perspectiva más amplia sobre los efectos de estas sustancias en los ecosistemas. Los métodos instrumentales no son capaces de brindar una visión completa de los impactos que dichas sustancias pueden tener en los ecosistemas (Laura, 2017). Los estudios sobre la ecofisiología y biodiversidad de los líquenes han revelado que tienen la capacidad de detectar y responder a diversos contaminantes atmosféricos, incluyendo aquellos que están regulados para proteger la salud humana, como el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el ozono (O₃) y los metales pesados. Además, los líquenes han demostrado ser sensibles a otros tipos de contaminación ambiental (Laura, 2017). Los líquenes son considerados bioindicadores confiables y útiles para evaluar la contaminación del aire debido a diversas características que poseen. En primer lugar, la sensibilidad de los líquenes a los metales pesados, como el plomo y el cadmio, los convierte en una herramienta complementaria a los métodos instrumentales ya existentes para la detección de contaminantes. Además, Los líquenes son considerados bioindicadores eficaces de la calidad del aire debido a su falta de raíces y cutícula, lo que les permite obtener todos sus nutrientes directamente de la atmósfera a través de la exposición directa. Esta característica les permite capturar y acumular contaminantes atmosféricos, al proporcionar información valiosa sobre la calidad del aire en una ubicación específica, los líquenes ofrecen datos relevantes acerca de la contaminación atmosférica en dicha área (Chavez Castro, 2017). La amplia superficie externa de los líquenes favorece la captación y acumulación de contaminantes atmosféricos. (Mares, 2017). La utilización de bioindicadores presenta múltiples beneficios en contraste con los enfoques convencionales para evaluar la contaminación ambiental. Estas ventajas han promovido la implementación de regulaciones legales que fomentan su empleo en determinados países, así como su inclusión en varios acuerdos internacionales (Rubén & Luis, 2016).

La ciudad de Huaycán está situada en el Distrito de Ate, a 16.5 Km al este de la Provincia de Lima. Con una población de aproximadamente 197,000 habitantes, las zonas urbanas de la ciudad albergan actividades económicas que tienen el potencial de afectar la calidad del aire, tanto de manera actual como potencial. Entre estas actividades se encuentran el uso de vehículos de combustión interna y la presencia de numerosas microempresas dedicadas a diferentes sectores, como la industria maderera, la mecánica y la venta de resinas, entre otros. (Pacsi, 2016). Según el Plan Integral de Desarrollo del Distrito de Ate 2019-2022, elaborado por la Municipalidad Distrital de Ate, se destaca que la población de las áreas de Huaycán, Pariachi y Horacio Zeballos se encuentra expuesta de manera continua a la contaminación del aire, lo cual contribuye a la aparición de enfermedades, especialmente aquellas relacionadas con el sistema respiratorio. Debido a las actividades económicas presentes en estas áreas, se considera que son zonas de atención prioritaria debido a su potencial impacto en la calidad del aire (Suárez & Álvarez, 2017). Debido a ser la segunda ciudad más grande de Ate y sus características geográficas y condiciones meteorológicas, Huaycán presenta dificultades en la dispersión adecuada de las emisiones que pueden generarse en la zona. Con el fin de abordar esta cuestión, el propósito de este estudio es emplear el biomonitoreo como método para evaluar la presencia de metales pesados en el aire. Este enfoque se elige debido a su costo relativamente bajo y los éxitos previos en investigaciones similares. Los resultados obtenidos en este estudio servirán como punto de partida para la implementación de monitoreos más avanzados e incluso sistemas automatizados en el futuro, con el objetivo de mantener a la población informada acerca de la calidad del aire que están respirando.

2. Materiales y Métodos

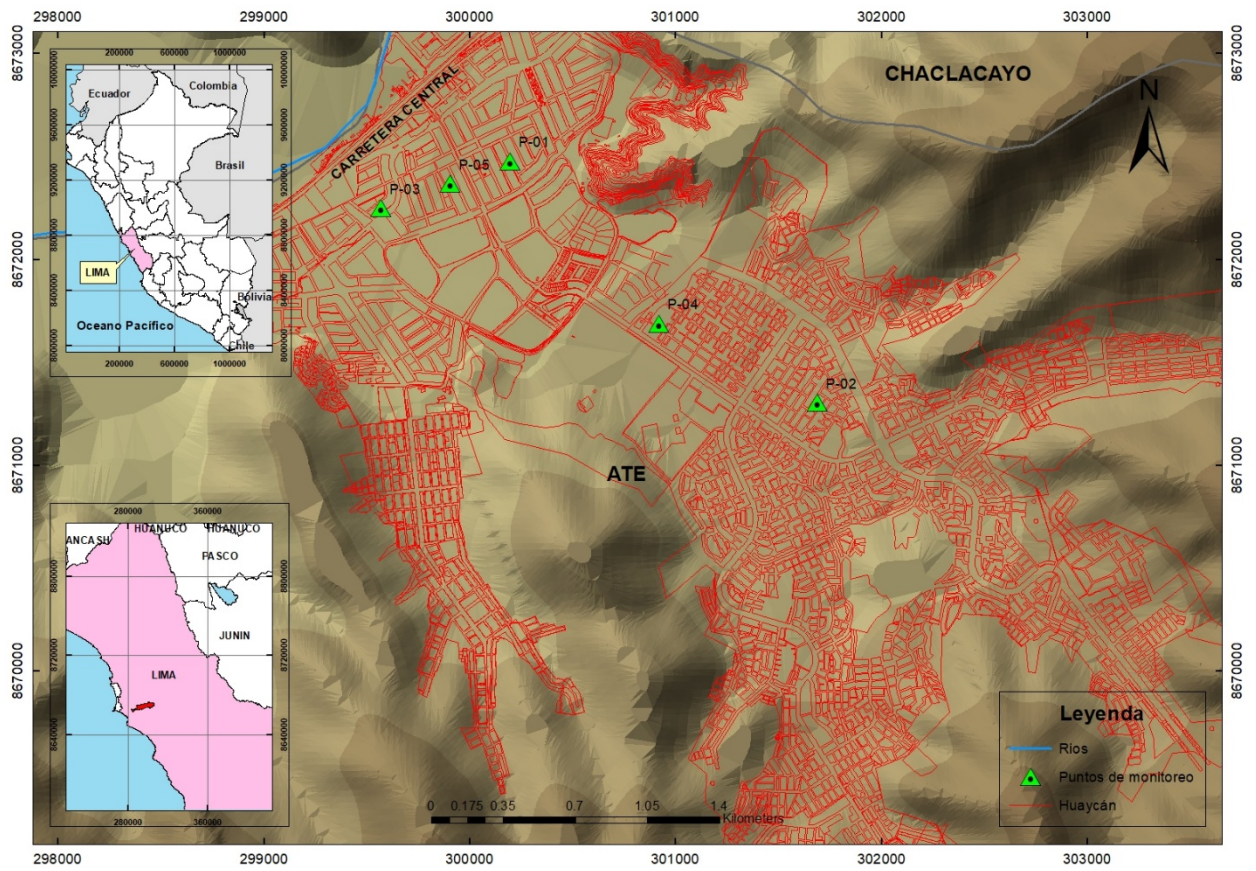
2.1. Lugar de Estudio

La ciudad de Huaycán fue establecido el 3 de marzo de 2016 mediante la Ley N° 30544. Se ubica en la parte oriental de la provincia de Lima, específicamente en el kilómetro 16.5 de la carretera central. Desde una perspectiva geográfica, se sitúa en la latitud -12.083 y longitud -76.766, a una altitud de 490.2 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). El área abarca una superficie de 27.40 km² y se estima que tiene una población de alrededor de 160,000 habitantes asimismo se puede observar los puntos de monitoreo Punto P-01 Praderas 258, ubicado en la zona Praderas de Pariachi 1ra Etapa entre Calle D y Calle 9m. Punto P-02, ubicado en la zona B en el parque esperanza, entre Calle La Cantuta y Los Robles. Punto P-03, ubicado en Praderas de Pariachi 3ra etapa, frente a la Av. Los Incas. Punto P-04 Villa Hermosa, ubicado en el parque Lúcumo, entre la Calle 1 y Av. José Carlos Mariátegui. Punto P-05, ubicado en Pradera Central ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** El clima en Huaycán se distingue por ser árido, con temperaturas cálidas durante el día y una escasa probabilidad de lluvias. La temperatura promedio anual en Huaycán es de 20°C, y la cantidad de lluvia promedio anual es de 16 mm. Durante aproximadamente 334 días al año, no se registran precipitaciones, y la humedad promedio es del 77%. Además, el índice de radiación ultravioleta (UV) alcanza un valor de 6. Según la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la Rosa de Viento durante el mes de enero de 2022, Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2020), la dirección predominante del viento proviene del Sur y Suroeste, con intensidades promedio de 0.5 a 3 m/s en invierno, y de 1.25 a 5.1 m/s en verano, el viento es dinámico no siempre es predominante en la zona, durante la noche el viento proviene de sureste hacia el noreste, al medio día de sur a norte y durante la media noche hasta las 5:00 am es de este a oeste. La principal actividad económica en Huaycán es el comercio local. Sin embargo, los sectores ubicados en las laderas de las colinas carecen de servicios básicos como agua, desagüe, electricidad y atención médica. Además, la infraestructura de la red de desagüe y recolección de residuos en estas áreas es deficiente. Los automóviles son reconocidos como las principales fuentes de emisiones que afectan la calidad del aire en el área de estudio. Este fenómeno es consecuencia del rápido crecimiento demográfico de Huaycán, impulsado por la migración de personas procedentes de otras regiones del país. Otras fuentes secundarias de emisiones incluyen la actividad industrial, los establecimientos de venta de pollo, la gestión inadecuada de los residuos municipales y la agricultura a pequeña escala (Oscategui, 2015).

La existencia de metales pesados como el plomo y el cadmio en la atmósfera puede ocasionar graves implicaciones tanto para la salud de las personas como para el entorno ambiental. El plomo presenta el riesgo potencial de provocar daños en el cerebro y en el sistema nervioso, mientras que el cadmio puede tener efectos adversos en los riñones y en otros órganos del cuerpo. Además, la exposición prolongada a estos metales incrementa la probabilidad de desarrollar enfermedades cancerígenas. La industria, la agricultura y la quema de combustibles fósiles se identifican como las principales fuentes emisoras de estos contaminantes en el aire. Por consiguiente, es esencial tomar medidas efectivas para controlar y reducir la liberación de metales pesados con el objetivo de salvaguardar la salud humana y preservar el equilibrio del medio ambiente (Navarro & Clemente, 2017).

Figura 1

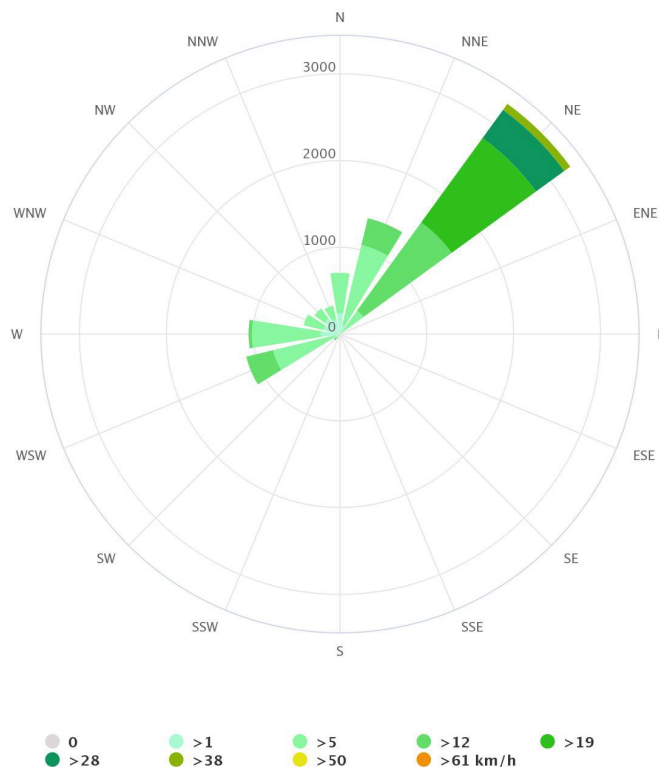
Ubicación del lugar de estudio



Nota. Elaborado por los autores de la investigación

Figura 2

Representación gráfica de la Rosa de Viento en la ciudad de Huaycán promedio por año



Fuente: Datos climáticos meteoblue

2.2. Metodología

En la Urbanización de Huaycán se hicieron recorridos en los parques para buscar líquenes en los árboles, al no encontrar líquenes se decidió colectarlos de una reserva. Se observó la presencia de un líquen común en la Reserva Nacional de Lachay, abundante, de color gris, que crece sobre los troncos de los árboles y pertenece a la especie *Everniastrum sp.* (Marmanillo & Ramirez, 2021), de los cuales se colectaron 15 individuos con el permiso respectivo.

En Huaycán, se llevó a cabo una vez más un recorrido y una evaluación de los parques con el objetivo de identificar lugares y árboles estratégicos para la colocación de líquenes. Se eligieron cinco puntos de monitoreo, correspondientes a cinco parques, como se detalla en la Tabla 1. En cada parque se insertaron 3 individuos y cada individuo fue insertado en el tronco de un árbol. Los líquenes fueron sujetos usando nylon, metodología similar usada por (Chavez Castro, 2017) (Ferry, 2018)

Se aplicó un tratamiento utilizando agua destilada para estimular el crecimiento de los líquenes. En cada parque, se proporcionó este tratamiento a un individuo, mientras que a otros dos individuos no se les aplicó. Después de tres meses de exposición de los líquenes al aire de Huaycán, se seleccionó un líquen en cada punto de monitoreo que hubiera resistido al viento y presentara un tono de color saludable. (Chavez Castro, 2017) Los individuos fueron enviados al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la selva con el fin de realizar el análisis de metales pesados.

La presente evaluación de metales pesados (plomo y cadmio) implicó realizar tres análisis por muestra, calculando las medias y el porcentaje de enriquecimiento mediante el método de Normalidad, Se siguieron las recomendaciones propuestas por Petrović et al. (2015) y Zagała et al. (2016) para el análisis. Las

muestras digeridas e infusiones fueron analizadas utilizando un espectrofotómetro de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP OES) de la marca Horiba, modelo Ultima Expert.

Para la evaluación de metales pesados (Pb – Cd) con el uso del líquen *Everniastrum* sp, se trabajó con la metodología propuesta por biomonitoreo activo (método de trasplante) Guidotti et al. (2003; 2009) (Gómez, 2010), así mismo se siguió las recomendaciones propuestas por el Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos (DIGESA. 2005), y en relación al proceso estadístico se empleó el método de estadística multivariada, específicamente de Análisis de Componentes Principales (ACP) (Shukla & Upreti, 2009; Blasco et al. 2008; Gómez, 2010; Fernández et al. 2011)

2.2.1. Obtención de líquenes

En el área de investigación en Huaycán Ate-Vitarte, se llevaron a cabo búsquedas de líquenes en parques y avenidas con el objetivo de encontrar al menos un organismo para su posterior evaluación. Sin embargo, no se encontraron líquenes en dicha área, por lo que se decidió obtener líquenes de otro ecosistema (Chavez Castro, 2017)

Las muestras fueron obtenidas en la Reserva Nacional de Lachay, localizada en la provincia de Huaura. Se recolectaron individuos de la especie *Everniastrum* sp. Durante el proceso de recolección, se notó la abundancia de árboles de larga vida. Se emplearon guantes quirúrgicos y una paleta de aluminio para extraer las especies líquénicas de los árboles de manera cuidadosa, evitando dañar el talo del líquen y el sustrato (árbol de Tara) como se ilustra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Se llevaron a cabo recolecciones de muestras en árboles maduros, evidenciando una mayor abundancia de líquenes en contraste con los árboles jóvenes. (Ferry, 2018).

Con el propósito de recolectar líquenes que tuvieran una longitud igual o superior a 3 cm, se empleó una cinta métrica. Durante el proceso, se logró observar que la gran mayoría de los líquenes cumplían con el tamaño necesario (Chavez Castro, 2017) Se recolectaron un total de 25 individuos, los cuales se colocaron en bolsas de papel para preservar su estructura física y asegurar su traslado al lugar de estudio. Sin embargo, solo 15 de ellos cumplían con la longitud mínima requerida de 3 cm y fueron utilizados en el estudio.

Se clasificaron los líquenes en dos categorías: el grupo de líquenes control, que no estuvo expuesto al medio ambiente, y el grupo de líquenes blancos, que sí estuvo expuesto al medio ambiente y fue colocado en los parques de Huaycán.

Figura 3

Observación y toma de muestras de líquenes en la Reserva Nacional de Lachay



2.2.2. Establecimiento de puntos para monitoreo de la calidad de aire

En Huaycán, no se han realizado investigaciones previas sobre la calidad del aire en la urbanización. Sin embargo, se reconocen múltiples variables en el campo de investigación que afectan la dispersión de contaminantes en el aire. Estas variables incluyen características del suelo, fuentes de emisión, dirección del viento, temperatura y otros factores relevantes, como se señala en el Plan de Desarrollo Local Concertado 2017-2021 Ate, en el año 2021.

Por lo tanto, se establecieron puntos de monitoreo teniendo en cuenta estas perturbaciones ambientales. Para evaluar la calidad del aire en la atmósfera, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios. 1) Distancia a las autopistas principales (debido a que se registran valores elevados en las concentraciones de emisiones en el aire, y no sería representativo como medida de exposición) (Hawksworth et al., 2005), 2) Zonas que tengan la menor perturbación a las fuentes de contaminación ambiental (industrias y avenidas) y 3) Cercanos y rodeados de parques y/o jardines.

Se realizaron mediciones de la calidad del aire en cinco parques urbanos, los cuales fueron seleccionados teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente ver Figura 1. Los puntos son: Punto P-01 Praderas 258, ubicado en la zona Praderas de Pariachi 1ra Etapa entre Calle D y Calle 9m. Punto P-02, ubicado en la zona B en el parque esperanza, entre Calle La Cantuta y Los Robles. Punto P-03, ubicado en Praderas de Pariachi 3ra etapa, frente a la Av. Los Incas. Punto P-04 Villa Hermosa, ubicado en el parque Lúcumo, entre la Calle 1 y Av. José Carlos Mariátegui. Punto P-05, ubicado en Pradera Central (**Tabla 1**).

Tabla 1

Puntos de monitoreo para la calidad del aire

Punto	Código	Descripción	Este	Norte	Altitud m.s.n.m.
1	P-01	Praderas 258	300196	8672478	541.8
2	P-02	Zona B	301689	8671305	494.3
3	P-03	Pradera 3ra Etapa	299568	8572251	591.9
4	P-04	Villa Hermosa	300919	8671689	503.4
5	P-05	Pradera Central	299905	8672369	506.6

Nota. Elaborado por los autores de la investigación

2.2.3. Inserción de los líquenes en los puntos de monitoreo

Los árboles elegidos para la inserción de las muestras debían cumplir con los siguientes criterios: tener una altura superior a un metro y medio y un diámetro del tronco que oscilara entre 8 y 12 cm. (Kricke & Loppi, 2002)

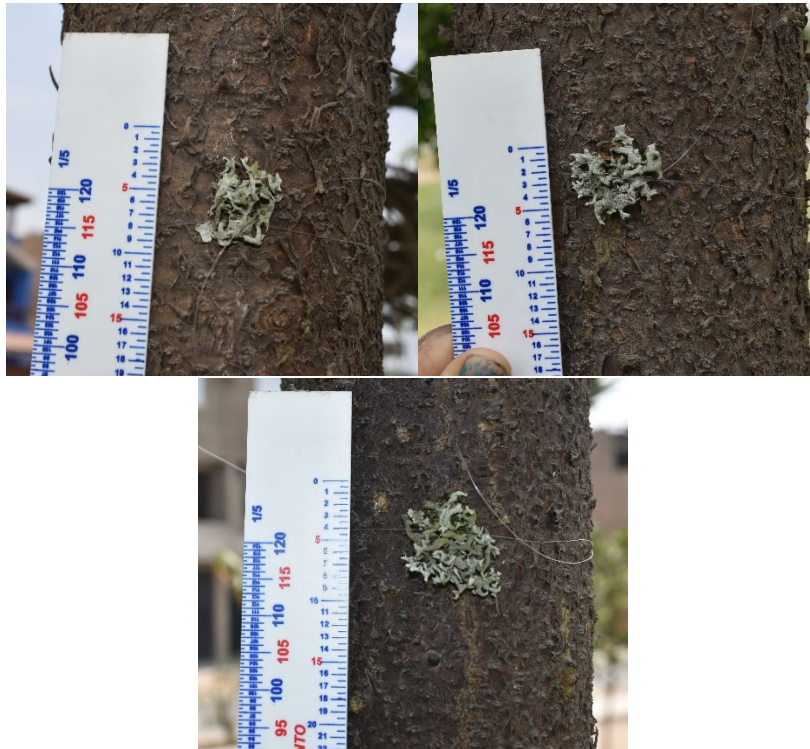
Cada muestra de líquen se colocó en el tronco de un árbol, Se colocaron las muestras a una altura de 2 metros sobre el suelo, con el propósito de que fueran representativas desde la perspectiva del investigador. Posteriormente, se aseguraron las muestras al tronco del árbol utilizando hilo de pesca. (Chavez Castro, 2017)

Los líquenes fueron expuestos al aire de Huaycán durante 90 días. En cada punto de monitoreo, se insertaron tres individuos, los cuales fueron regados una sola vez para facilitar su adaptación al entorno de estudio (Chavez Castro, 2017).

Es relevante destacar que la muestra de control, obtenida junto con las demás muestras en la Reserva Nacional, no se introdujo en los parques y se guardó en un sobre de papel con el propósito de utilizarla como una muestra de referencia para el análisis de metales pesados.

Figura 4

Colocación de líquenes en el Punto P4



Nota. Elaborado por los autores de la investigación.

2.2.4. Determinación y concentración de metales pesados

Una vez concluidos los tres meses de exposición de los líquenes al aire de Huaycán, se procedió a visitar los parques para recolectar las muestras de líquenes. Posteriormente, se almacenaron en bolsas herméticas y se enviaron al laboratorio de la Universidad Agraria de la Selva (UNAS) en Tingo María, Huánuco. En dicho laboratorio se llevará a cabo el análisis para determinar la concentración de metales pesados en las muestras. El método utilizado por el laboratorio fue el plasma acoplado inductivamente (ICP), y el análisis se realizó en el laboratorio central de investigación.

3. Resultados y Discusiones

El líquen *Parmelia sulcata*, presente in situ, ha sido utilizado como indicador para evaluar la deposición atmosférica de metales pesados en los yacimientos de oro de Tarkwa, en Ghana. Se llevaron a cabo análisis de activación de neutrones (INAA) para determinar las concentraciones totales de metales pesados. Posteriormente, se aplicaron técnicas de factorización de matriz positiva (PMF), análisis de componentes principales (PCA) y agrupamiento (CA) para procesar los datos obtenidos. Estas técnicas permitieron analizar y clasificar la información de manera más precisa y comprensible. Según los estándares del índice de contaminación (PIF) y el índice de carga de contaminación (PLI), se observaron niveles más altos de Al,

Cu, Mn, V, Co, Hg, Cd y As en comparación con los valores de referencia. El análisis de PCA y CA permitió distinguir entre fuentes antropogénicas y naturales de los elementos examinados, mientras que el análisis de PMF identificó tres fuentes factores principales: actividades agrícolas y otras fuentes antropogénicas difusas, polvo natural del suelo y actividades de extracción de oro. (Boamponsem et al., 2010)

(Saib et al., 2022) Este estudio ofrece una visión integral de la contaminación de metales en el aire en las zonas industriales ubicadas al este de Argel, en Argelia. El principal objetivo consiste en analizar y evaluar la presencia y concentración de metales en el aire en estas áreas particulares, con el propósito de obtener información significativa acerca de la calidad del aire y su potencial impacto en el medio ambiente y la salud de las personas. Para ello, se trasplantaron colonias del líquen epífito *Pseudevernia furfurácea* desde un bosque remoto no contaminado (Theniet El-Had) a 18 sitios de monitoreo en la región de Rouiba-Reghaia, que presentaban una actividad antropogénica significativa, incluyendo la Reserva Natural del Bosque de Reghaia. Después de un período de exposición de 3 meses, se analizaron mediante fluorescencia de rayos X y análisis de activación de neutrones instrumentales un total de 33 metales, elementos de tierras raras y bromo presentes en las escamas de líquen. En comparación con el área de control, Durante el monitoreo biológico, se pudo observar un incremento notable en la concentración de todos los elementos analizados. Este aumento significativo sugiere que ha habido una acumulación de dichos elementos en los organismos biológicos bajo estudio. Esta información es relevante para comprender el impacto de la contaminación en el medio ambiente y la salud de los seres vivos presentes en la zona monitorizada. Además, el cálculo del índice de factor de contaminación reveló que los niveles de contaminación de Pb, V, Ti, Ce, La, Ga, Cu, Cs, Cr y Cd alcanzaron casi el nivel más alto en casi todas las regiones evaluadas.

Según (Kularatne & de Freitas, 2013) El objetivo de esta investigación, llevada a cabo por Kularatne y de Freitas en 2013, El propósito de este estudio es examinar la viabilidad del líquen *Parmotrema reticulatum* como un biomonitor de la contaminación del aire ocasionada por cuatro metales pesados: cromo (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn). El uso de este líquen como indicador biológico se debe a su capacidad para acumular y retener metales pesados presentes en el entorno ambiental. El estudio busca evaluar la efectividad del líquen en la detección y monitorización de la contaminación atmosférica por estos metales pesados. Mediante el análisis de muestras de este líquen, se busca determinar la concentración de los metales mencionados y evaluar el nivel de contaminación del aire en la zona de estudio. Esto permitirá obtener datos relevantes sobre la calidad ambiental y evaluar la posible exposición de organismos vivos a metales pesados en el área analizada. El estudio proporcionará información crucial para comprender el impacto ambiental y los posibles riesgos para la salud asociados a la presencia de metales pesados en el aire. Los resultados obtenidos muestran que los líquenes acumulan de manera continua los contaminantes atmosféricos hasta alcanzar un estado de equilibrio. Por lo tanto, los líquenes trasplantados resultan útiles para monitorear las concentraciones de contaminación del aire a lo largo del tiempo. Sin embargo, una vez que el líquen trasplantado ha alcanzado un estado de equilibrio y las concentraciones de contaminantes se estabilizan, deja de ser útil para monitorear las tendencias temporales en la contaminación del aire. No obstante, Sigue siendo efectivo para la evaluación de la polución atmosférica en distintas ubicaciones espaciales.

De acuerdo con los resultados, se puede visualizar que las áreas industriales exhiben la acumulación total más alta de los cuatro metales pesados mencionados, seguidas por las áreas comerciales y residenciales en orden descendente. Estos resultados sugieren que la actividad industrial ejerce un impacto significativo en la concentración de metales pesados en comparación con otras áreas evaluadas. Por otro lado, se observa cierto nivel de acumulación de metales pesados en las zonas comerciales y residenciales, aunque en menor medida. Estos hallazgos señalan la importancia de controlar y gestionar adecuadamente las emisiones industriales para reducir la contaminación por metales pesados. Asimismo, es necesario tomar medidas preventivas en las áreas comerciales y residenciales para minimizar la exposición a estos contaminantes y preservar la calidad del aire y la salud de la población.

En el municipio de Tingo María se llevó a cabo un estudio que utilizó líquenes como indicadores biológicos para evaluar la calidad del aire. En este estudio, se empleó un método de mapeo que se basó en la presencia y abundancia de líquenes, ya que estos organismos son altamente sensibles a los cambios en el entorno. Los resultados obtenidos revelaron una correlación significativa entre los niveles de contaminación del aire en la zona urbana de Tingo María y el tráfico vehicular. Esto sugiere que el tránsito de vehículos juega un papel importante en la contribución a la contaminación atmosférica en esa área específica. Estos

hallazgos resaltan la necesidad de implementar medidas de control y regulación del tráfico vehicular para mejorar la calidad del aire y proteger la salud de los residentes en Tingo María. (Quispe et al., 2013)

(Chavez Castro, 2017) En el estudio titulado "Capacidad de bioacumulación de plomo en áreas metalúrgicas por el líquen fruticuloso (*Ramalina Farinacea*) en Jicamarca, 2017", se planteó como objetivo investigar las propiedades físicas de los líquenes en relación a la acumulación de plomo. Se realizaron mediciones de las concentraciones de metales en los líquenes recolectados y se llegó a la conclusión de que estos organismos tienen la capacidad de acumular plomo en sus estructuras. Además, se observó que los líquenes experimentaron decoloración y se detectó la presencia de gotas, lo que resultó en la mortalidad de 13 especies de líquenes.

En este estudio, tanto el blanco (T6) como las muestras fueron sometidas a análisis en el laboratorio central de investigación de la Universidad Agraria de la Selva. Los resultados obtenidos mediante el uso del espectrofotómetro de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP OES) / HORIBA - Ultima Expert fueron registrados y se presentan en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2

Resultados de análisis de muestras plomo y cadmio

Nº	ÁREA	Muestra	Composición	Pb (mg/kg)	cd(mg/kg)
1	ICP 335	T1	R1	18.6070	0.9009
2	ICP 336	T1	R2	18.8306	0.8876
3	ICP 337	T1	R3	18.4297	0.9295
4	ICP 338	T2	R1	12.9858	0.5160
5	ICP 339	T2	R2	12.9295	0.5232
6	ICP 340	T2	R3	12.9632	0.5195
7	ICP 341	T3	R1	14.1432	0.7633
8	ICP 342	T3	R2	14.1085	0.7713
9	ICP 343	T3	R3	14.1378	0.7460
10	ICP 344	T4	R1	11.2312	0.3460
11	ICP 345	T4	R2	11.2539	0.3529
12	ICP 346	T4	R3	11.2552	0.3494
13	ICP 347	T5	R1	15.2759	0.8364
14	ICP 348	T5	R2	15.7902	0.8127
15	ICP 349	T5	R3	15.6735	0.7994
16	ICP 350	T6	R1	10.9800	0.8500
17	ICP 351	T6	R2	11.1000	0.7960
18	ICP 352	T6	R3	11.3500	0.8920

Nota. Laboratorio

Central De Investigación.

RESULTADOS

Tabla 3

Presencia de metales pesados en el aire en puntos de muestreo

Muestra	Pb (mg/kg)				Cd(mg/kg)			
	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Praderas 258	18,622	0,2009	18,430	18,831	0,906	0,021	0,888	0,930
Zona B	12,960	0,028	12,930	12,986	0,520	0,004	0,516	0,523
Pradera 3ra Etapa	14,130	0,019	14,109	14,143	0,760	0,013	0,746	0,771
Villa Hermosa	11,247	0,013	11,231	11,255	0,349	0,003	0,346	0,353
Pradera Central	15,580	0,270	15,276	15,790	0,816	0,019	0,799	0,836
Muestra control	11,143	0,189	10,980	11,350	0,846	0,048	0,796	0,892

En la Tabla 3 se aprecia que, en relación al plomo registrado, la muestra control tuvo una media de 11,143 mg/kg ($\pm 0,189$), Se encontraron concentraciones de metales pesados en un rango que oscila entre 10,980 mg/kg y 11,350 mg/kg. Dentro de las diferentes ubicaciones, se destaca especialmente la registrada en Praderas 258, con una media de 18,622 mg/kg ($\pm 0,2009$), y un rango que va desde 18,430 mg/kg hasta 18,821 mg/kg. A continuación, se encuentra el registro obtenido en Pradera Central, con una media de 15,580 mg/kg ($\pm 0,270$), y un rango que va desde 15,276 mg/kg hasta 15,790 mg/kg.

En relación al cadmio registrado, se observó que la muestra control presentó una media de 0,846 mg/kg ($\pm 0,005$), con un rango que va desde 0,796 mg/kg hasta 0,892 mg/kg. Además, al analizar las mediciones realizadas en diferentes ubicaciones, se identificó una mayor concentración en Praderas 258, con una media de 0,906 mg/kg ($\pm 0,021$), y un rango que va desde 0,888 mg/kg hasta 0,930 mg/kg. A continuación, se encuentra el registro obtenido en Pradera Central, con una media de 0,816 mg/kg ($\pm 0,019$), y un rango que va desde 0,799 mg/kg hasta 0,836 mg/kg.

Análisis inferencial

Con el propósito de conocer en qué área de monitoreo hubo mayor concentración de plomo y cadmio registrado utilizando los líquenes *Everniastrum sp* como bioindicador, se empleó en primer lugar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Para muestras con menos de 50 datos, si los datos siguen una distribución normal, se sugiere utilizar la prueba paramétrica de Anova para realizar el análisis. Después, se puede aplicar la prueba post hoc de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre grupos y detectar diferencias significativas. En caso de que los datos no sigan una distribución normal, se recomienda utilizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis como una alternativa adecuada. Posteriormente, se puede emplear la prueba de post hoc de Dunn-Bonferroni para identificar las diferencias significativas entre los grupos. Es crucial seleccionar la prueba estadística apropiada según la naturaleza de los datos con el fin de obtener resultados precisos y confiables en el análisis comparativo entre grupos.

Prueba de normalidad

Hipótesis

H1. No hay presencia de distribución normal en los valores en mg/kg de la muestra analizada.

H0. Sí hay presencia de distribución normal en los valores en mg/kg de la muestra analizada.

Nivel de significancia

0,05

Tabla 4

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk

	Punto de muestreo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Pb (mg/kg)	Praderas 258	0,996	3	0,873
	Zona B	0,987	3	0,784
	Pradera 3ra Etapa	0,863	3	0,277
	Villa Hermosa	0,790	3	0,092
	Pradera Central	0,910	3	0,417
	Muestra control	0,960	3	0,618
cd(mg/kg)	Praderas 258	0,957	3	0,603
	Zona B	1,000	3	0,969
	Pradera 3ra Etapa	0,957	3	0,601
	Villa Hermosa	1,000	3	0,984
	Pradera Central	0,974	3	0,693
	Muestra control	0,995	3	0,862

Interpretación

En la Tabla 4, se observa que todos los valores fueron superiores al nivel de significancia de 0,05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H1) y se concluye que tanto los valores de plomo como los de cadmio presentaron una distribución normal en cada uno de los puntos de muestreo evaluados, así como en la muestra control. Esto indica que es apropiado aplicar la prueba de Anova para determinar si al menos una muestra de plomo en mg/kg de un punto de muestreo específico difiere significativamente de las demás.

Hipótesis

H1. Al menos una muestra de plomo en mg/kg de un determinado punto de muestreo es diferente significativamente a las demás, en la ciudad de Huaycán distrito Ate-Lima-Perú 2022.

H0. Las muestras de plomo en mg/kg de los puntos de muestreo no son diferentes entre sí, en la ciudad de Huaycán- distrito Ate, Lima-Perú 2022.

Nivel de significancia

0,05

Tabla 5

Prueba de Anova sobre las muestras de plomo (mg/kg)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	122,059	5	24,412	976,295	0,000
Dentro de grupos	0,300	12	0,025		
Total	122,359	17			

Interpretación

La Tabla 5 muestra un valor de significancia de 0,000 (Sig. < 0,05), lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. Esto significa que al menos una muestra de plomo en mg/kg de un punto de muestreo específico difiere significativamente de las demás en la ciudad de Huaycán, distrito Ate -Lima-Perú en el año 2022. En otras palabras, se ha encontrado evidencia estadística para concluir que existe una diferencia significativa en los niveles de plomo entre al menos dos puntos de muestreo en la ciudad de Huaycán. En virtud a este resultado se pasó al uso de la prueba de Tukey para determinar en qué área de monitoreo hubo mayor concentración de plomo.

Tabla 6

Prueba de Tukey sobre las muestras de plomo (mg/kg)

Muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Muestra control	3	11,143				
Villa Hermosa	3	11,247				
Zona B	3		12,960			
Pradera 3ra Etapa	3			14,130		
Pradera Central	3				15,580	
Praderas 258	3					18,622
Sig.		0,962	1,000	1,000	1,000	1,000

Se aprecia en la Tabla 6 que, mediante la prueba de Tukey, las medias de los registros de plomo se encuentran en distintas columnas con excepción de las medias sobre la muestra control (11,143 mg/kg) y la muestra registrada en Villa Hermosa (11,247 mg/kg). Por lo cual, estas dos últimas medias son las que son significativamente menores en comparación a las demás. Mientras que, por el contrario, la muestra registrada en Praderas 258 tuvo una media significativamente mayor de 18,622 mg/kg.

Hipótesis

H1. Al menos una muestra de cadmio en mg/kg de un determinado punto de muestreo es diferente significativamente a las demás, en la ciudad de Huaycán, distrito Ate-Lima-Perú 2022.

H0. Las muestras de cadmio en mg/kg de los puntos de muestreo no son diferentes entre sí, en la ciudad de Huaycán, distrito Ate -Lima-Perú 2022.

Nivel de significancia

0,05

Tabla 7

Prueba de Anova sobre las muestras de cadmio (mg/kg)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,709	5	0,142	2563,426	0,000
Dentro de grupos	0,007	12	0,001		
Total	0,716	17			

Interpretación

De acuerdo a la Tabla 7 hubo una significancia de 0,000 (Sig.<0,05). Por lo cual se rechaza la hipótesis nula. Esto quiere decir que al menos una muestra de cadmio en mg/kg de un determinado punto de muestreo es diferente significativamente a las demás, en la ciudad de Huaycán, distrito Ate -Lima-Perú 2022. De acuerdo a este resultado se pasó a la utilización de la prueba de Tukey para conocer en qué área de monitoreo hubo mayor concentración de cadmio.

Tabla 8*Prueba de Tukey sobre las muestras de cadmio (mg/kg)*

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Muestra control	3	0,846					
Villa Hermosa	3		0,349				
Zona B	3			0,520			
Pradera 3ra Etapa	3				0,760		
Pradera Central	3					0,816	
Praderas 258	3						0,906
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

De acuerdo a la Tabla 8 se muestra que la prueba de Tukey indicó que las medias de los registros de cadmio se ubican en diferentes columnas. Esto indica que hubo diferencias significativas entre cada punto de muestreo sobre los registros de cadmio. A su vez, se observa que la muestra control tuvo una media de cadmio de 0,846 mg/kg. Por otro lado, se aprecia que la muestra registrada en Praderas 258 tuvo una media significativamente mayor de 0,906 mg/kg.

4. Conclusiones

El punto P-01 Praderas 258, ubicado en la zona Praderas de Pariachi presenta la concentración más alta en plomo 18,622 ppm siendo esta comparada con la muestra control de 11,143 ppm representado un aumento de 67.11%.

El punto P-01 Praderas 258, ubicado en la zona Praderas de Pariachi presenta la concentración más alta en cadmio 0,906 ppm siendo esta comparada con la muestra control de 0,846 ppm representando un aumento de 7,09 mn8%.

El aumento observado es correlativo a el reinicio de actividades post pandemia. Los presentes metales evaluados aumentan por la emisión producida de la incineración de baterías, combustión de combustibles fósiles, presencia de refaccionarias y quema de desechos en la zona de estudio.

La evaluación realizada establece un precedente importante que debe ser considerado para llevar a cabo monitoreos continuos utilizando otras metodologías con el objetivo de mejorar la calidad del aire en la ciudad. Esta información resalta la necesidad de implementar acciones y medidas para abordar los problemas de contaminación identificados, y trabajar hacia la mejora y preservación de la calidad del aire en beneficio de la salud y el bienestar de los residentes de la ciudad. Los monitoreos regulares permitirán evaluar los avances y ajustar las estrategias en función de los resultados obtenidos, contribuyendo así a un ambiente más saludable y sostenible en la ciudad.

El líquen *Everniastrum sp* demuestra ser un bioindicador de la calidad de aire para plomo y cadmio.

5. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios adicionales acerca del potencial de los líquenes como bioindicadores en la vigilancia de contaminantes atmosféricos. Estos organismos, al carecer de un sistema excretor y obtener nutrientes directamente del aire, tienen la capacidad de capturar y retener los gases contaminantes emitidos por vehículos y actividades industriales. Por lo tanto, sería pertinente llevar a cabo análisis físico-químicos en los líquenes estudiados para determinar las concentraciones acumuladas en ellos a lo largo del tiempo.
- Las fuentes de información primarias son fundamentales para continuar investigando, ya que revelan las tecnologías ambientalmente amigables utilizadas para la vigilancia y regulación de gases contaminantes en el Distrito de Ate.
- Los líquenes, debido a su sensibilidad a las mínimas alteraciones en la calidad del aire, se convierten en herramientas valiosas para identificar tendencias a largo plazo en la contaminación ambiental.
- Es importante tener precaución al analizar los resultados obtenidos mediante el uso de líquenes como bioindicadores. Estos organismos pueden ser influenciados por diversos factores ambientales, como la humedad, la intensidad lumínica y la disponibilidad de nutrientes, además de la contaminación atmosférica. Por lo tanto, se requiere llevar a cabo un análisis exhaustivo y comparar los resultados con otros indicadores de contaminación con el fin de obtener una evaluación precisa de la calidad del aire. Esta consideración garantizará una interpretación más completa y confiable de los datos obtenidos a través de los líquenes como bioindicadores.

6. Agradecimientos

Es maravilloso reconocer y expresar gratitud hacia las personas y entidades que han sido fundamentales en nuestro camino académico y profesional. Agradecer a Dios por habernos dado la salud, la fortaleza y el apoyo necesario para completar este trabajo.

La Universidad UPeU también merece reconocimiento por proporcionarnos las instalaciones y los recursos necesarios para su formación. Además, agradecemos a nuestra asesora de tesis, Ing. Iliana del Carmen Gutiérrez Rodríguez, por su apoyo y dedicación, así como a la Ing. Gina Marita Tito Tolentino por sus enseñanzas y consejos. Estas personas han sido parte fundamental de tu éxito y es importante expresarles tu gratitud.

7. Referencias

- Boamponsem, L. K., Adam, J. I., Dampare, S. B., Nyarko, B. J. B., & Essumang, D. K. (2010). Assessment of atmospheric heavy metal deposition in the Tarkwa gold mining area of Ghana using epiphytic lichens. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 268(9), 1492–1501. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nimb.2010.01.007>
- Canseco, A., Anze, G., & Franken, M. (2006). Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia. *Acta Nova*, 3.
- Chávez Castro, G. (2017). "Capacidad del Liquen Fruticuloso (Ramalina Farinacea) para la bioacumulación de Plomo en el aire en zonas metalúrgicas en Jicamarca, 2017". Scielo, 10-25.
- Eca aire ds 074-200. (2001). decreto supremo N° 074-2001-pcm reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.
- Ferry, g. (2018). "calidad del aire mediante la liquenobiota saxícolas en la zona arqueológica de teatino-reserva nacional lomas de Lachay, huacho-lima-Perú, 2017". *ciencias forestales*, 12-2
- Gombert, S., Asta, J., & Seaward, M. (2004). Assessment of lichen diversity by index of atmospheric purity (IAP), index of human impact (IHI) and other environmental factors in an urban area (Grenoble, southeast France). *The Science of the Total Environment*, 324, 183–199. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2003.10.036>
- Hawksworth, D. L., Iturriaga, T., & Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medioambientales en los trópicos. In *Rev Iberoam Micol* (Vol. 22).
- Kularatne, K. I. A., & de Freitas, C. R. (2013). Epiphytic lichens as biomonitors of airborne heavy metal pollution. *Environmental and Experimental Botany*, 88, 24–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.02.010>
- Kricke, R., & Loppi, S. (2002). Bioindication: The I.A.P. Approach. In P. L. Nimis, C. Scheidegger, & P. A. Wolseley (Eds.), *Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens* (pp. 21–37). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0423-7_4
- Laura, C. (2017). Uso de líquenes foliosos como bioindicadores de la calidad del aire de Bogotá, D.C. *LASSALLE*, 1-25.
- Luxardo, R., & Massy, A. (2017). The epidemiology of renal replacement therapy in two different parts of the world: the Latin American Dialysis and Transplant Registry versus the European Renal Association-European Dialysis and Transplant Association Registry. *Pan American Journal of Public Health*, 23-56.
- LeBlanc, S. C. F., & Sloover, J. de. (1970). Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany*, 48(8), 1485–1496. <https://doi.org/10.1139/b70-224>
- Marcelo, K., & Washington, L. (2010). Situación de los Programas de Gestión de Calidad del Aire Urbano. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*, 1-20.

- Mares, i. (2017). Líquenes como bioindicadores de la. scielo, 12-34.
- Markus, R., & Forsberg, F. H. (2010). Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. LRTAP, 1-15.
- Marmanillo, & Ramirez. (2021). Hypotrachyna cirrhata en la Reserva Nacional de Lachay. Liquenobiota.
- Pacsi, S. A. (2016). Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2,5 en Lima Metropolitana. Dialnet, 273-283.
- Minsa. (2017). Analisis situacional de Salud. https://www.hospitalhuaycan.gob.pe/SIESMAR/Archivos/epidemiologia/3.5.0.0/Analisis_situ-18_01_2019-09;51;30.pdf
- Morales, E. A., Lücking, R., Anze, R., & Ecología, S. (2009). Líquenes de Bolivia. www.ucbcba.edu.bo
- Naeth, M. A., & Wilkinson, S. R. (2008). Lichens as Biomonitoring of Air Quality around a Diamond Mine, Northwest Territories, Canada. *Journal of Environmental Quality*, 37(5), 1675–1684. <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0090>
- Navarro, L., & Clemente, G. (2017). Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. Scielo, 2-12.
- Oscategui. (2015). Evaluacion de metale pesados en la calidad de aire ate-vitarte. scielo.
- Owczarek, M., Guidotti, M., Blasi, G., Simone, C., Marco, A., & Spadoni, M. (2001). Traffic pollution monitoring using lichens as bioaccumulators of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons. *Fresenius Environmental Bulletin*, 10, 42–45.
- Plan de desarrollo local concertado 2017-2021 ate. (2021). http://www.muniate.gob.pe/ate/files/documentosplaneamientoorganizacion/politicas_publicas/plan_desarrollolocalconcertado2017-2021_ate.pdf
- Phan, T. D., Bertone, E., & Stewart, R. A. (2021). Critical review of system dynamics modelling applications for water resources planning and management. *Cleaner Environmental Systems*, 2(March), 100031. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100031>
- Querol, X. (2008). Air quality, particles and metals. scielo, 2-5.
- Ramirez, A., & Niels, V. (2020). Liquenobiota saxícola del nevado Pastoruri (Áncash,Peru). Scielo, 14.
- Ramos, V. E., Quispe Coila, J. A., & Elias Piperis, R. K. (2019). Evaluación de la abundancia relativa de *Telmatobius culeus* en la zona litoral del lago Titicaca, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 475–480. <https://doi.org/10.15381/RPB.V26I4.17216>
- Rubén, f., & Luis, G. (2016). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. scielo, 1-23.
- Suárez, L., & Álvarez, D. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. scielo, 83-89.

- Saib, H., Yekkour, A., Toumi, M., Guedioura, B., Benamar, M. A., Zeghdaoui, A., Austruy, A., Bergé-Lefranc, D., Culcasi, M., & Pietri, S. (2023). Lichen biomonitoring of airborne trace elements in the industrial-urbanized area of eastern algers (Algeria). *Atmospheric Pollution Research*, 14(1), 101643. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101643>
- Sun, B., Yang, X. (2019). Simulación de la capacidad de carga de los recursos hídricos en Xiong'an New Área basada en modelo de dinámica de sistemas. *Agua (Suiza)* 11 (5). <https://doi.org/10.3390/w11051085>
- Wei Lee, N., Yi Wang, H., & Li Du, C. (2022). La exposición a metales pesados ambientales contaminados por el aire aumenta la incidencia y la mortalidad del cáncer de pulmón: un estudio de cohorte longitudinal basado en la población. *Science Direct*, 25-30.
- Weitzenfeld, H. (2018). Contaminación atmosférica y salud en América Latina. *Pan American Journal of Public Health*, 1-30.
- WWF, W. W. F. G. D. (2005). Los humedales altoandinos. *Humedales Altoandinos Estrategia Regional*, 19. http://awsassets.panda.org/downloads/los_humedales_altoandinos.

64.5 Anexos

64.5.1 Evidencia de sumisión de tesis en revista Environmental Advances

View Letter

Close

Date: Aug 27, 2023
To: "Miguel ALTUNA" miguelaltuna@gmail.com
cc: "FELICIA SOTO" feliciasoto@upeu.edu.pe
From: "Environmental Advances" support@elsevier.com
Subject: Submission to Environmental Advances - manuscript number

This is an automated message.

Manuscript Number: ENVADV-D-23-00460

Evaluation of the presence of heavy metals (lead, cadmium) in the air using the lichen Everniastrum sp as a bioindicator in the city of Huaycan district of Ate-Lima-Peru 2022

Dear environmental engineer ALTUNA,

Your above referenced submission has been assigned a manuscript number: ENVADV-D-23-00460.

To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/envadv/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,
Environmental Advances

More information and support

You will find information relevant for you as an author on Elsevier's Author Hub: <https://www.elsevier.com/authors>

FAQ: How can I reset a forgotten password?
https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28452/supporthub/publishing/
For further assistance, please visit our customer service site: <https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>
Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about Editorial Manager via interactive tutorials. You can also talk 24/7 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email

#AU_ENVADV#


To ensure this email reaches the intended recipient, please do not delete the above code

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Remove my information/details). Please contact the publication office if you have any questions.

Close

sciedirect.com/journal/environmental-advances

ScienceDirect Journals & Books



Environmental Advances
Open access

3.6
CiteScore

Articles & Issues About Publish Search in this journal Submit your article Guide for authors

About the journal

Environmental Advances is an international and fully Open Access journal supporting the rapid publication of peer-reviewed original research articles, short communications and review papers dealing with all aspects of the environmental sciences. Our vision is to ensure maximum accessibility and ...

[View full aims & scope](#)

\$875 (standard fee: \$1750)
Article Publishing Charge for open access

2.4 weeks
Time to First Decision

0.4 weeks
Publication Time

[View all insights](#)

*This discount is valid for all authors who wish to publish open access and submit their article by 31 December 2023

Declaration of interests

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

The authors declare the following financial interests/personal relationships which may be considered as potential competing interests:

Evaluation of the presence of heavy metals (lead, cadmium) in the air using the lichen Everniastrum sp as a bioindicator in the city of Huaycan district of Ate-Lima-Peru 2022

Authors: Miguel Orlando Altuna Rios – Felicia Soto Sinche



- Required For Submission:**
- Declaration of Interest Statement
 - Manuscript
 - Author Contributions Statement

At revision stage, PDFs are not supported for the following item types: Manuscript file, Table and Title page. Please upload editable versions (Word files) for these item types as these will then be used for typesetting the accepted manuscript. Please provide any additional items. Declaration of Interest statement. All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work or state if there are no interests to declare. Please complete and upload the Declaration of Interest template

Author Contribution Statement

We encourage you to submit an author statement file outlining all authors' individual contributions, using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing – original draft; Writing – review & editing. Please format with author name first followed by the CRediT roles: for an example and more details see authorship of a paper section [here](#)

Select Item Type
*Author Contributions Statement

Description
Declaración de contribuciones del a

Delivery Method
 Online Web System Offline

[Browse...](#) OR [Drag & Drop Files Here](#)

To attach files from arXiv.org, enter the arXiv identifier (sample: XXXX.XXXXX) and click **Attach arXiv Files**.

arXiv Identifier:

[Attach arXiv Files](#)



When possible these fields will be populated with information collected from your uploaded submission file. Steps requiring review will be marked with a warning icon. Please review these fields to be sure we found the correct information and fill in any missing details.

[Insert Special Character](#)

[Title](#)

[Abstract](#)

[Keywords](#)

Authors

Please enter author details including institution. We use this information so we can offer tailored publishing options and a personalized article publishing charge for Gold open access.

Hint: start your institution search using your main institution name (e.g. University of Manchester) as this will return the most results from which to select the most appropriate option. If you're unable to find your specific department, then selecting your main institution is sufficient.

You may reorder the authors by dragging and dropping an Author's summary line to the correct position in the Current Author List.

Current Author List		+ Add Another Author
	environmental engineer Miguel ALTUNA [Corresponding Author] [First Author] [You] Union Peruvian University	
	FELICIA SOTO	
+ Add Another Author		

[Next](#)

em Environmental Advances Miguel ALTUNA | Logout

Home Main Menu Submit a Manuscript About Help

Article Type Selection Attach Files General Information Review Preferences Additional Information Comments Manuscript Data

When possible these fields will be populated with information collected from your uploaded submission file. Steps requiring review will be marked with a warning icon. Please review these fields to be sure we found the correct information and fill in any missing details.

Insert Special Character

Title

Abstract

Keywords

Authors

Funding Information

Select the funder(s) for this research from the dropdown list

- Funder details help to determine if your manuscript qualifies for reduced OA publishing charges.
- Two or more funders? Enter the organisation providing the most funding first.

If you cannot find your funder in the dropdown list - please enter the entire funder name, award number (if available) and recipient.

Required ¹

Current Funding Sources List + Add a Funding Source

There are currently no Funding Sources in the list

+ Add a Funding Source

Funding information is not available.

Back Save & Submit Later Build PDF for Approval

craxdo a www.editorialmanager.com

em Environmental Advances Miguel ALTUNA

Home Main Menu Submit a Manuscript About Help

← Submissions Waiting for Approval by Author

To finalize your submission:

- Click **View Submission** to review the PDF before you approve your submission.
- Integrity is vital to the trustworthiness of science. Please make sure that your manuscript adheres to the guidelines for [Ethics in Publishing](#).
- Once you have reviewed the PDF and Ethics in Publishing guidelines check the box to complete your submission.

For additional assistance in completing your submission:

- Use **Edit Submission** to change the meta-data, and to upload or remove files to your submission.
- Please use **Remove Submission** ONLY if you want to permanently remove your submission from the system.

If you have additional questions or need help completing your submission:

Visit our [online support site](#).

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Results per page 10

Action	Manuscript Number	Title	Date Submission Began	Status Date	Current Status	Accept Ethics in Publishing?
		Evaluation of the presence of heavy metals (lead, cadmium) in the air using the lichen <i>Evermistastrum</i> sp as a bioindicator in the city of Huaycan district of Ate-Lima-Peru 2022	Aug 27, 2023	Aug 27, 2023	Building PDF	<input type="checkbox"/> I accept

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Results per page 10

em Environmental Advances Miguel ALTUNA |

Home Main Menu Submit a Manuscript About Help

← Submissions Waiting for Approval by Author

To finalize your submission:

1. Click **View Submission** to review the PDF before you approve your submission.
2. Integrity is vital to the trustworthiness of science. Please make sure that your manuscript adheres to the guidelines for [Ethics in Publishing](#).
3. Once you have reviewed the PDF and Ethics in Publishing guidelines check the box to complete your submission.

For additional assistance in completing your submission:

- Use **Edit Submission** to change the meta-data, and to upload or remove files to your submission.
- Please use **Remove Submission** ONLY if you want to permanently remove your submission from the system.

If you have additional questions or need help completing your submission:

Visit our [online support site](#).

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Results per page: 10

Action	Manuscript Number	Title	Date Submission Began	Status Date	Current Status	Accept Ethics in Publishing?
Action Links		Evaluation of the presence of heavy metals (lead, cadmium) in the air using the lichen Everniastrum sp as a bioindicator in the city of Huaycan district of Ate-Lima-Peru 2022	Aug 27, 2023	Aug 27, 2023	Needs Approval	<input checked="" type="checkbox"/> I accept

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Results per page: 10

em Environmental Advances

Home Main Menu Submit a Manuscript About Help

Author's Decision

Thank you for approving "Evaluation of the presence of heavy metals (lead, cadmium) in the air using the lichen Everniastrum sp as a bioindicator in the city of Huaycan district of Ate-Lima-Peru 2022".

[Publishing Options](#)

[Main Menu](#)

editorialmanager.com/envadv/default2.aspx Miguel ALTUNA | Logout

Home Main Menu Submit a Manuscript About Help

← Submissions Being Processed for Author

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Results per page: 10

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links	ENVADV-D-23-00460	Evaluation of the presence of heavy metals (lead, cadmium) in the air using the lichen Everniastrum sp as a bioindicator in the city of Huaycan district of Ate-Lima-Peru 2022	Aug 27, 2023	Aug 27, 2023	Manuscript Submitted

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Results per page: 10

64.5.2 Copia de la resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de facultad correspondiente



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0162-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 18 de abril de 2023

VISTO:

El expediente de **Soto Sinche Felicia**, identificado(a) con Código Universitario N° 201420431 y **Altuna Rios Miguel Orlando** identificado(a) con Código Universitario N° 201710197, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Soto Sinche Felicia** y **Altuna Rios Miguel Orlando**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Evaluación de la presencia de metales pesados (plomo, cadmio) en el aire empleando el líquen Everniastrum sp como bioindicador en el distrito de Huaycan-Lima-Perú 2022 " y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 18 de abril de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Evaluación de la presencia de metales pesados (plomo, cadmio) en el aire empleando el líquen Everniastrum sp como bioindicador en el distrito de Huaycan-Lima-Perú 2022 " y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Mg. Iliana Del Carmen Gutierrez Rodríguez** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga** y **Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo