

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

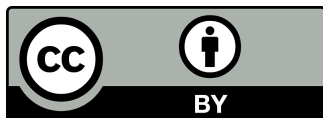
**Biomonitoreo de metales pesados en hojas de Polylepis SP
en sectores urbanos del área central metropolitana de
Huancayo, 2023**

Angel Moises Caceres Zavala
Bones Aurelio Ureta Cabanilla

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Rony Lázaro Chambergo
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 21 de Febrero de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"Biomonitoreo de metales pesados en hojas de *Polylepis sp* en sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo 2023"

Autor:

1. Angel Moises Caceres Zavala – EAP. Ingeniería Ambiental
2. Bones Aurelio Ureta Cabanilla – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (26 palabras): | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

Rony Lázaro Chambergo
Asesor de trabajo de investigación - tesis

ASESOR

Ing. Rony Lázaro Chambergó.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y su amado hijo Jesucristo por ser parte de mi fortaleza y haberme concedido la sabiduría, conocimientos y lograr mis objetivos trasados añadiendo la salud el esfuerzo y coraje para terminar con éxito el presente trabajo de investigación; a la Universidad Continental y la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental por brindarme los aportes académicos necesarios para el desarrollo del presente trabajo.

Agradezco a mis padres y familiares, que desde el primer momento estuvieron con nosotros, apoyando y sobre todo creyendo en nuestras capacidades de superación, asimismo agradecer por sus consejos y motivaciones que día tras día nos hacían llegar.

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a nuestros padres y familiares, que nos incentivaron en conseguir el éxito para lograr nuestros objetivos, por cada peldaño aportado y construido de nuestro éxito, todo este logro es para las personas que estuvieron en las buenas y malas en las decisiones para un nuevo éxito y su apoyo incondicional y los consejos de alientos.

Bach. Angel Moises Caceres Zavala.

Bach. Bones Aurelio Ureta Cabanilla.

ÍNDICE

ASESOR	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCION	XIII
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	3
1.1.2.1. Problema general	3
1.1.2.2. Problemas específicos	3
1.2. Objetivos de la investigación	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	4
1.3.1. Justificación.....	4
1.3.2. Importancia	4
1.4. Delimitación del proyecto	5
1.5. Hipótesis y variables	5
1.5.1. Hipótesis.....	5
1.5.1.1. Hipótesis general.....	5
1.5.1.2. Hipótesis específicas	5
1.5.2. Descripción de las variables.....	5
1.5.2.1. Variable independiente observada - asignada	5
1.5.2.2. Descripción de las variables.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.1.3. Antecedentes locales	10
2.2. Marco teórico	10

2.2.1. Monitoreo de aire	10
2.2.1.1. Material particulado en el aire de las ciudades	10
2.2.1.2. Material particulado (PM).....	10
2.2.1.3. Estándares de calidad ambiental	11
2.2.1.4. Efectos en la salud del material particulado.....	11
2.2.1.5. Objetivos intermedios (OI) para reducir el material particulado	12
2.2.2. Los metales pesados como contaminantes atmosféricos.....	13
2.2.2.1. Materiales pesados y su toxicidad.....	13
2.2.2.2. Plomo (Pb)	13
2.2.2.3. Zinc (Zn)	14
2.2.2.4. Antimonio (Sb)	15
2.2.2.5. Bario (Ba).....	15
2.2.2.6. Cobre (Cu)	16
2.2.3. Importancia de la vegetación arbórea urbana en la contaminación del aire	16
2.2.3.1. Mecanismos de absorción de material contaminante en los árboles	17
2.2.3.2. <i>Polylepis sp</i>	19
2.2.4. Marco conceptual	20
2.2.4.1. Metal pesado	20
2.2.4.2. Contaminación atmosférica.....	21
2.2.4.3. Calidad de aire	21
2.2.4.4. Biomonitorio	21
2.2.4.5. Bioindicador.....	21
2.2.4.6. Parque automotor	21
2.2.4.7. Tasa de crecimiento poblacional.....	21
2.2.4.8. Especie arbórea	22
2.2.4.9. Desarrollo urbano.....	22
2.2.4.10. Material particulado atmosférico	22
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	23
3.1. Tipo y nivel de investigación	23
3.1.1. Tipo de investigación	23
3.1.2. Nivel de la investigación	23
3.2. Método y diseño de la investigación	23
3.2.1. Método científico	23
3.2.2. Diseño de la investigación.....	23
3.2.3. Diagrama del proceso.....	24
3.3. Población y muestra	25
3.3.1. Población.....	25

3.3.2. Muestra.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.4.1. Técnica de procesamiento de datos	26
3.4.2. Instrumentos de muestreo.....	26
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Resultados de identificación de la especie vegetal endémica para el biomonitoreo de metales pesados	27
4.1.1. Sector Cf denominado (Palian)	29
4.1.2. Sector Ca-1 denominado (Chorillos).....	30
4.1.3. Sector Ca denominado (San Carlos)	31
4.1.4. Sector Ce denominado (Torre Torre)	31
4.1.5. Sector Cb denominado (Ocopilla).....	32
4.1.6. Sector Cc denominado (zona monumental)	32
4.1.7. Sector Cd denominado (Cajas Chico)	33
4.2. Resultados de la concentración de los metales Zn, Ba, Cu, Sb y Pb	33
4.3. Prueba de hipótesis estadística para el nivel de concentración de los metales pesados .	34
4.3.1. Prueba de normalidad.....	34
4.3.2. Prueba estadística de Kruskal-Wallis	35
4.3.3. Resumen de la prueba de hipótesis	36
4.4. Resultados y discusiones de la evaluación del estado situacional a nivel de concentración de metales pesados en los sectores urbanos	37
4.4.1. Nivel de concentración de monitoreo del Zinc (Zn)	37
4.4.2. Nivel de concentración de monitoreo del Antimonio (Sb).....	37
4.4.3. Nivel de concentración de monitoreo del Bario (Ba)	38
4.4.4. Nivel de concentración de monitoreo del Plomo (Pb)	39
4.4.5. Nivel de concentración de monitoreo del Cobre (Cu).....	39
4.5. Resultados de concentración de metales pesados presentes en las hojas de <i>Polylepis sp</i> por sectores.....	40
4.5.1. Mapa de concentración del metal Zinc (Zn) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo.....	40
4.5.2. Mapa de concentración del metal Antimonio (Sb) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo.....	41
4.5.3. Mapa de concentración del metal Bario (Ba) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo.....	42
4.5.4. Mapa de concentración del metal Plomo (Pb) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo.....	43

4.5.5. Mapa de concentración del metal Cobre (Cu) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo.....	44
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	6
Tabla 2. Niveles de PM según la Organización Mundial de la Salud (OMS).....	11
Tabla 3. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el PM-Perú.	11
Tabla 4. Objetivos intermedios (OI) para la reducción del PM según OMS.	12
Tabla 5. Cálculo del número de muestra para la investigación.....	25
Tabla 6. Distribución de las muestras por sectores de la ACMH.	26
Tabla 7. Coordenadas y nombre de parques monitoreados.....	29
Tabla 8. Estadísticos de las concentraciones de los metales pesados.	34
Tabla 9. Prueba de normalidad.	35
Tabla 10. Prueba estadística de Kruskal-Wallis.....	36
Tabla 11. Resumen de la prueba de hipótesis.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de tamaño del material particulado.	12
Figura 2. Contaminación de plomo en el aire.	14
Figura 3. Beneficios de la vegetación arbórea en los entornos humanos.....	17
Figura 4. Morfología de la hoja para mecanismos de absorción.....	18
Figura 5. Taxonomía del género <i>Polylepis</i> sp.....	19
Figura 6. Diseño ex post facto para la investigación.	24
Figura 7. Diagrama del proceso.	24
Figura 8. Mapa de los sectores del área central metropolitana de Huancayo.	28
Figura 9. Sector Cf (Palian) área central metropolitana de Huancayo.....	30
Figura 10. Sector Ca-1 (Chorrillos) área central metropolitana de Huancayo.....	30
Figura 11. Sector Ca (San Carlos) área central metropolitana de Huancayo.....	31
Figura 12. Sector Ce (Torre Torre) área central metropolitana de Huancayo.....	31
Figura 13. Sector Cb (Ocopilla) área central metropolitana de Huancayo.	32
Figura 14. Sector Cc (zona monumental) área central metropolitana de Huancayo.....	32
Figura 15. Sector Cd (Cajas Chico) área central metropolitana de Huancayo.....	33
Figura 16. Biomonitorio del Zinc (Zn).....	37
Figura 17. Biomonitorio de Antimonio (Sb).	38
Figura 18. Biomonitorio del Bario (Ba).	38
Figura 19. Biomonitorio del Plomo (Pb).....	39
Figura 20. Biomonitorio del Cobre (Cu).	39
Figura 21. Concentración del zinc (Zn) - área central metropolitana de Huancayo.	40
Figura 22. Concentración del antimonio (Sb) - área central metropolitana de Huancayo.	41
Figura 23. Concentración de bario (Ba) - área central metropolitana de Huancayo.	42
Figura 24. Concentración de plomo (Pb) - área central metropolitana de Huancayo.	43
Figura 25. Concentración de cobre (Cu) - área central metropolitana de Huancayo.	44

RESUMEN

En el presente estudio de investigación, de biomonitorio de los niveles de concentración de metales pesados presentes en las hojas de *Polylepis sp* en los sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo, denominados Cf (Palian), Ca-1 (Chorrillos), Ca (San Carlos), Ce (Torre Torre), Cb (Ocopilla), Cc (Zona Monumental), Cd (Cajas Chico), determinándose 30 puntos de biomonitorio donde se ubicaron árboles de *Polylepis sp* dentro de área metropolitana de Huancayo, se recolectaron 80 muestras para determinar la concentración de dichos metales pesados como “plomo (Pb), antimonio (Sb), bario (Ba), cobre (Cu) y zinc (Zn)”. Estas muestras fueron enviados al Laboratorio de Química Atmosférica (LQA) PUC - Rio de Janeiro Brasil, donde se realizaron los análisis de ICP-MS espectrofotometría de absorción atómica. Se determinaron los niveles de concentración de metales pesados como el zinc (Zn) donde la mayor cantidad se presenta en el sector Cc (parque Madre Wanka con 66.11 ppm) y la menor cantidad en el sector Ca-1 (parque Tanquishk con 12.54 ppm), para el antimonio (Sb) la mayor concentración se ubica en el sector Cc (parque Madre Wanka con 2.63 ppm, la menor cantidad en el sector Cc (plazoleta mercado Mayorista con 0.19 ppm), para el metal bario (Ba) la mayor concentración en el sector Ca-1 (parque los Jardines con 57.39 ppm) y la menor cantidad en el sector Cc (plazoleta mercado Mayorista con 13.92 ppm), por otro lado para el metal plomo (Pb), la mayor concentración en el sector Cc (parque Madre Wanka con 17.87 ppm), y en menor concentración en el sector Cc (plazoleta mercado mayorista 1.34 ppm), finalmente para el metal cobre (Cu) la mayor concentración se presenta en el sector Cc (Madre Wanka con 11.74 ppm) y la menor cantidad sector Cc (plazoleta mercado Modelo con 4.29 ppm). El uso de los árboles de las hojas de *Polylepis sp* es un indicador biológico importante que se puede utilizar como puntos de biomonitorio ante la contaminación atmosférica en áreas urbanas optando un método eficaz ya que el *Polylepis sp* son resistentes a la absorción de diferentes metales. Asimismo, con los datos obtenidos se desarrolló un análisis estadístico y espacial para poder determinar la concentración de metales pesados y de esta manera proponer estrategias de gestión para el cuidado de la salud pública y ambiental.

Palabras clave: contaminación atmosférica, parques, plazoletas, biomonitorio.

ABSTRACT

In the present research study, biomonitoring the concentration levels of heavy metals present in the leaves of *Polylepis sp* in the urban sectors of the central metropolitan area of Huancayo, called Cf (Palian), Ca-1 (Chorrillos), Ca (San Carlos), Ce (Torre Torre), Cb (Ocopilla), Cc (Monumental Zone), Cd (Cajas Chico), determining 30 biomonitoring points where trees of *Polylepis sp* within the metropolitan area of Huancayo, 80 samples were collected to determine the concentration of heavy metals such as “lead (Pb), antimony (Sb), barium (Ba), copper (Cu) and zinc (Zn)” these samples were sent to the Laboratory of Atmospheric Chemistry (LQA) PUC - Rio de Janeiro Brazil, where they carried out by ICP-MS analysis atomic absorption spectrophotometry. The concentration levels of heavy metals such as zinc (Zn) were determined, where the highest amount occurs in the Cc sector (Madre Wanka park with 66.11 ppm) and the lowest amount in the Ca-1 sector (Tanquishk park with 12.54 ppm, For antimony (Sb), the highest concentration is located in the Cc sector (Mother Wanka park with 2.63 ppm, the lowest amount in the Cc sector (Wholesale market square with 0.19 ppm), for the metal barium (Ba) the highest concentration in the Ca-1 sector (los Jardines park with 57.39 ppm) and the lowest amount in the Cc sector (Wholesale market square with 13.92 ppm), on the other hand for the metal lead (Pb), the highest concentration in the Cc sector (park Madre Wanka with 17.87 ppm), and in lower concentration in the Cc sector (wholesale market square 1.34 ppm), finally for the copper metal (Cu) the highest concentration occurs in the Cc sector (Mother Wanka with 11.74 ppm) and the lowest quantity sector Cc (Model market square with 4.29 ppm) The use of *Polylepis sp* leaves on trees is an important biological indicator that can be used as biomonitoring points for atmospheric pollution in urban areas, opting for an effective method since the *Polylepis sp* are resistant to the absorption of different metals. Likewise, with the data obtained, a statistical and spatial analysis was developed to determine the concentration of heavy metals and in this way propose management strategies for the care of public and environmental health.

Keywords: air pollution, parks, squares, biomonitoring.

INTRODUCCION

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 99 % de la población mundial respira un aire que supera los límites de contaminación atmosférica previstos, lo que supone un peligro para la salud. La contaminación del aire en exteriores e interiores, especialmente en los hogares, causa unos 7 millones de muertes prematuras al año, lo que equivale a 13 muertes por minuto. A consecuencia de ello, de la contaminación atmosférica ya causa más de 6.7 millones de muertes prematuras al año y aumenta considerablemente el riesgo de accidentes cerebrovasculares, enfermedades cardíacas y pulmonares, cáncer y otras dolencias (1).

Las personas que respiran aire de mala calidad podrían sufrir dificultad para respirar, tos, sibilancias y asma. La contaminación del aire también tiene un efecto importante en el medio ambiente global y la economía mundial. Es bien sabido que la lluvia ácida, la neblina y el cambio climático global son causados por la contaminación del aire (2).

El empleo de biomonitores nos ofrece la posibilidad de llevar a cabo estudios de biomonitoreos ambiental del aire en distintos periodos de tiempo que pueden ser variables, en distintas áreas remotas (o lugares de difícil acceso), áreas de extremas condiciones (desiertos o glaciares), también nos permite realizar el monitoreo simultaneo de varias áreas geográficas (3).

Los líquenes son utilizados como bioindicadores para valorar e identificar la calidad atmosférica, debido a que se obtienen la mayor parte de sus nutrientes del aire, son muy sensibles a las impurezas presentes en la atmósfera, como metales pesados (4).

Los metales pesados son los elementos más liberados en áreas urbanas a consecuencia de diferentes actividades antropogénicas (actividades industriales, quema de combustibles fósiles, construcción y demolición de edificios, pistas) y tráfico vehicular, siendo tóxicos, inclusive a bajas concentraciones (por ejemplo, plomo (Pb), antimonio (Sb), bario (Ba), cobre (Cu) y zinc (Zn) en sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo. En las últimas décadas se pudo observar el deterioro de la calidad del aire como consecuencia de su desarrollo, incremento de áreas urbanas e incremento del número de automóviles, sin embargo, el biomonitoreo de metales pesados en hojas de *Polylepis sp* en sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo, para estimar la presencia y niveles de concentración de elementos de metales pesados. Es por ello que usar métodos confiables y de bajo costos como es el uso de biomonitoreos, se convierte en una buena opción para medir la concentración de diferentes metales traza o pesados y así poder saber cuáles son sus fuentes de emisión mediante el uso de métodos estadísticos avanzados para posteriormente poder plantear algunas ideas de prevención y control de su liberación.

En torno a la organización de la investigación, se ha estructurado en 4 capítulos de la siguiente manera:

En el primer capítulo “Planteamiento del estudio”, se engloba el planteamiento del problema, formulación del problema donde se asocian los objetivos, justificación, hipótesis y descripción de variables.

Como Capítulo II “Marco teórico”, constituido por antecedentes más relevantes que nos sirvió como punto de partida para nuestra investigación e información asociados a nuestro objetivo de estudio.

En el Capítulo III se presenta la “Metodología”, el método y alcance de la investigación como diseño, población y muestra y técnicas (preparación de material cartográfico y satelital) el procesamiento y recolección de muestras realizados para la obtención de datos que ayudaron a demostrar la veracidad de esta investigación.

Finalmente, en el cuarto capítulo se plasman los “Resultados y discusiones” respaldados por una serie de gráficas y mapas y prueba de hipótesis que nos ayudan a comprender el comportamiento de los metales pesados en los diferentes sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo; finalmente están las conclusiones, recomendaciones y se detallan las referencias bibliográficas, anexos correspondientes a nuestra investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La contaminación atmosférica por metales pesados ha sido una problemática constante en las grandes ciudades y urbes a nivel mundial, siendo el plomo (Pb) uno de los metales que más contribuye a esta contaminación en perjuicio de la población urbana. Se ha demostrado fehacientemente que las fuentes generadoras agudas de estos metales son el parque automotor, los servicios domésticos y algunos procesos industriales irresponsables que contribuyen al aumento progresivo de este en el aire y sedimentos urbanos. La emisión de partículas contaminantes a la atmósfera, ya sea de forma directa, se constituye un problema relevante en la salud de la población debido a su permanencia constante e impurificadora capaz de alterar la armonía ambiental natural del medio (5).

Entre los metales pesados atmosféricos establecidos dentro de la fracción respirable está el metal Pb, provocando un importante problema ambiental y de salud a los ecosistemas e individuos expuestos, ya que dependiente de sus procesos de transporte al sistema receptor final lo alteran irremediablemente de forma aguda o crónica, provocando incluso cuadros críticos irreversibles al organismo biológico expuesto (6). Se ha logrado demostrar tras varios estudios científicos, que la contaminación por metales pesados en la atmósfera contribuye a la alteración negativa de los diversos ecosistemas ya que, al acumularse en el suelo, sedimentos urbanos y otros, son arrastrados por el viento generando daño constante a los sistemas biológicos, así como provocando bajos rendimientos en los cultivos. Gutiérrez (7) afirma que estos contaminantes viajan largas distancias, contaminando a su paso lugares fuera del radio de origen gracias a su capacidad de dispersión y que son dependientes de la topografía y meteorología de la región.

La principal fuente de la emisión de metales como el Pb a la atmósfera en el Perú es el parque automotor que, por el recurrente uso de unidades antiguas, aumentan el consumo de combustible diésel y gasolinas de bajo octanaje; a esto se suma el uso de pinturas baratas y de pobre calidad, que por sus precios bajos son usadas por la población de escasos recursos en el pintado de sus viviendas y las transforman en potenciales emanadores del metal a la atmósfera (8).

La generación y emanación continua de contaminantes particulados a la atmósfera de una ciudad, generan problemas de acumulación de los mismos en los sedimentos viales urbanos, encontrándose en sus vías de tránsito, parques por acción de los fenómenos meteorológicos, antropogénicos (vientos, escorrentías, tráfico peatonales y vehiculares) van propiciando el contacto directo con los seres vivos del entorno. En especial la vegetación arbórea y los seres humanos son los que se ven más afectados por esta interacción, debido a que muchas partículas contaminantes como los metales pesados por su propiedad nociva de no biodegradabilidad se bioacumulan en los tejidos de los afectados (tejido parenquimatoso, hojas, sistema circulatorio, sistema respiratorio, sistema nervioso, órganos diversos, etc.). Esto hace propicio el biomonitoreo de Pb en especies arbóreas urbanas como indicadores de contaminación y afectación directa de la contaminación del entorno (9; 10).

Se sospecha cada vez más que las emisiones de gases generadas por el parque automotor en el centro urbano de Huancayo son la principal fuente de contaminación atmosférica por plomo (Pb) en la ciudad, lo que contribuye al aumento progresivo de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en los diversos monitoreos realizados. Estos valores preocupantes y crecientes de material contaminante de la atmósfera, conducen a las cifras críticas del parque automotor, y que según la gerencia de tránsito y transporte de la Municipalidad Provincial de Huancayo (MPH) 2020, de los 11 636 vehículos formalizados aunados a los no formales y al crecimiento mensual de 300 unidades nuevas, provocan un número de 70 000 vehículos generadores de un estatus incontrolable tanto para la seguridad vial y para la salud ambiental en el centro urbano de Huancayo (11).

Suárez *et al.* (12), reportaron que para el PM_{10} se alcanzaron valores de $64.54 \pm 30.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el $PM_{2.5}$ valores de $34.4 \pm 14.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el centro urbano de Huancayo, los mismos que superan preocupantemente los estándares de calidad ambiental para aire - ECA anuales exigidos ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para ambas medidas respectivamente), e incluso estos superan ocasionalmente a ciudades de mayor importancia en el país como Lima (PM_{10} de $137.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $PM_{2.5}$ de $31.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Buscar especies bioindicadores de la calidad ambiental atmosférica en el centro urbano de Huancayo ha sido una tarea muy limitada, debido a los escasos estudios que indagan sobre la interacción del tipo de especie investigada y la absorción de las partículas de Zinc (Zn), Antimonio (Sb), Bario (Ba), Plomo (Pb), Cobre (Cu), contaminantes, generándose un ímpetu científico que esta investigación intenta

salvaguardar. Buscar las especies vegetales que son capaces de absorción, fijación y acumulación de materiales particulados como el Zinc (Zn), Antimonio (Sb), Bario (Ba), Plomo (Pb), Cobre (Cu), en sus hojas y tejidos, nos aportarán conocimientos que pueden ser empleados como alternativas de solución de bajo costo para ser usadas como herramientas de mitigación, ya que por sus características de sumideros naturales de la polución se convierten en controladores biológicos de la contaminación del aire.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

- ¿Es posible biomonitorrear la concentración de metales pesados presentes en las hojas de *Polylepis sp* en sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Habrá una especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) que permita cuantificar la concentración de los metales pesados?
- ¿Es posible cuantificar la concentración de metales pesados en la especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023?
- ¿Es posible determinar la concentración de metales pesados en la especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

- Biomonitorrear la concentración de metales pesados presentes en las hojas de *Polylepis sp* en sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- Colectar la especie vegetal endémica del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) que permita el biomonitoreo de metales pesados.
- Cuantificar la concentración de metales pesados en la especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo.

- Evaluar la concentración de metales pesados en los sectores urbanos monitoreados dentro del área central metropolitana de Huancayo 2023.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación

La investigación propuesta se justifica en el uso de un instrumento biológico (*Polylepis sp*) para el biomonitoreo de metales pesados. Esta especie de carácter arbóreo ornamental de gran diversificación en parques del área central metropolitana de Huancayo, será usada en esta investigación (gracias a las referencias de sus bondades fitoquímicas y de regulación hídrica ampliamente conocidas) para probar sus potencialidades como benefactor ambiental, es una especie purificadora de material particulado localizados en hojas (*Polylepis sp*) en el énfasis de absorción de metales pesados para custodia de la calidad del medio ambiente en el área central metropolitano de Huancayo (ACMH). Impulsar este tipo de propuestas nos permitirá a posterior instaurar una red de monitoreo de bajo costo, capaz de identificar los efectos nocivos de algunos metales pesados, provenientes de las actividades antrópicas urbanas de la ciudad incontestable. El beneficio práctico corresponde al monitoreo continuo atmosférico que contribuye al bienestar del medio ambiente, salvaguardando la salud de la población que debido a su exposición demográfica de los últimos años ha generado el uso intensivo de medios de transporte y servicios que contribuyen a la contaminación dentro del área central metropolitano de Huancayo (ACMH).

1.3.2. Importancia

La investigación por desarrollar gravita su importancia en descubrir la relación entre la cantidad de metales pesados absorbidos por las hojas de *Polylepis sp* y las concentraciones de metales pesados para los sectores estudiados del ACMH. Todo ello nos permitirá referenciar los niveles de contaminación de metales pesados atmosférico del ACMH en un periodo determinado de tiempo. Poder identificar sectores urbanos afectados por la acumulación de metales pesados es muy importante porque permitirá la generación de regulaciones para ciertas actividades antrópicas que contribuyen al esparcimiento y difusión de los metales pesados, ayudándonos a gestionar ciertas acciones y políticas de regulación del parque automotor con miras de mitigación anticipada de la contaminación para el control de los posibles daños a la salud futura de los habitantes de la ciudad.

1.4. Delimitación del proyecto

La investigación está constituida en el área metropolitana de Huancayo, donde por el lado este colinda con el centro poblado de Uñas, por el oeste con el río Mantaro, por el norte con el distrito de El Tambo y por el sur con el distrito de Chilca.

1.5. Hipótesis y variables

1.5.1. Hipótesis

1.5.1.1. Hipótesis general

La concentración de metales pesados podrá ser cuantificados en las hojas de vegetación arbórea de la especie *Polylepis sp* en los sectores urbanos del Área Central Metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023.

1.5.1.2. Hipótesis específicas

- Existe la especie vegetal endémica del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) que permita el biomonitoreo de metales pesados.
- La concentración de metales pesados presente en la especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH), es cuantificable.
- Altas concentraciones de metales pesados fueron reportadas en los sectores urbanos monitoreados dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023.

1.5.2. Descripción de las variables

La presente investigación tendrá como variable independiente una variable observada asignada, en la que los niveles (sectores del ACMH)) serán seleccionados por el investigador para ver la relación generada con la variable dependiente (13).

1.5.2.1. Variable independiente observada - asignada

Sectores urbanos del Área central Metropolitana de Huancayo (ACMH).

1.5.2.2. Descripción de las variables

Biomonitoreo de metales pesados.

Tabla 1. *Operacionalización de las variables.*

VARIABLE	DIMENSIONES	DEFINICIÓN	UNIDAD
VARIABLE INDEPENDIENTE (Observada- asignada)			
Sectores urbanos del Área central Metropolitana de Huancayo (ACMH)	Ca (San Carlos)	Son zonas que presentan una alta densidad poblacional superiores a los 2000 habitantes y que están dentro del ACMH (14). Cabe recalcar que estos tienen una probabilidad elevada de contaminación por partículas de metales pesados.	ppm
	Ca-1 (Chorrillos)		
	Cb (Ocopilla)		
	Cc (Zona Monumental)		
	Cd (Cajas Chico)		
	Ce (Torre Torre)		
	Cf (Palian)		
VARIABLE DEPENDIENTE			
Biomonitoreo de metales pesados	Bioconcentraciones de metales pesados en hojas de <i>Polylepis sp.</i>	Identifica el grado de contaminación ambiental por Zinc (Zn), Antimonio (Sb), Bario (Ba), Plomo (Pb), Cobre (Cu) atmosférico de un área determinada, es producto de la bioacumulación de metales pesados a nivel parenquimatoso y foliar de la especie arbórea (15).	ppm
	Concentraciones de metales pesados en sectores del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) cercanos a la especie de biomonitoreo.	Comprende las partículas de plomo entremezcladas con un conjunto de partículas sólidas de variada composición química, las mismas que son depositadas gradualmente en las vías de una zona urbana (tiempo seco). Estas se generan por acción del viento, polvo, contaminación y otros factores de origen natural y antropogénico (9).	ppm

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Mendoza *et al.* (16) en su investigación de análisis pesados en el parque estatal “Flor del Bosque”, Puebla, México, analizaron concentraciones de metales con alto grado de toxicidad como el Cr, Cd, Cu, Hg, Ni y Pb en 08 especies vegetales de un parque estatal. Las especies analizadas fueron la *Mimosa malacophylla*, *Euforbiáceas*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus camaldulesis*, *Juniperus fláccida*, *Quercus mexicano*, *Quercus rugoso* y *Juniperus deppeana*. Las muestras fueron recogidas en temporadas de lluvias y estiaje, para que posteriormente sean comparadas variantemente con la normativa local. Los investigadores encontraron correlaciones fuertes entre los metales Cr y Cu en la mayoría de especies analizadas, lo que indica una fuente antropogénica común (fracción total extractable de 0.520 a 0.725). Reportaron también que todos los metales pesados analizados se encontraron en todas las especies monitoreadas, mientras que, en las muestras de suelo, las concentraciones de Cr no fueron detectadas por los análisis respectivos. La investigación concluyo que los metales pesados están en una fracción extractable representativa de riesgo fitotóxico (Pb mayores a 20 mg.kg⁻¹, el Hg 5 mg.kg⁻¹, el Cd 10 mg.kg⁻¹, el Cu 30 mg.kg⁻¹).

Ramírez *et al.* (17) su investigación titulada “Biomonitoreo de metales pesados en vegetación arbórea en la ciudad de Saltillo”- México, enfocaron esfuerzos sobre la determinación de ciertos metales pesados (Cr, Pb, Cd y V) en variedades de especies arbóreas propias de la región de Saltillo; entre las especies biomonitoreadas encontramos al *Pinus halepensis* Mill, *cupressus sempervires* L. y *Prosopis spp.* Estas variedades arbóreas fueron seleccionadas como bioindicadoras de la calidad del aire de la localidad. Se sectorizaron 15 puntos, los mismos que estuvieron comprendidos entre la zona urbana 13 y la franja marginal 2. Los resultados encontrados mediante técnicas ICP-OES indicaron interacciones mediatas entre el *C. sempervires* para el Cd, Pb y V y para el *P. halepensis* el Cr. Los investigadores concluyeron que los puntos 3,4,12 y 15 biomonitoreados presentaron elevadas concentraciones de metales pesados, siendo las zonas de mayor afectación la centro y sureste de la ciudad.

Gutiérrez (7) en su trabajo titulado “Biomonitoreo de metales pesados en hojas y frutos de guayabo” del área metropolitana de Guadalajara (AMG), tuvieron como objetivo central determinar los metales pesados correspondientes al Cu, Fe, Mn, Cr, Ni, Zn y Pb en hojas y frutos de *Pithecellobium dulce* y *Psidium guajava*, las mismas que se encuentran afectadas por la contaminación atmosférica de la ciudad. La investigación se desarrolló en la zona central (nivel alto de contaminación) y el Parque Bosque los Colonos (nivel bajo de contaminación) para un adecuado contraste y análisis correlacional. Se reportaron resultados con significativa acumulación de los metales pesados en hojas y frutos de *P. guajava* y *P. dulce*, siendo esta última especie la que alberga concentraciones mayores para el metal Pb (> 45 mg/kg). Los investigadores concluyeron que los frutos de las especies no deben ser consumidos por la población por contener un alto contenido de plomo (Pb). Concluyen también que las especies analizadas tienen una elevada capacidad de bioacumulación y fijación de contaminantes, permitiendo que el material particulado de la atmósfera se fije en ellos.

Según Lara *et al.* (18) en su investigación titulada Biomonitoreo activo con *Leskea angustata* en la zona metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT). Los investigadores utilizaron la especie de musgo como bioindicador de niveles de Zn, Pb y Cu, se trabajaron muestras de musgo en bolsas comúnmente llamadas *moss bags* para identificar fitoquelatinas (PC) y glutatión (GHS) generadas por los metales pesados fijados por los musgos. Pudieron identificar metales mediante técnicas de cromatografía de líquidos de ultra alta capacidad resolutive, también utilizaron fluorescencia de rayos x para la determinación de la concentración de metales (reflexión TXRF). Los investigadores reportaron el aumento y enriquecimiento de 2 a 30 metales y de 116 a 659 GHS. Se reportaron también que el GHS presentó un rango de concentración de 164-808 Nm/g con correlación positiva para algunos metales como el plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn). Esta investigación concluye que la especie de musgo utilizado para biomonitoreo en la zona metropolitana del valle de Toluca-México es una especie con potencial de bioacumulación de metales pesados.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Se estudió la bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre en áreas de pasivos ambientales mineros en el Perú. Los investigadores evaluaron la bioacumulación de metales en tejidos de especies macrófitas (*Anomobryum prostratum*, *Marchantia polymorpha* l. y *Bryofita* sp), también en

especies vegetales (*Stipa mucronata*, *Festuca dolichophylla* y *Cortaderia sp.*). Se evaluaron cercanos a áreas mineras en abandono. La investigación concluyó que el mercurio (Hg) no evidenció presencia en las especies vegetales acuáticas (estaciones MAC-01, MAC-05), mientras que en otras reporta valores elevados superiores a LD (estaciones MAC-02, MAC-03, MAC-04). Así también, que las macrófitas acumulan con facilidad el metal Zinc (Zn) con $R^2 = 89.74 \%$, Mercurio (Hg) con $R^2 = 75.02 \%$, Cadmio (Cd) $R^2 = 72.1 \%$, el plomo (Pb) con $R^2 = 38.59 \%$. Adicionalmente se identificó la especie con mayor bioacumulación de metales, siendo el musgo *Anomobryum prostratum* quien arrojó valores respecto a la concentración de metales dentro de sus tejidos (19).

Villamar (20) realizó la investigación denominada “Evaluación de la calidad del aire mediante el índice de pureza ambiental y el análisis de metales pesados en el líquen *Xanthoparmelia sp.* (Vain.)-Puno, donde evaluó la relación entre la especie de líquen nativo analizado y la calidad de aire del aire en zonas urbanas de Puno; para ello utilizaron del índice de pureza ambiental (IPA) y determinaron los metales pesados por la técnica de espectrofotometría de omisión óptica. Determinó que el IPA tiene correlación significativa con los sectores analizados de la ciudad de Puno ($F_{ca.} = 5.744 > F_{tab.} = 3.41$). Los valores del IPA reportado por esta investigación varió desde 52.72 a 281.53 en los sectores urbanos analizados. La investigación concluye que el líquen *Xanthoparmelia sp.* es un bioacumulador del metal llegando a valores medios de 228.25 ppm.

Cobeña (15) realizó el trabajo “Pb en árboles como indicador de polución ambiental”, donde analizó sobre las cantidades de plomo de los tejidos parenquimatosos de cierta especie de árbol (*Ficus nítida*) en la provincia de Lima, los mismos que se encuentran cercanos a zonas de alta polución ambiental (Estaciones de la red de vigilancia de la calidad de aire). Los datos obtenidos se correlacionaron con los valores de plomo atmosférico de los registros de la Dirección General de Salud Ambiental (MINSA Perú). Así también, se mostró que las concentraciones de plomo en los árboles de las cuatro zonas biomonitorizadas correlacionadas con los datos de Pb atmosférico generan una correlación de un 89 % concluyendo enfáticamente que el biomonitoreo del análisis foliar es un procedimiento válido y óptimo para determinar el nivel de contaminación del aire de una zona determinada.

2.1.3. Antecedentes locales

El estudio de biomonitoreo de elementos traza Cd, Ni, Pb, Sb y As en el área metropolitana de Huancayo, utilizando *Tillandsia capillaris* trasplantada como un biomonitor. El objetivo de este estudio fue biomonitorizar elementos traza en el aire del área metropolitana de Huancayo: Huancayo (H) y Tambo (T) utilizando muestras de la especie *Tillandsia capillaris* como biomonitor. Con fines de comparación de dos áreas periurbanas Chupaca (Ch) y San Agustín de Cajas (CS). Aquellos biomonitores fueron colectados de un área sin contaminación y posteriormente expuestos a áreas contaminadas durante un periodo de 3 meses (del 10 de setiembre al 22 de diciembre del 2017). En total 32 muestras fueron consideradas, de los cuales cinco elementos traza (Cd, Ni, Pb, Sb y As) fueron cuantificados utilizándose el espectrofotómetro de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS). El Exposed to Baseline (EB) ratio fue utilizado para ver la acumulación de los elementos traza en los biomonitores. Aquellos resultados mostraron acumulación severa de los elementos arsénico (As) y cadmio (Cd) en áreas periurbanas, mientras en áreas urbanas Pb y Sb. El HCA identificó 2 fuentes: As y Cd relacionadas a actividades agrícolas, mientras el plomo (Pb) y antimonio (Sb) podrían atribuirse a fuentes vehiculares (21).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Monitoreo de aire

2.2.1.1. Material particulado en el aire de las ciudades

Según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), citado por Legarreta *et al.* (22), las partículas atmosféricas son conocidas como “contaminantes críticos” y es de necesidad imperante desarrollar estrategias de medición y comparación con los estándares para asegurar la protección de la salud de la población.

2.2.1.2. Material particulado (PM)

El material particulado de una ciudad proviene de fuentes naturales y de actividades antropogénicas y se clasifican según su tamaño. Las fuentes naturales de materiales particulados son los procesos de polinización de plantas, material volcánico, caminos rurales que generan exceso de polvo en el tránsito, quema de diversos materiales e incendios forestales y el parque automotor con la quema de combustibles fósiles (22). El material particulado incluye dos tipos de parámetros que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. *Niveles de PM según la Organización Mundial de la Salud (OMS).*

Parámetro	Definición	límite
PM _{2,5}	Partículas respirables menores o iguales a 2.5 micrómetros	10 µg/m ³ , media anual. 25 µg/m ³ , media de 24 horas
PM ₁₀	Partículas respirables menores o iguales a 10 micrómetros	20 µg/m ³ , media anual 50 µg/m ³ media de 24 horas

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS) (23).

2.2.1.3. Estándares de calidad ambiental

Los estándares de calidad ambiental (ECA) de Perú para este parámetro, se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el PM-Perú.*

PARÁMETROS	PERIODO (mg/m ³)	VALOR	CRITERIO DE EVALUACIÓN	MÉTODO DE ANÁLISIS
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial, filtración, gravimetría
	Anual	25	Media aritmética anual	Separación inercial, filtración, gravimetría
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial, filtración, gravimetría
	Anual	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial, filtración, gravimetría

Fuente: citado por Legarreta *et al.* (22).

2.2.1.4. Efectos en la salud del material particulado

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que el material particulado en ciudades de alta contaminación atmosférica genera afectaciones graves en la salud de sus pobladores, dependiendo de la edad y la salud del individuo. Las afectaciones más gravitantes se dan en el sistema respiratorio y cardiovascular (24).

Las partículas pequeñas menores a 10 micrómetros generan problemas al sistema respiratorio, ya que penetran peligrosamente a los pulmones de los individuos expuestos a la contaminación prolongada, agravándose incluso cuando estas se difuminan al torrente sanguíneo. Las partículas menores o iguales a 2.5 micrómetros generan efectos en el medio como las neblinas o brumas de las ciudades, alterando el entorno y la visibilidad del mismo (25).

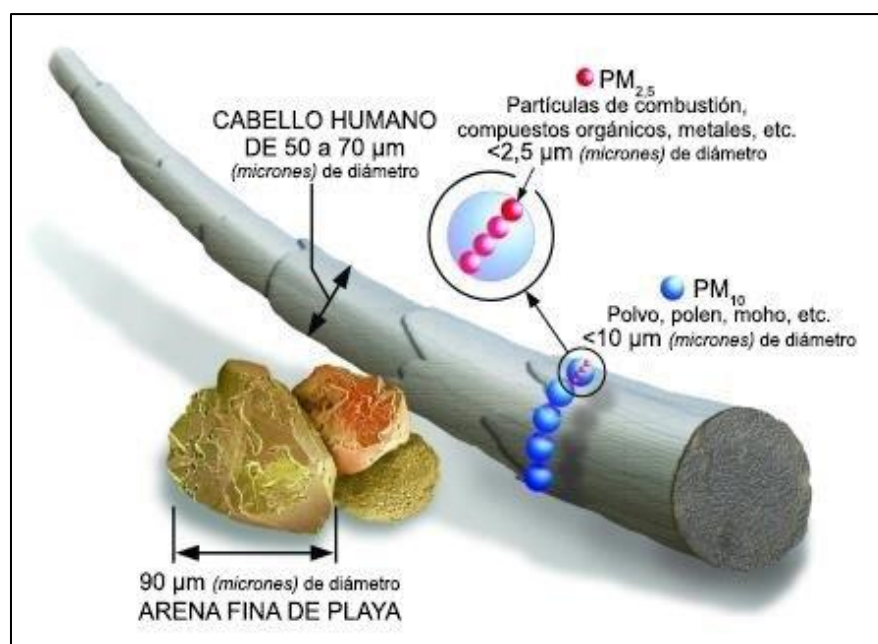


Figura 1. Comparación de tamaño del material particulado.

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (25).

2.2.1.5. Objetivos intermedios (OI) para reducir el material particulado

Son valores guías propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la reducción sostenible del material particulado, mediante estos los países responsables hacen un seguimiento responsable y progresivo al PM con fines de reducción a la exposición de la población (23). Estos valores se aprecian en la tabla 4.

Tabla 4. *Objetivos intermedios (OI) para la reducción del PM según OMS.*

OBJETIVO INTERMEDIO (OI)	PM ₁₀ (µg/ m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)	FUNDAMENTO DEL NIVEL ELEGIDO
OI -1	70	35	Asociados con un riesgo de mortalidad a largo plazo alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las guías de calidad del aire.
OI -2	50	25	Reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2 - 11%] en comparación con el nivel del OI-1.
OI- 3	30	15	Reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
GUÍA DE CALIDAD DEL AIRE (GCA)	20	10	Estos son los niveles más bajos con los cuales se ha demostrado, con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón, aumenta en respuesta a la exposición prolongada al PM _{2,5} .

Fuente: Organización Mundial de la Salud (23).

2.2.2. Los metales pesados como contaminantes atmosféricos

Proviene de forma natural de la atmósfera ya sea de minerales, formando sales y otros compuestos de forma antropogénica (industrias, incendios, agricultura, etc.). Tienen la característica perjudicial de la no degradación y su proceso de eliminación no es natural ni biológicamente activa. Los metales pesados generan repercusiones gravitantes a la salud humana (17).

Los ecosistemas se ven perjudicados también por los metales pesados atmosféricos, estos acidifican el entorno y saturan de nitrógeno el medio, dañando la biodiversidad y alterando los ciclos de nutrientes afectando el crecimiento de la vegetación de un ecosistema (22; 26).

2.2.2.1. Metales pesados y su toxicidad

Los metales pesados son considerados por el mundo científico como las sustancias de más amplia toxicidad para el ser humano. Se ha logrado demostrar que el máximo tolerable por los animales es de 50 partes por millón (ppm) de metales del tipo inorgánico y de 100 partes por millón (ppm) para el tipo orgánico. De todos los metales pesados, el trióxido de arsénico (As III) es el metaloide más tóxico. La intoxicación crónica por metales pesados se genera por la ingesta de alimentos, agua y por inhalación de polvos contaminados, estos producen pigmentación, lesiones de la médula ósea, sangre contaminada, daños del hígado, daño de vías respiratorias, bronquitis, activan el cáncer de esófago, laringe, pulmón y vejiga (27).

2.2.2.2. Plomo (Pb)

Es un elemento no esencial para los seres vivos, alcanza un alto grado de toxicidad en los humanos, especialmente en los niños. La toxicidad de este se presenta a 30 partes por millón (ppm). En las ciudades es generado principalmente por la quema de combustibles fósiles, almacenamiento al aire libre de materiales particulados, transporte inadecuado e industrias que usan como aditivo (ver figura 2). Es considerada como la segunda toxina más perjudicial para el ser humano, los niveles de plomo se consideran elevados a partir de los 5 µg/dl (27).

Para la acumulación de Pb no es necesaria una intoxicación del tipo agudo, el 99 % del plomo en la sangre se encuentra asociado a los eritrocitos generando anemia, ya en las células interfiere negativamente al desarrollo

de enzimas celulares y la síntesis del grupo; también perjudica la síntesis de proteínas en las membranas mitocondriales y con ello la síntesis de ácidos nucleicos (28).

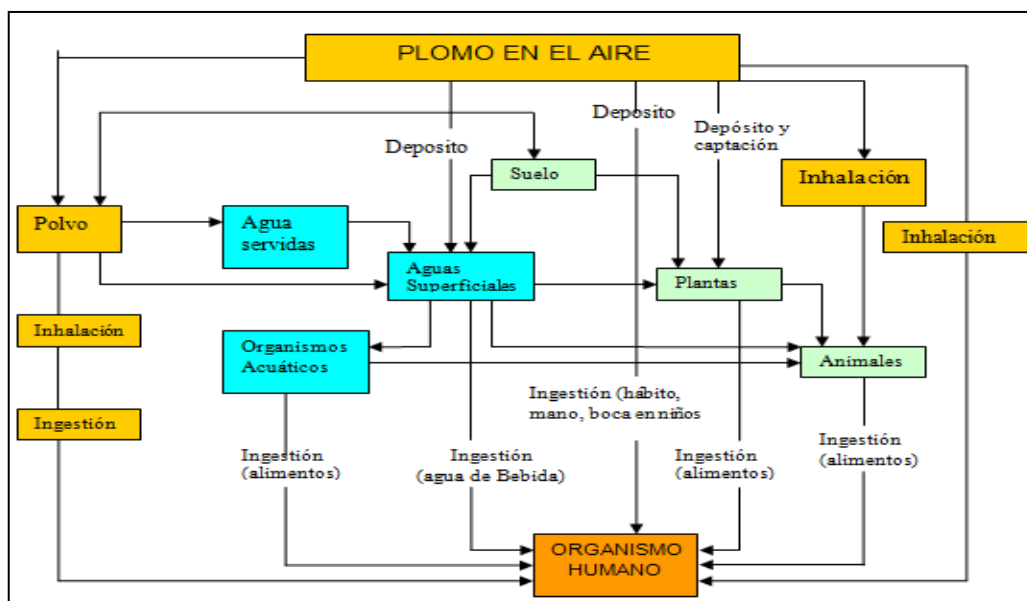


Figura 2. Contaminación de plomo en el aire.

Fuente: Díaz (29).

2.2.2.3. Zinc (Zn)

Es un metal brillante, moderadamente duro, de color blanco azulado, pero su superficie se oscurece rápidamente conforme se oxida en el aire. Cristaliza en un sistema de empaquetamiento hexagonal compacto. Antes de ser descubierto en su forma metálica, sus minerales se empleaban para la fabricación de latón (una aleación de cobre y zinc) y sus compuestos para el tratamiento de heridas y ojos irritados. Los dos compuestos de zinc muy utilizados actualmente; son el óxido de zinc (ZnO), usado en la formulación de pinturas y como antiséptico, y el sulfato de zinc (ZnSO_4), empleado como fuente en la producción de fertilizantes y en la formulación de desinfectantes (30).

En lo que respecta a la producción mundial de zinc, el primer productor de este metal en el año 2018 fue China, seguido de Perú. A nivel regional, durante el año 2018 la región de Áncash mostró la mayor producción, con un 36.8 %, seguido de las zonas de Junín y Pasco que se ubicaron en la segunda y tercera posición. Las tres regiones en conjunto representaron el 71.5 % de la producción nacional de zinc (30).

2.2.2.4. Antimonio (Sb)

Es estable a temperatura ambiente, pero cuando se calienta, arde brillantemente, desprendiendo un humo blanco y denso de óxido de antimonio (Sb_2O_3) con un olor característico parecido al del ajo. Desde el punto de vista químico, el antimonio está muy relacionado con el arsénico. Se combina fácilmente con el arsénico, el plomo, el estaño, el zinc, el hierro y el bismuto.

El riesgo principal del antimonio es la intoxicación por ingestión, inhalación o absorción cutánea, pues es frecuente la existencia de finas partículas de antimonio en suspensión aérea.

La inhalación de aerosoles de antimonio puede producir reacciones localizadas en las mucosas, el tracto respiratorio y los pulmones. Los estudios realizados en mineros, concentradores y fundidores expuestos a polvos y humos de antimonio ponen de manifiesto la existencia de dermatitis, rinitis, inflamación de las vías respiratorias altas y bajas, neumonitis (31).

2.2.2.5. Bario (Ba)

Es abundante en la naturaleza y representa aproximadamente el 0.04 % de la corteza terrestre, principales fuentes son los minerales barita (sulfato de bario, BaSO_4) y witherita (carbonato de bario, BaCO_3). Se produce sólo en cantidades limitadas, por reducción del óxido de bario en presencia de aluminio, se utiliza mucho en la fabricación de aleaciones para las piezas de níquel-bario del sistema de encendido de automóviles y en la fabricación de vidrio, cerámica y tubos de imagen de los televisores. La barita (BaSO_4) o sulfato bórico se utiliza principalmente en la producción de litopán, un polvo blanco que contiene un 20 % de sulfato de bario, un 30 % de sulfuro de zinc y menos de un 8 % de óxido de zinc. La litopona se emplea comúnmente como pigmento en las pinturas blancas. El sulfato de bario químicamente precipitado blanco fijo se utiliza en las pinturas de alta calidad, como contraste en el diagnóstico radiológico, y en la industria del vidrio y el papel, se utiliza para la fabricación de papel fotográfico, marfil artificial y celofán. La barita cruda se utiliza como pasta tixotrópica en la perforación de pozos petrolíferos.

El bario metal tiene un uso limitado y presenta riesgo de explosión, los compuestos solubles de bario (cloruro, nitrato, hidróxido) son sumamente tóxicos, la inhalación de los compuestos insolubles (sulfato) puede producir neumoconiosis, irritación en ojos, nariz, garganta y piel (31).

2.2.2.6. Cobre (Cu)

Es un metal de transición que se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de la electricidad por su elevada conductividad, ductilidad y maleabilidad. Es uno de los materiales más utilizados en la fabricación de cables eléctricos, se encuentra en la naturaleza en su estado nativo, tiene una importancia biológica vital en las células humanas. Independientemente de todas las funciones descritas es altamente tóxico, pues en su estado oxidado (Cu^{2+}) participa en reacciones en las que se producen radicales hidroxilos libres ($\text{OH}^\cdot$), además del anión superóxido ($\text{O}_2^{\cdot-}$) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Estas especies reactivas de oxígeno (ROS) atacan a las biomembranas a través del proceso peroxidación lipídica, desestabilizan su estructura y afectan sus funciones celulares, pueden oxidar directamente a las proteínas y desnaturalizar el ADN y el ARN, provocando daños al desarrollo de diversas enfermedades como el cáncer, las enfermedades neurodegenerativas y al envejecimiento celular (32).

2.2.3. Importancia de la vegetación arbórea urbana en la contaminación del aire

Los árboles de las áreas urbanas contribuyen a mejorar la calidad de aire, favorece a mejorar la salud de sus residentes urbanos, su principal función es absorber algunos contaminantes como el óxido nítrico (NO), Ozono (O_3), amoníaco, dióxido de azufre, dióxido de Carbono (CO_2) y en especial el material particulado y polvo de 5 % a un 35 %. Generando otros beneficios a las ciudades como la reducción del escurrimiento (hasta un 35%) y reducen la temperatura hasta en 10°C . La vegetación arbórea en el ámbito urbano está en su mayor parte afectada por el estrés contaminante de la ciudad, influye negativamente a los árboles, generándoles enfermedades que perjudican grandemente al sistema radicular, tallos y hojas al desarrollo normal de la fotosíntesis, crecimiento de frutos y generando en algunos casos la mortandad del árbol (33).



Figura 3. Beneficios de la vegetación arbórea en los entornos humanos.

Fuente: Quintana *et al.* (33).

2.2.3.1. Mecanismos de absorción de material contaminante en los árboles

La purificación del aire por intermedio de los árboles se da por absorción foliar y dependiendo de la morfología de sus hojas (ver figura 4), dándose a través de su cutícula la mayor absorción que tiene sus estomas. La cantidad de absorción de las especies arbóreas difieren considerablemente entre las variedades existentes, dependiendo de la genética de la planta, del espesor de su cutícula, del tipo y edad de las hojas (influyen en la cantidad de humedad y su relación de contacto con la lámina foliar), influyen también en la absorción de metales las características fisiológicas del follaje y el sistema de tricomas y células protectoras de su sistema. Gracias a los mecanismos de filtración y acumulación, y absorción los árboles desempeñan un rol de purificadores del aire, convirtiéndose en aliados claves para la detección de elementos contaminantes del medio atmosférico ya sea de forma temporal o continua (15).

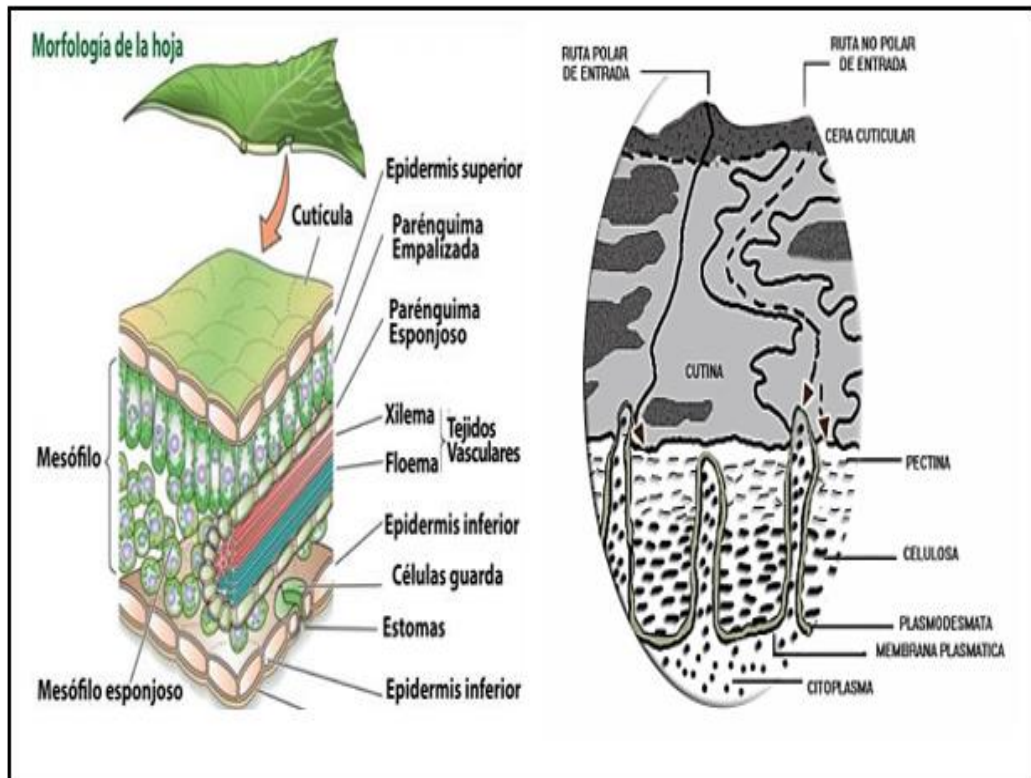


Figura 4. Morfología de la hoja para mecanismos de absorción.

Fuente: Intagri (34).

Otra forma de absorber los metales por las plantas, es a través de sus raíces, fijándolos y acumulándolos en sus tejidos, desempeñándose, así como instrumentos fitorremediadores que limpian los suelos cercanos a ellos. El metal ingresado a las plantas se da en forma pasiva y sin gasto energético, siendo la difusión el fenómeno responsable del movimiento desde las raíces a sus órganos internos (cabe recalcar que este movimiento del metal es bajo). El ingreso del metal por vía aérea foliar es de flujo continuo y contribuye significativamente a la concentración fijada en sus tejidos, específicamente en sus hojas (15).

Dentro de las especies vegetales existen plantas hiperacumuladora de metales pesados dentro de su sistema de hojas y tallos, pudiendo acumular concentraciones de 0.1 % de su masa seca analizada. Existen también plantas bioacumuladoras que acumulan magníficamente hasta 1 000 veces metales que las plantas normales sin expresar signos y síntomas de toxicidad, se han dado muchos estudios respecto a la clasificación de estas especies, habiéndose encontrado hasta un número de 4 000 especies fitorremediadores (35).

2.2.3.2. *Polylepis* sp

Es una angiosperma del tipo árbol y arbusto, del tipo dicotiledónea, diversificada en un gran número de especies, la mayoría nativas de Sudamérica y distribuidas a lo largo de los Andes. Las especies se encuentran desarrolladas entre los 3 000 y 4 600 msnm. La especie es de carácter endémica en el Perú, desarrollándose entre 2 - 5 m de altura, presentando tallos torcidos y de crecimiento lento (36). La clasificación del *Polylepis* se aprecia en la figura 5.

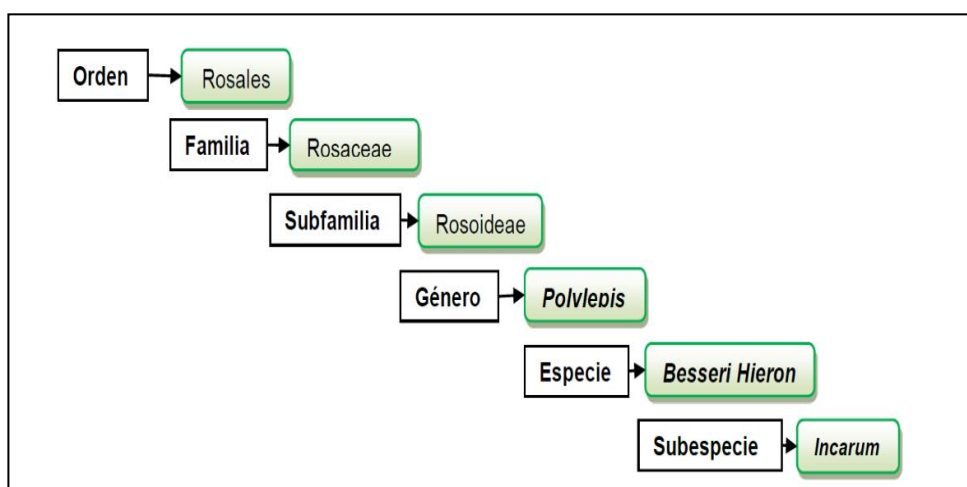


Figura 5. Taxonomía del género *Polylepis* sp.

Fuente: Paredes (37).

Es una especie arbórea de fuste fuertoso, con corteza de color rojizo y desprendimiento de estructuras laminadas de color marrón rojizo, su tallo para plantas adultas mide hasta 32 cm y en plantas jóvenes el diámetro está comprendido entre 4-12 cm. Los troncos del *Polylepis* sp se encuentran peculiarmente ramificados, no desarrollándose de forma recta y con tendencia helicoidal (38).

Presenta hojas del tipo congestionado a través de las puntas de sus ramas, la estructura de sus hojas es de 1 a 2 pares con inclusión de 3 foliolos. Sus hojas o comúnmente conocidas como hojillas son de aspecto romboide y presentan de 1.5 a 4.2 cm de anchura y de 1.9 a 5.2 cm de largo; las hojas presentan color blanquecino fofo panoso, con gran cantidad de tricomas de color blanco esponjoso lanoso; posee también vainas de forma estipular que varía entre blanco y amarillo con impregnación de tricomas del tipo glandular amarillo (38).

Poseen floración temporal desde mediados del año hasta la estación veraniega, sus flores son de carácter hermafrodita incompleta, no poseen corola ni órgano nectario, las flores presentan una medida comprendida de entre 0.5 a 1 cm separadas por sépalos verdes (3 - 4) y superficies interiores con cantidades de tricomas fofos y lanosos. Posee estambres comprendidos entre 14 - 20 cm cubiertos de tricomas blancos (38).

Es muy importantes, ya que conserva la biodiversidad de especies de aves, coleópteros y otros insectos necesarios para la supervivencia del medio ecológico. Se caracteriza por la regulación hídrica constante del medio donde crece, regulando constantemente la escorrentía y captura de agua ha demostrado que conforme se depredan bosques de la especie *Polylepis sp*, el suelo pierde la capacidad de retención de agua, lo que va en perjuicio de otras especies arbóreas. Las neblinas se nuclean en los *Polylepis sp*, actuando estos como fijadores de humedad de los que se sirven los diversos ecosistemas que los albergan (39).

Favorece a la reducción considerable de la erosión de suelos, esto debido a su gran capacidad para retener gran cantidad de sedimentos nutrientes, así como contribuyendo por la gran cantidad de hojarasca que generan al aporte continuo de materia orgánica, fertilizando de forma natural los suelos. *Polylepis sp* captura también gran cantidad de carbono atmosférico, ayudando a la mitigación de la contaminación atmosférica por quema de combustibles fósiles (39).

Estudios especializados indican que puede contribuir al tratamiento de suelos con metales pesados; definen a la especie como metal tolerante porque demostró niveles superlativos de suelos altamente contaminados con metales de relaves mineros, remediando los suelos y absorbiendo elementos químicos nocivos del medio en el que se desarrollan (37).

2.2.4. Marco conceptual

2.2.4.1. Metal pesado

Son elementos químicos de una elevada densidad, generando problemas al ambiente donde están presentes. Son de difícil degradación de bioacumulación y biomagnificación, los metales que ocasionan los dichos problemas son el Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Telurio (Tl), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Cromo (Cr) y metaloide como Arsénico (As) (40).

2.2.4.2. Contaminación atmosférica

Consiste en la presencia dañina de materias contaminantes y formas energéticas en el medio atmosférico. Estos generan daño persistente e incidencias en la salud de los seres vivos que comparten el medio. La contaminación atmosférica genera afectaciones de salud a los entornos ecológicos y poblaciones humanas (41).

2.2.4.3. Calidad de aire

Consiste en el valor límite para que cierto contaminante atmosférico no genere daño al receptor. Para garantizar la calidad del aire actividades de gestión que garanticen su permanencia en favor de la salud humana (41).

2.2.4.4. Biomonitorio

Comprende un conjunto de técnicas basadas en mecanismos biológicos de seres vivos generados por la reacción y sensibilidad a sustancias contaminantes que generan un estrés en el ecosistema en el que se desarrollan. Los organismos son conocidos como indicadores biológicos de toxicidad y/o perturbación (42).

2.2.4.5. Bioindicador

Son indicadores biológicos que muestran el nivel de contaminación de entornos y ecosistemas. Llámese como indicador cualquier especie biológica que muestra señales al estrés contaminante del medio e indica el nivel de calidad ambiental como resultado de un biomonitorio programado. Se caracteriza por tener un bajo costo y establecer cadenas de vigilancia para identificar cierto tipo de contaminación (42).

2.2.4.6. Parque automotor

Es la representación del número de vehículos y unidades que conforman el registro vehicular de un distrito, provincia, región o país. El parque automotor identifica el tipo de unidades, características, niveles de producción y crecimiento (43).

2.2.4.7. Tasa de crecimiento poblacional

Representa la tasa de aumento o decremento de cierta población en el periodo de un año, identifica también la migración neta y se expresa en porcentaje teniendo como referencia la población inicial base, la tasa de

crecimiento poblacional toma en cuenta para sus estimaciones el número de nacimientos, decesos y migración. Es diferente a la tasa de natalidad (44).

2.2.4.8. Especie arbórea

Plantas de orden perenne, conocidas también como arborescentes que tienen capacidad de auto sostenimiento con uno o varios tallos erectos de un diámetro de al menos 10 cm y 150 cm como mínimo de altura (45).

2.2.4.9. Desarrollo urbano

Es un proceso clasificatorio y educativo con fines de planeación de la urbanidad de una ciudad. Tiene en cuenta las características sociales, financieras y económica. Este involucra la expansión demográfica, física y productiva (46).

2.2.4.10. Material particulado atmosférico

Se definido como una mezcla de partículas del tipo sólido y gotas líquidas de sustancias que se encuentran en la atmósfera y por consecuencia en el aire. Estas partículas que conforman pueden ser grandes y oscuras como el hollín, humo, polvo, etc. y otras de mucho menor tamaño como partículas de metales que sólo son detectables por la microscopía electrónica. Estas partículas pueden ser las PM_{10} (menores a 10 micrómetros) Y $PM_{2.5}$ (menores a 2.5 micrómetros) y son generadas por fuentes antropogénicas como chimeneas, obras en construcción, caminos, etc. (47).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue el aplicado, dentro del enfoque cuantitativo y de carácter no experimental debido a que nuestras variables no fueron manipuladas intencionalmente, permitiéndonos la observación del fenómeno dentro de su contexto natural y real (48), es decir, en la investigación los efectos del fenómeno de contaminación por metales pesados posiblemente ya sucedieron, permitiendo el biomonitoreo en las hojas de *Polylepis sp* de los sectores urbanos de ACMH analizados.

3.1.2. Nivel de la investigación

Fue descriptiva debido a que se observaron y analizaron datos del tipo cuantitativos (49), siendo estos las bioconcentraciones de metales pesados en hojas de *Polylepis sp* en los diversos sectores urbanos de ACMH, los que fueron estudiados estadísticamente para verificar el estado situacional de concentración de metales pesados en los sectores urbanos biomonitoreados en el ACMH.

3.2. Método y diseño de la investigación

3.2.1. Método científico

El método general que se empleó en la investigación fue el método científico, el mismo que estuvo destinado a explicar los fenómenos del estudio, estableciendo relaciones, hechos y enunciando las leyes que nos permitieron el estudio del biomonitoreo de metales pesados en hojas de vegetación arbórea *Polylepis sp* del ACMH – 2023, precisando que “es un método que permite la abstracción de actividades que todo investigador realiza, concentrando su atención en el proceso de adquisición del conocimiento” (50).

3.2.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación comprendió al diseño ex post facto (después de lo ocurrido), en el cual no se usa ninguna variable experimental respecto a la situación estudiada (biomonitoreo de metales pesados). Este diseño estudia las bioconcentraciones de metales pesados en hojas de *Polylepis sp* de forma natural y

sin manipulación en los sectores urbanos del ACMH. Posteriormente se evalúan sus efectos y relaciones. El diseño se presenta en la siguiente figura.

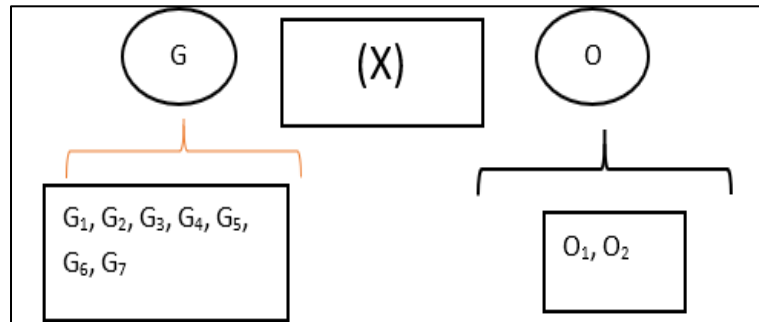


Figura 6. Diseño ex post facto para la investigación.

Fuente: Oseda (51).

Donde:

*G: son los grupos de estudio para el biomonitorio de metales pesados (sectores y subsectores urbanos del ACMH).

*O: corresponde a las mediciones realizadas respecto a las bioconcentraciones de metales pesados en hojas de *Polylepis sp* en los sectores urbanos del ACMH.

*X: variable independiente asignada - observada correspondiente a los sectores urbanos de la ACMH.

3.2.3. Diagrama del proceso

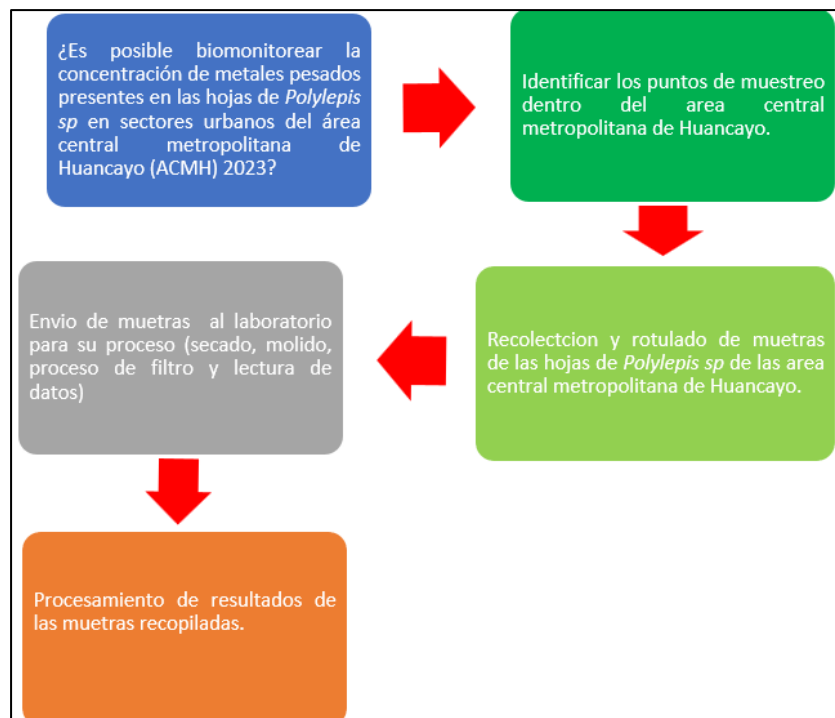


Figura 7. Diagrama del proceso.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población corresponde a la cantidad total inventariada de la especie arbórea *Polylepis sp* en el área metropolitana de Huancayo considerando el inventario de especies arbóreas en el área metropolitana de Huancayo (52).

3.3.2. Muestra

Para calcular la muestra, se utilizó el muestreo aleatorio simple o muestreo probabilístico en el que todos los árboles inventariados de *Polylepis sp* tienen la misma probabilidad de ser escogidos en el estudio de biomonitorio. Se procedió a calcular la cantidad de muestras mediante la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{pqNZ^2}{E^2(N - 1) + Z^2pq}$$

Donde:

*p: probabilidad de que ocurra el evento analizado.

*q: probabilidad de la no ocurrencia del evento analizado.

*N: cantidad de población analizada.

*Z: parámetro de confianza, dependiente del nivel de confianza.

*E: error de la estimación de muestra.

Los cálculos desarrollados para el número de muestra se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. *Cálculo del número de muestra para la investigación.*

z	1.96
p	0.5
q	0.5
N	474
E	0.1
n	80

El número de muestra n, fue distribuido aleatoriamente en los sectores del ACMH, este proceso de distribución se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6. *Distribución de las muestras por sectores de la ACMH.*

SECTORES	N° DE MUESTRAS
CF	6
CA-1	33
CA	4
CE	6
CB	3
CC	17
CD	11
TOTAL	80

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En esta etapa de nuestra investigación, se procedió a la recolección de información y datos referentes a la investigación, en especial al biomonitorio de metales pesados en especies arbóreas, la información fue clasificada mediante técnicas y herramientas para conseguir la utilidad de las mismas. Se buscaron también antecedentes investigativos referentes al monitoreo de metales pesados en el área urbana de la ciudad de Huancayo.

3.4.1. Técnica de procesamiento de datos

Los datos fueron analizados usando una base de datos en los softwares Excel y SPSS mediante un análisis descriptivo de los datos recolectados en el biomonitorio. La correlación de Pearson ($p < 0.05$) nos permitió identificar la correlación significativa entre las concentraciones de Zinc (Zn), Antimonio (Sa), Bario (Ba), Plomo (Pb) y Cobre (Cu) en los biomonitoreos en las hojas de *Polylepis sp* y su relación de bioacumulación en los sectores urbanos del área central Metropolitana de Huancayo.

Los datos recolectados fueron procesados en el programa software QGIS. Para realizar las interpolaciones de los metales analizados y diversificar en que sector se encuentran en mayor concentración.

3.4.2. Instrumentos de muestreo

Se emplearon: hoja de custodia, formato de toma de datos para censo, libreta de campo, GPS, tijera de poda, escalera, guantes quirúrgicos, cinta métrica, rotuladores, bolsa de papel kraft y caja de tecnopor para poder trasladar las muestras de hojas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de identificación de la especie vegetal endémica para el biomonitoreo de metales pesados

El *polylepis sp* es una especie tolerante a los metales pesados porque demostró niveles superlativos de suelos altamente contaminados con metales de relaves mineros, remediando los suelos y absorbiendo elementos químicos nocivos del medio en el que se desarrollan su crecimiento (37).

Dentro del área metropolitana de Huancayo encontramos siete subsectores, esta área se constituye actualmente la principal ciudad de la Macro-Región Centro, según la configuración preliminar del Sistema Urbano Nacional 2025 (SUN-2025), debido principalmente a su volumen poblacional, concentración de servicios e infraestructuras lo que le permite desarrollar roles y funciones estratégicos en el ámbito macrorregional, incluyendo una serie de asentamientos y espacios de carácter urbano y rural, que por su ubicación y articulación que forman una sola unidad territorial que precisa de un tratamiento integral (PDM, 2017-2037), se dividen en siete sub sectores, Ca-1(Chorrillos), Ca (San Carlos), Ce (Torre Torre), Cb (Ocopilla), Cc (Zona Monumental), Cd (Cajas Chico), Cf (Palian), que conforman el área central metropolitana de Huancayo (ACMH) (11).

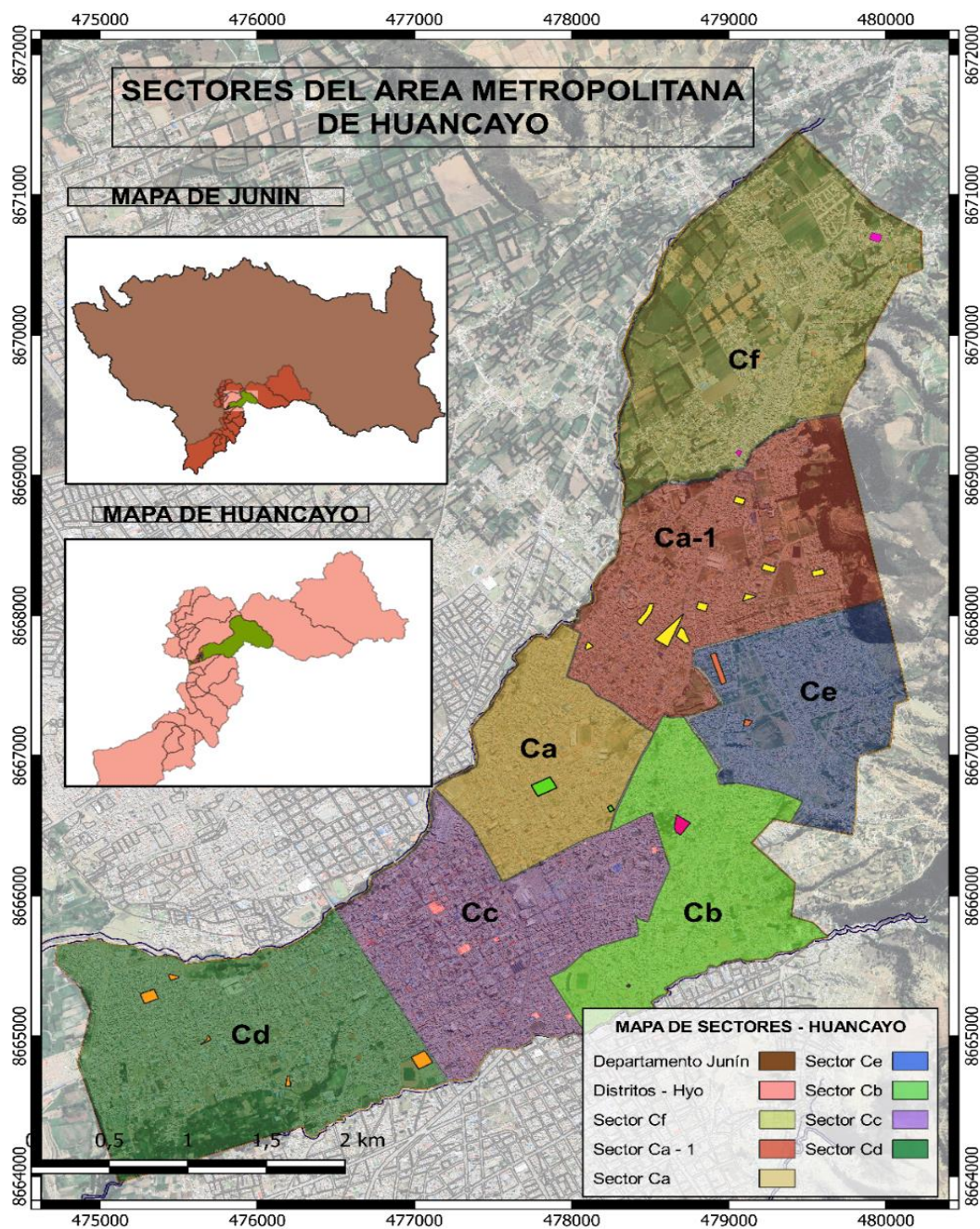


Figura 8. Mapa de los sectores del área central metropolitana de Huancayo.

Coordenadas y nombre de los parques, plazas, plazoletas y óvalos, donde se hicieron los respectivos puntos de biomonitoreados de metales pesados en hojas de *Polylepis sp* dentro del ACMH.

Tabla 7. *Coordenadas y nombre de parques monitoreados.*

N°	Coordenadas UTM		Nombre de Parques
	ESTE	NORTE	
1	479935	8670697	Plaza de Uñas
2	479058	8669159	Plaza de Palian
3	479067	8668822	Parque entre las calles Júpiter y Estrellas
4	479564	8668307	Parque las Colinas de San Antonio
5	479254	8668338	Parque Tanquishk
6	479116	8668136	Parque los Jardines
7	478830	8668067	Parque el Carmen
8	478609	8667862	Parque Miguel Grau 1
9	478471	8668002	Parque Identidad Wanka
10	478691	8667869	Parque Miguel Grau 2
11	478104	8667777	Parque Santo Toribio
12	477808	8666764	Parque Tupac Amaru
13	478262.7	8666618.92	Parque La Fuente
14	479121	8667232	Parque Panchito
15	478930	8667639	Parque en la Urb Lino
16	478695	8666499	Parque Cerrito de la Libertad
17	478360	8665361	Plazoleta Ovalo Ocopilla
18	478522	8666327	Parque Infantil de Fantasía Huanca
19	478086	8666375	Plazoleta Obelisco Giráldez
20	477628	8665524	Plazoleta Mercado Mayorista
21	477519	8665692	Parque Inmaculada
22	477297	8665623	Parque Huamanmarca
23	477125	8665916	Plaza Constitución
24	477775	8665148	Parque de la Madre Wanka
25	477984.45	8665144.99	Parque Infantil Cesar Vallejo
26	477073	8664864	Coliseo Wanka
27	476193	8664687	Parque Santiago Wanka
28	475685	8664972	Parque del Periodismo
29	475318	8665298	Parque del Pensamiento Político Peruano
30	475459	8665414	Parque los Libertadores

4.1.1. Sector Cf denominado (Palian)

Se recolectaron muestras de *Polylepis sp* en dos puntos de la plaza de Uñas y plaza de Palian.

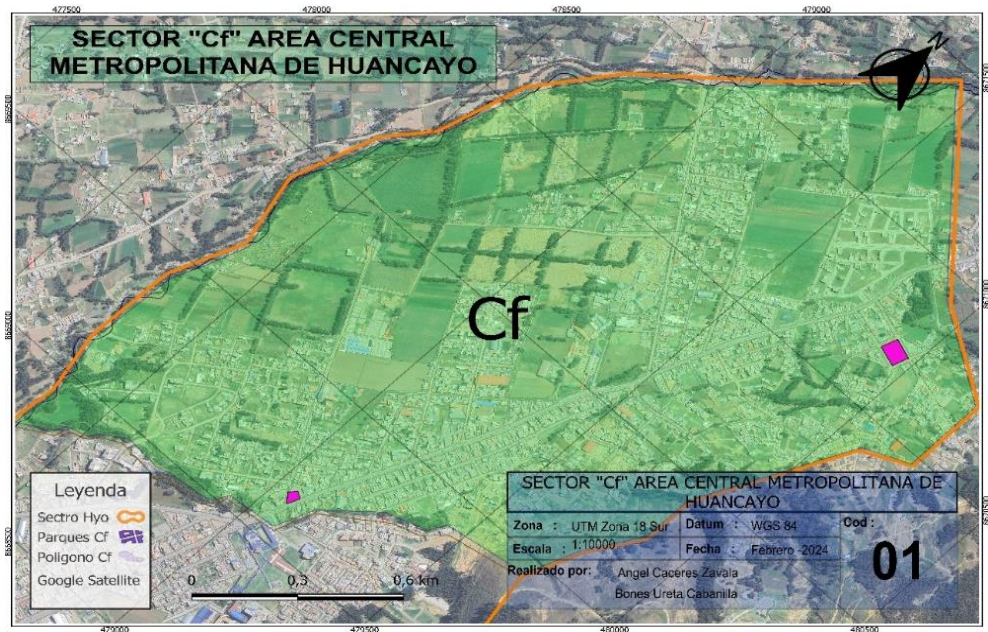


Figura 9. Sector Cf (Palian) área central metropolitana de Huancayo.

4.1.2. Sector Ca-1 denominado (Chorrillos)

Se recolectaron muestras de *Polylepis sp* en nueve puntos, parque Júpiter y Estrellas, parque las Colinas de San Antonio, parque Tanquishk, parque los Jardines, parque el Carmen, parque Miguel Grau 1, parque de la Identidad Wanka, parque Miguel Grau 2 y el parque Santo Toribio, encontrándose mayor cantidad de este tipo de arbusto.

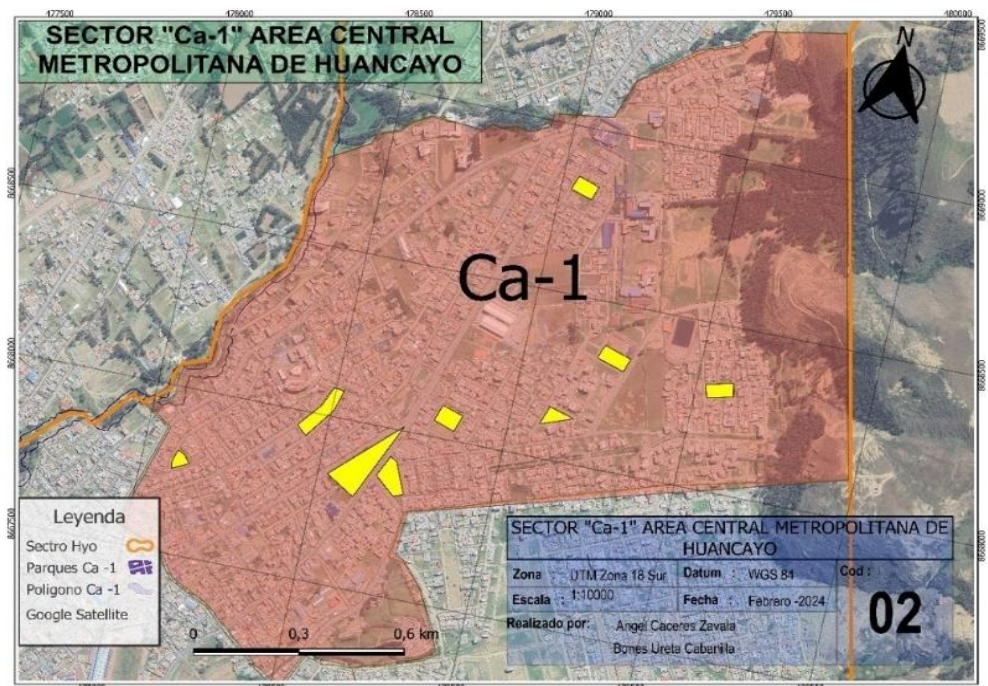


Figura 10. Sector Ca-1 (Chorrillos) área central metropolitana de Huancayo.

4.1.3. Sector Ca denominado (San Carlos)

Se recolectaron muestras de *Polylepis sp* en dos puntos, parque Tupac Amaru y parque La Fuente.

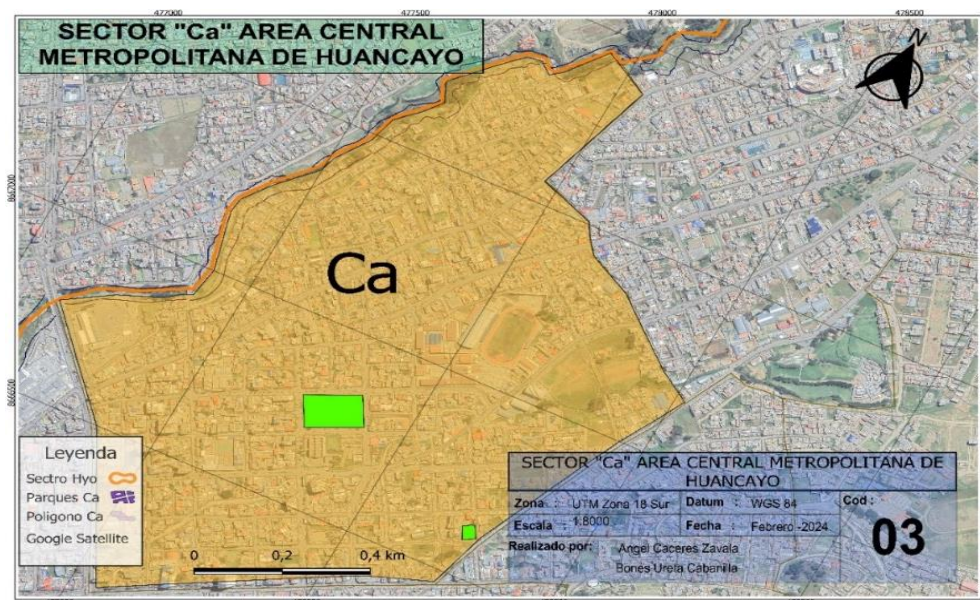


Figura 11. Sector Ca (San Carlos) área central metropolitana de Huancayo.

4.1.4. Sector Ce denominado (Torre Torre)

Se recolectaron muestras de *Polylepis sp* en dos puntos, parque Panchito y parque en la Urbanización Lino.

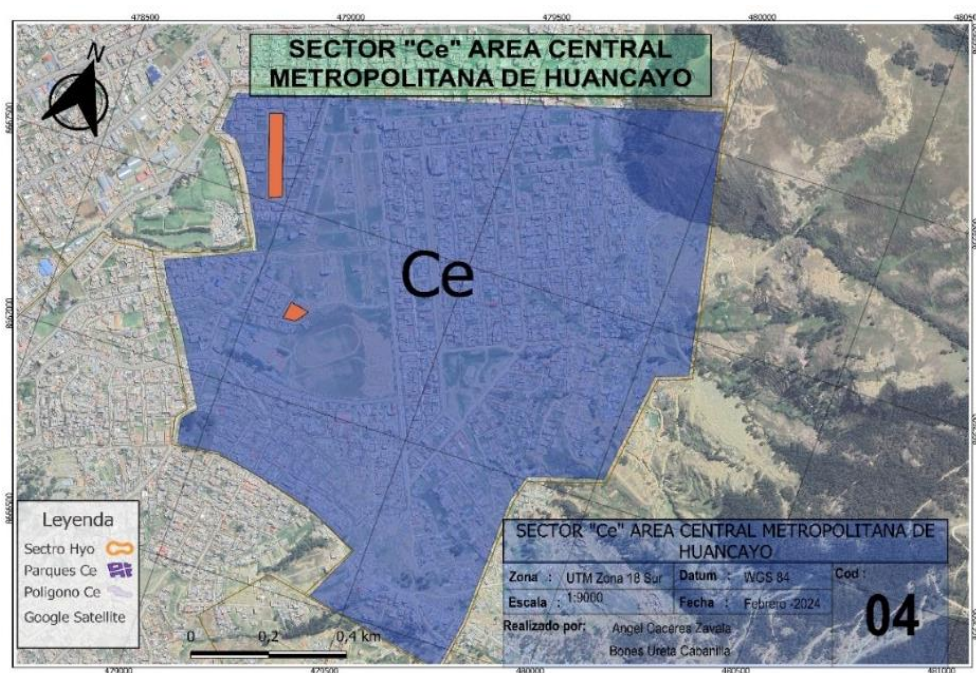


Figura 12. Sector Ce (Torre Torre) área central metropolitana de Huancayo.

4.1.5. Sector Cb denominado (Ocopilla)

Se recolectaron muestras de *Polylepis sp* en dos puntos, parque Cerrito de la Libertad y plazoleta Ovalo Ocopilla.

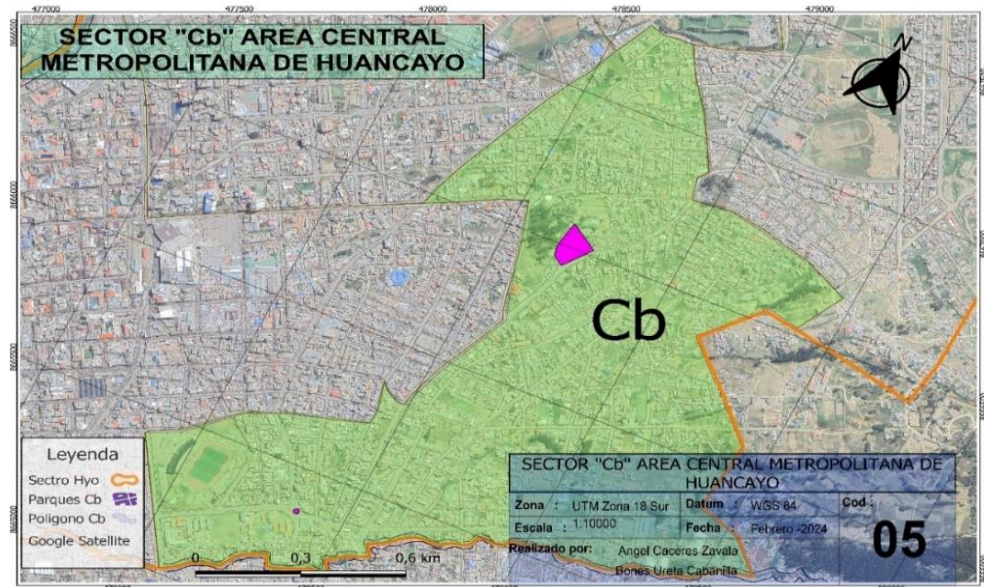


Figura 13. Sector Cb (Ocopilla) área central metropolitana de Huancayo.

4.1.6. Sector Cc denominado (zona monumental)

Se recolectaron muestras de *Polylepis sp* en ocho puntos, parque Infantil de la Fantasía Huanca, plazoleta Obelisco Giráldez, plazoleta Mercado Mayorista, parque Inmaculada, parque Huamanmarca, Plaza Constitución, parque de la Madre Huanca y parque Infantil César Vallejo.

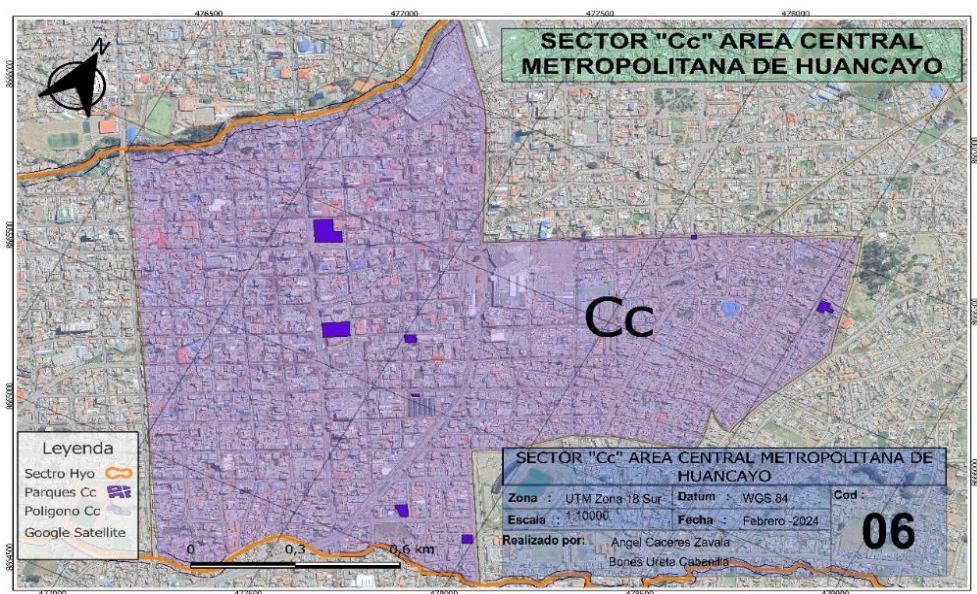


Figura 14. Sector Cc (zona monumental) área central metropolitana de Huancayo.

4.1.7. Sector Cd denominado (Cajas Chico)

Se recolectaron muestras de *Polylepis sp* en cinco puntos, Coliseo Wanka, parque Santiago Wanka, parque del Periodismo, parque del Pensamiento Político Peruano y parque Los Libertadores.

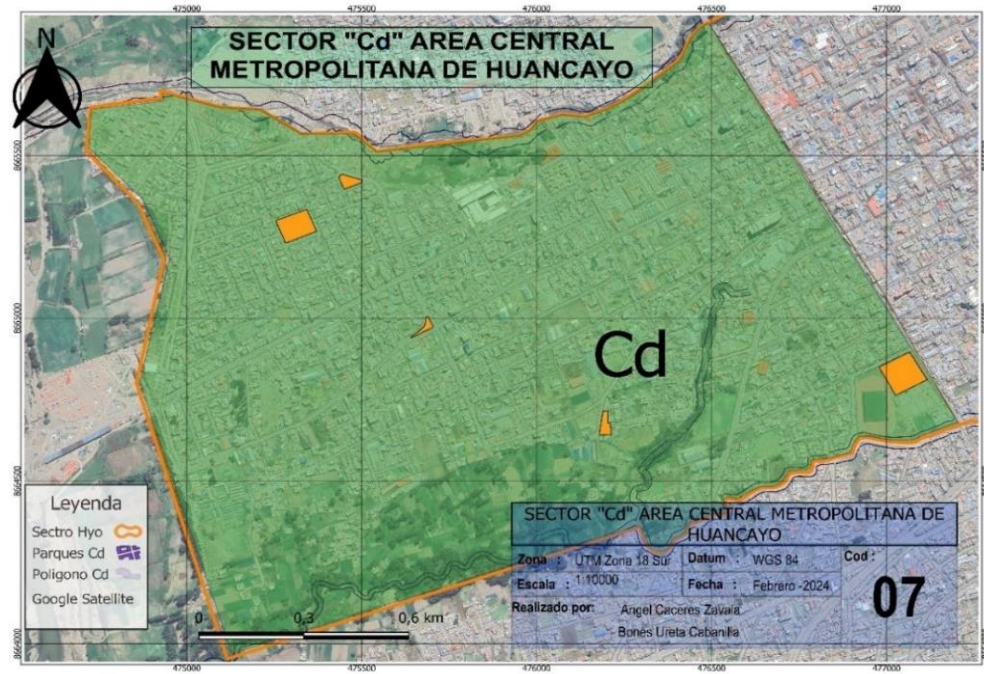


Figura 15. Sector Cd (Cajas Chico) área central metropolitana de Huancayo.

4.2. Resultados de la concentración de los metales Zn, Ba, Cu, Sb y Pb

Del estudio de campo, siguiendo las recomendaciones del laboratorio se procedió a recolectar muestras (hojas) de *Polylepis sp* que se identificaron en parques de los sectores dentro del área metropolitana de Huancayo, los cuales fueron enviados al Laboratório de Química Atmosférica (LQA) de Rio de Janeiro, Brasil, quienes reportaron los resultados que se muestran en el Anexo 14. Las concentraciones de los metales pesados (Zn, Sb, Ba, Pb y Cu) según las coordenados de los puntos de muestreo. En total se evaluaron 80 muestras de los 7 sectores (Cf, Ca-1, Ca, Ce, Cb, Cc, Cd) de acuerdo con el catastro urbano de la Municipalidad Provincial de Huancayo.

Tabla 8. *Estadísticos de las concentraciones de los metales pesados.*

Estadísticos		Zinc (Zn)	Antimonio (Sb)	Bario (Ba)	Plomo (Pb)	Cobre (Cu)
N°	Válido	80	80	80	80	80
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		25.49	0.61	34.13	4.02	7.10
Desviación estándar		13.84	0.58	13.51	4.06	2.12
Error estándar		1.55	0.07	1.51	0.45	0.24
Varianza		191.60	0.34	182.47	16.50	4.51
Rango		62.06	2.65	55.63	18.99	8.99
Mínimo		9.91	0.15	13.92	0.98	3.58
Máximo		71.97	2.80	69.55	19.96	12.58

La tabla 8 nos muestra las medidas de dispersión o variabilidad de las concentraciones obtenidas para los metales pesados analizados, del cual podemos resaltar que se procesaron todos los datos (80) y analizado los resultado podemos observar en un primer análisis, que de las concentraciones para el Zinc (Zn) ésta se aleja en un 13.84 respecto a su media, y así en el antimonio (Sb) en un 0.58; en el Bario (Ba) en un 3.51; en el Plomo (Pb) en un 4.06 y en el Cobre (Cu) un 2.12; presentando en el Zinc (Zn) y Bario (Ba) una mayor desviación.

4.3. Prueba de hipótesis estadística para el nivel de concentración de los metales pesados

4.3.1. Prueba de normalidad

Paso 1: Planteamiento de hipótesis:

*H₀: Los datos de concentración de los metales pesados presentan una distribución normal.

*H₁: Los datos de concentración de los metales pesados NO presentan una distribución normal.

*Nivel de significancia.

* $\alpha = 0.05$

Paso 2: Prueba estadística:

*Kolmogórov-Smirnov.

*n > 50

*n = tamaño de muestra.

Tabla 9. *Prueba de normalidad.*

Metales	Kolmogórov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Zinc (Zn)	0.234	80	0.000
Antimonio (Bs)	0.237	80	0.000
Bario (Ba)	0.120	80	0.007
Plomo (Pb)	0.271	80	0.000
Cobre (Cu)	0.100	80	0.046

Paso 3: Criterio de decisión:

*Si $p \geq 0.05$; aceptamos la H_0 y rechazamos la H_1 .

*Si $p < 0.05$; rechazamos la H_0 y aceptamos la H_1 .

Paso 4: Decisión y conclusión:

Sabiendo que el valor de significancia para el zinc (Zn), antimonio (Sb), bario (Ba), plomo (Pb) y cobre (Cu) son menores a 0.05, aceptamos la hipótesis del investigador, es decir que los datos de concentración de los metales pesados no tienen una distribución normal, por lo tanto, se aplicó una prueba estadística no paramétrica para cada metal.

4.3.2. Prueba estadística de Kruskal-Wallis

Paso 1: Planteamiento de hipótesis:

* H_0 : Las medianas de las concentraciones de metales pesados son similares en todos los grupos.

* H_1 : Las medianas de las concentraciones de metales pesados son al menos diferentes en uno de los grupos.

*Nivel de significancia.

* $\alpha = 0.05$

Paso 2: Prueba estadística:

*Kruskal-Wallis.

Tabla 10. *Prueba estadística de Kruskal-Wallis.*

Nº de metales	Zinc (Zn)	Antimonio (Sb)	Bario (Ba)	Plomo (Pb)	Cobre (Cu)
H de Kruskal-Wallis	22.041	17.922	17.601	15.103	16.028
gl	6	6	6	6	6
Sig. asintótica	0.001	0.006	0.007	0.019	0.014

4.3.3. Resumen de la prueba de hipótesis

Tabla 11. *Resumen de la prueba de hipótesis.*

Metal	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
Zinc (Zn)	La distribución del Zinc es la misma entre las categorías de sector de muestreo	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,006	Rechazar la hipótesis nula
Antimonio (Sb)	La distribución del Antimonio es la misma entre las categorías de sector de muestreo	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,006	Rechazar la hipótesis nula
Bario (Ba)	La distribución del Bario es la misma entre las categorías de sector de muestreo	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,007	Rechazar la hipótesis nula
Plomo (Pb)	La distribución del Plomo es la misma entre las categorías de sector de muestreo	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,019	Rechazar la hipótesis nula
Cobre (Cu)	La distribución del Cobre es la misma entre las categorías de sector de muestreo	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,014	Rechazar la hipótesis nula

Paso 3: Criterio de decisión:

*Si $p \geq 0.05$; aceptamos la H_0 y rechazamos la H_1 .

*Si $p < 0.05$; rechazamos la H_0 y aceptamos la H_1 .

Paso 4: Decisión y conclusión:

Como los p valor (0,006; 0,006; 0,007; 0,019; 0,014) son menores a 0,05 se acepta la hipótesis alterna, es decir se presenta una diferencia significativa entre las medianas de todos los grupos, por lo tanto, el nivel de concentración de los metales pesados en los diversos puntos de monitoreo es distinto.

4.4. Resultados y discusiones de la evaluación del estado situacional a nivel de concentración de metales pesados en los sectores urbanos

En la actualidad los sectores urbanos nos pueden dar resultados de contaminación de material particulado suspendido, indicándonos la variación de metales pesados dependiendo los sectores. Los resultados obtenidos en esta investigación de estudio de biomonitoreo de metales pesados en hojas de *Polylepis sp* en el área metropolitana de Huancayo, y a su vez se dividen en sectores, donde podremos observar los sectores con mayor concentración y que metales pesados como zinc (Zn), antimonio (Sb), bario (Ba), cobre (Cu) y plomo (Pb).

A continuación, se muestran los procesamientos de datos para observar el nivel de concentración de los metales pesados en los diversos sectores del área metropolitana de Huancayo.

4.4.1. Nivel de concentración de monitoreo del Zinc (Zn)

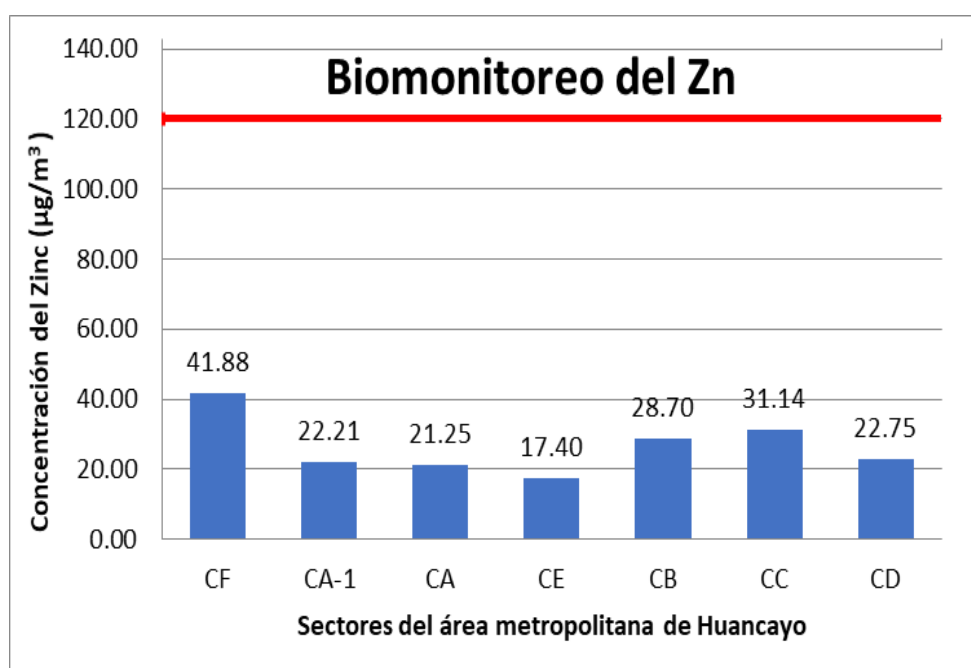


Figura 16. Biomonitoreo del Zinc (Zn).

Como se observa en la figura 16, la concentración del zinc (Zn) en todos los puntos monitoreados, siendo el punto con mayor concentración el sector Cf con 41.88 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el sector Ce la concentración es de 17.40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.4.2. Nivel de concentración de monitoreo del Antimonio (Sb)

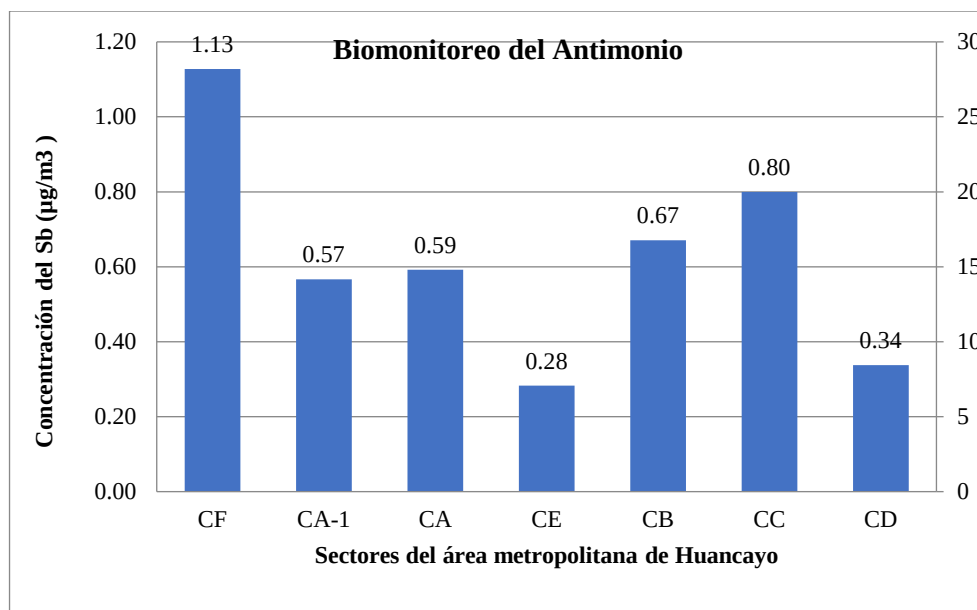


Figura 17. Biomonitoreo de Antimonio (Sb).

En la figura 17 se observa su concentración del Antimonio (Sb) en todos los puntos monitoreados, se evidenció su presencia, siendo el punto con mayor concentración el sector Cf con $1.13 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$, el sector Ce la concentración es de $0.28 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$.

4.4.3. Nivel de concentración de monitoreo del Bario (Ba)

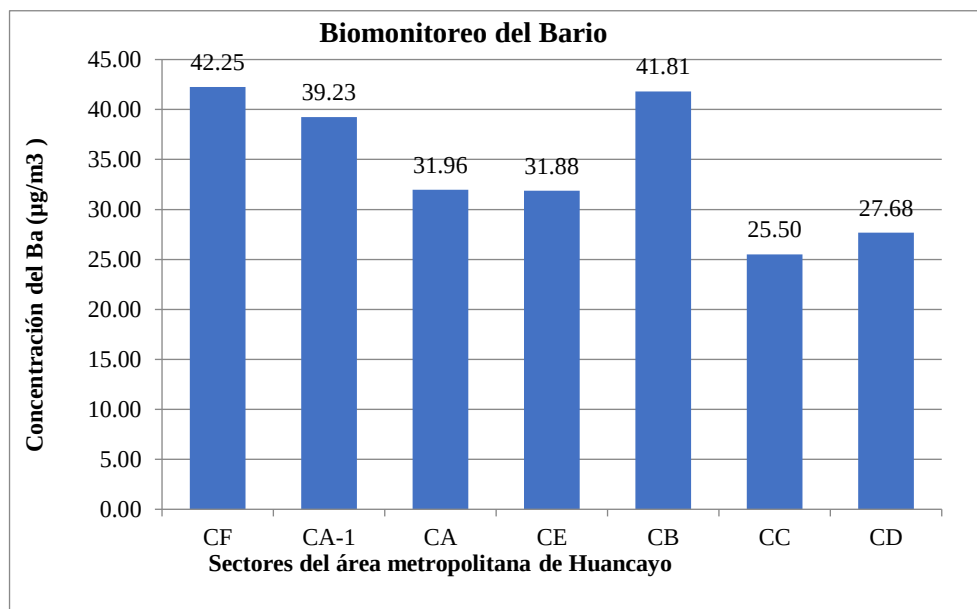


Figura 18. Biomonitoreo del Bario (Ba).

Como se observa en la figura 18, la concentración del Bario (Ba) en todos los puntos monitoreados se evidenciaron, siendo el punto con mayor concentración el sector Cf con $42.25 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$, el sector Cc la concentración es de $25.50 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$.

4.4.4. Nivel de concentración de monitoreo del Plomo (Pb)

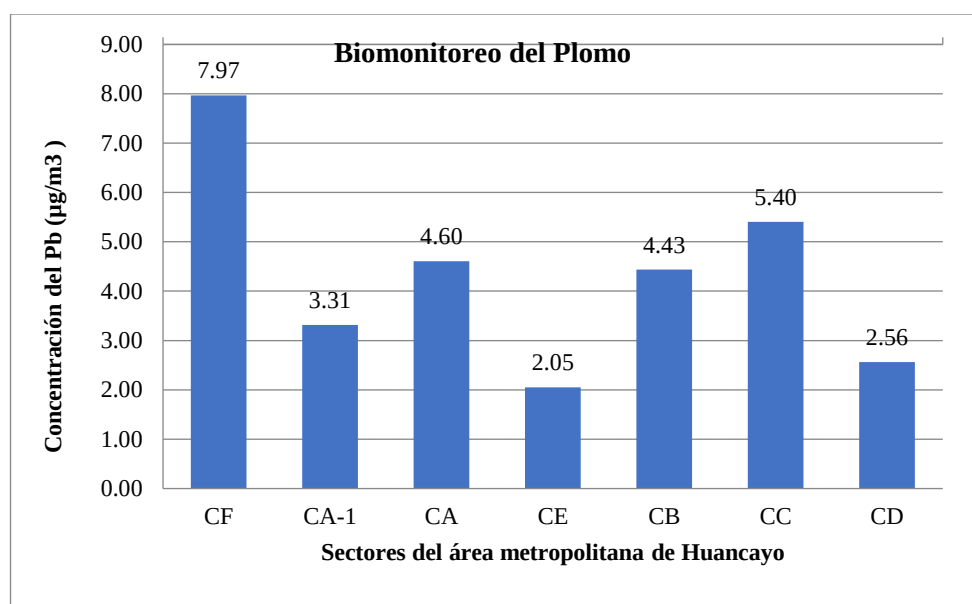


Figura 19. Biomonitoreo del Plomo (Pb).

Como se observa en la figura 19, la concentración del Plomo (Pb) en todos los puntos monitoreados se evidenciaron, siendo el punto con mayor concentración el sector Cf con 7.97 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el sector Ce la concentración es de 2.05 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.4.5. Nivel de concentración de monitoreo del Cobre (Cu)

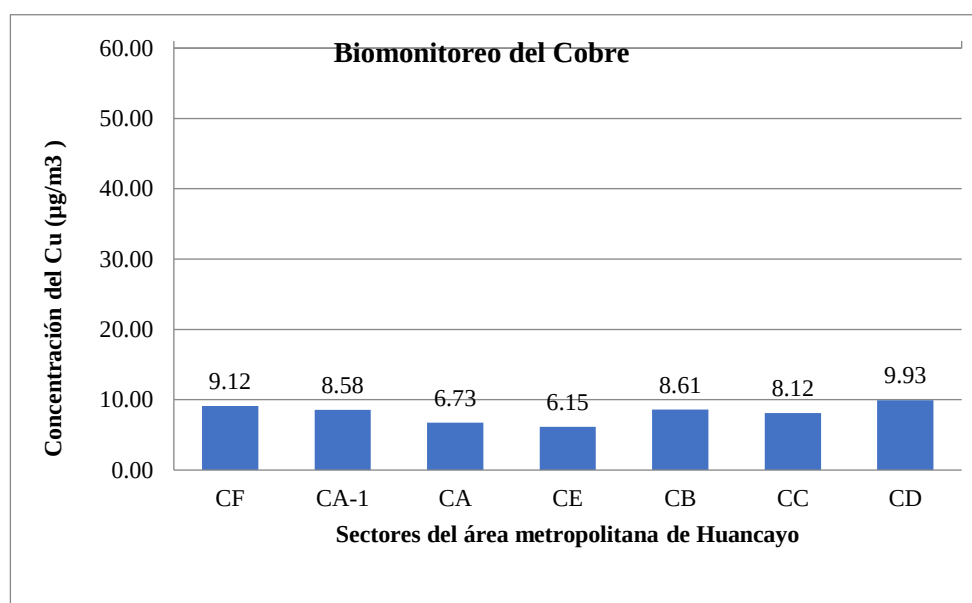


Figura 20. Biomonitoreo del Cobre (Cu).

Como se observa en la figura 20, la concentración del Cobre (Cu) en todos los puntos monitoreados fue encontrado, siendo el punto con mayor concentración el sector Cd con 9.93 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el sector Ce la concentración es de 6.15($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.5. Resultados de concentración de metales pesados presentes en las hojas de *Polylepis sp* por sectores

4.5.1. Mapa de concentración del metal Zinc (Zn) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo

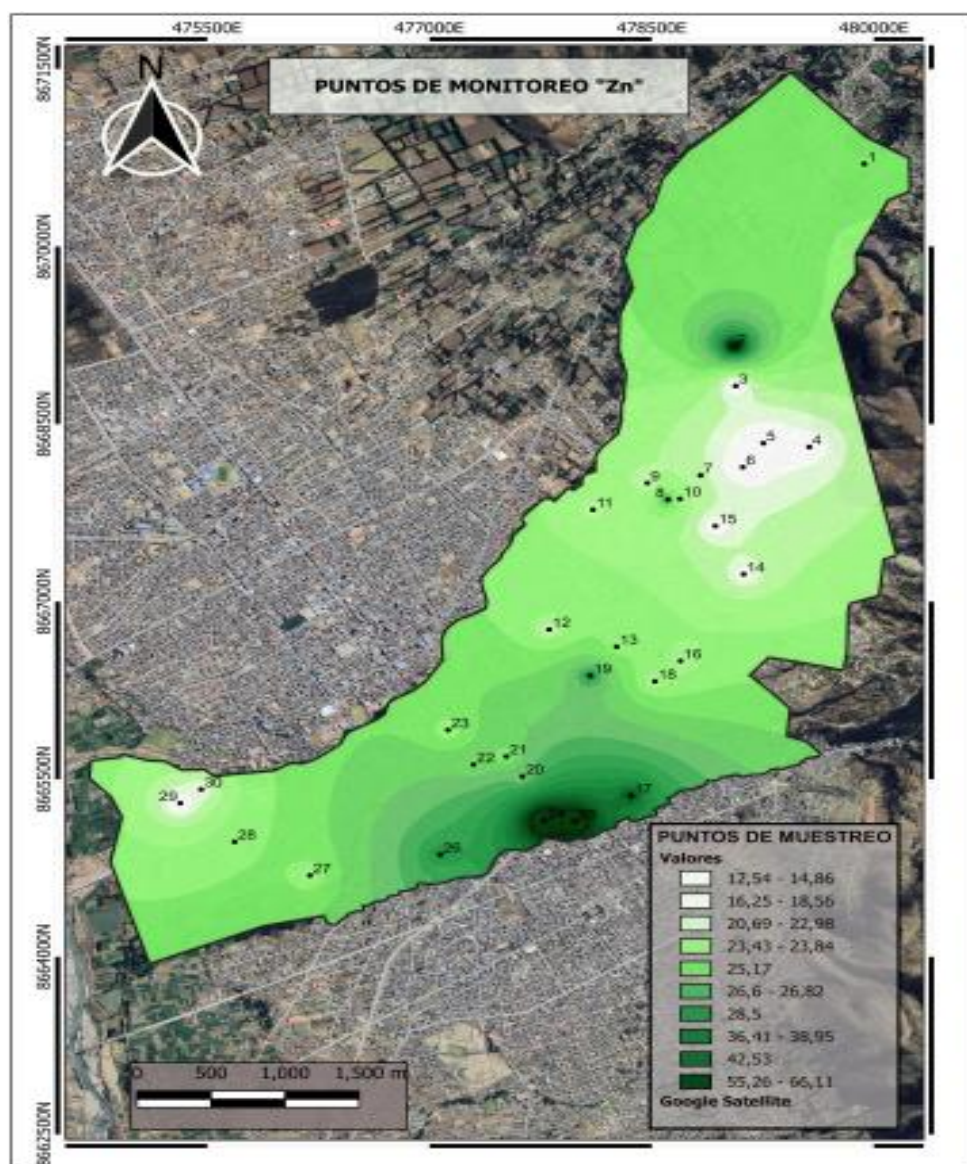


Figura 21. Concentración del zinc (Zn) - área central metropolitana de Huancayo.

Según la figura 21, los resultados obtenidos del metal zinc (Zn), los valores más altos obtenidos de concentración se dieron en los sectores Cf “parque Palian”, donde se obtuvo un valor de 55.26 ppm, sector Cc “parque Madre Huanca 66.11 (ppm) y parque infantil César Vallejo 59 (ppm)”, y obteniéndose menor concentración en el sector Ca-1 parque Tanquishk 12.54 (ppm) y parque Los Jardines 13.61 (ppm), según los resultados del Laboratorio de Química Atmosférica (LQA) de Rio de Janeiro, Brasil.

4.5.2. Mapa de concentración del metal Antimonio (Sb) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo

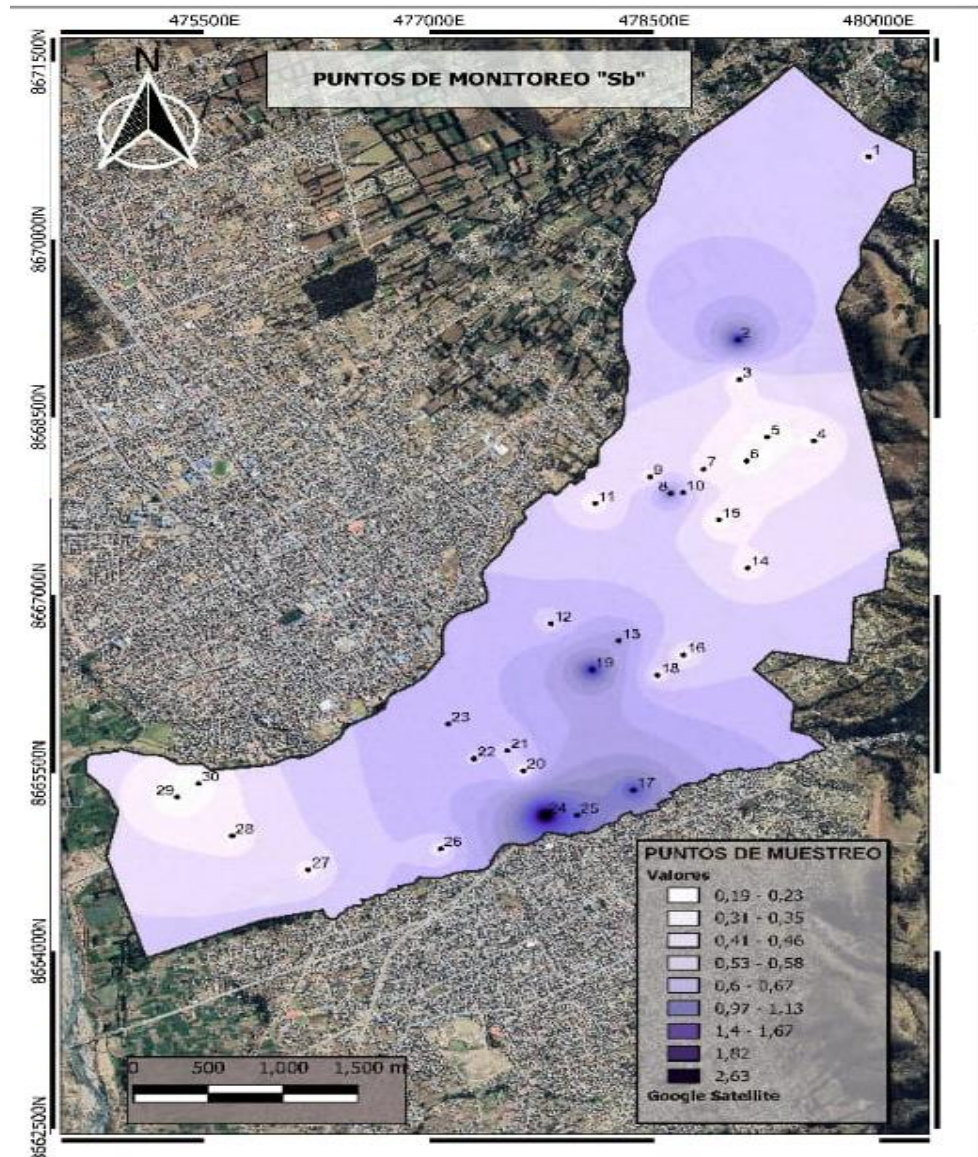


Figura 22. Concentración del antimonio (Sb) - área central metropolitana de Huancayo.

Según la figura 22, los resultados obtenidos del metal antimonio (Sb), los valores más altos de concentración se dieron en los sectores Cf “parque Palian” se obtuvo un valor de 1.67 ppm”, sector Cc “parque Madre Huanca 2.63 (ppm)” y “plazoleta obelisco Giráldez 1.82 (ppm)”, y obteniéndose menor concentración en el sector Cc “plazoleta mercado Mayorista 0.19 (ppm)” y sector Ce “parque Urbanización Lino con 0.2 (ppm)”, según los resultados del Laboratorio de Química Atmosférica (LQA) de Rio de Janeiro, Brasil.

4.5.3. Mapa de concentración del metal Bario (Ba) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo

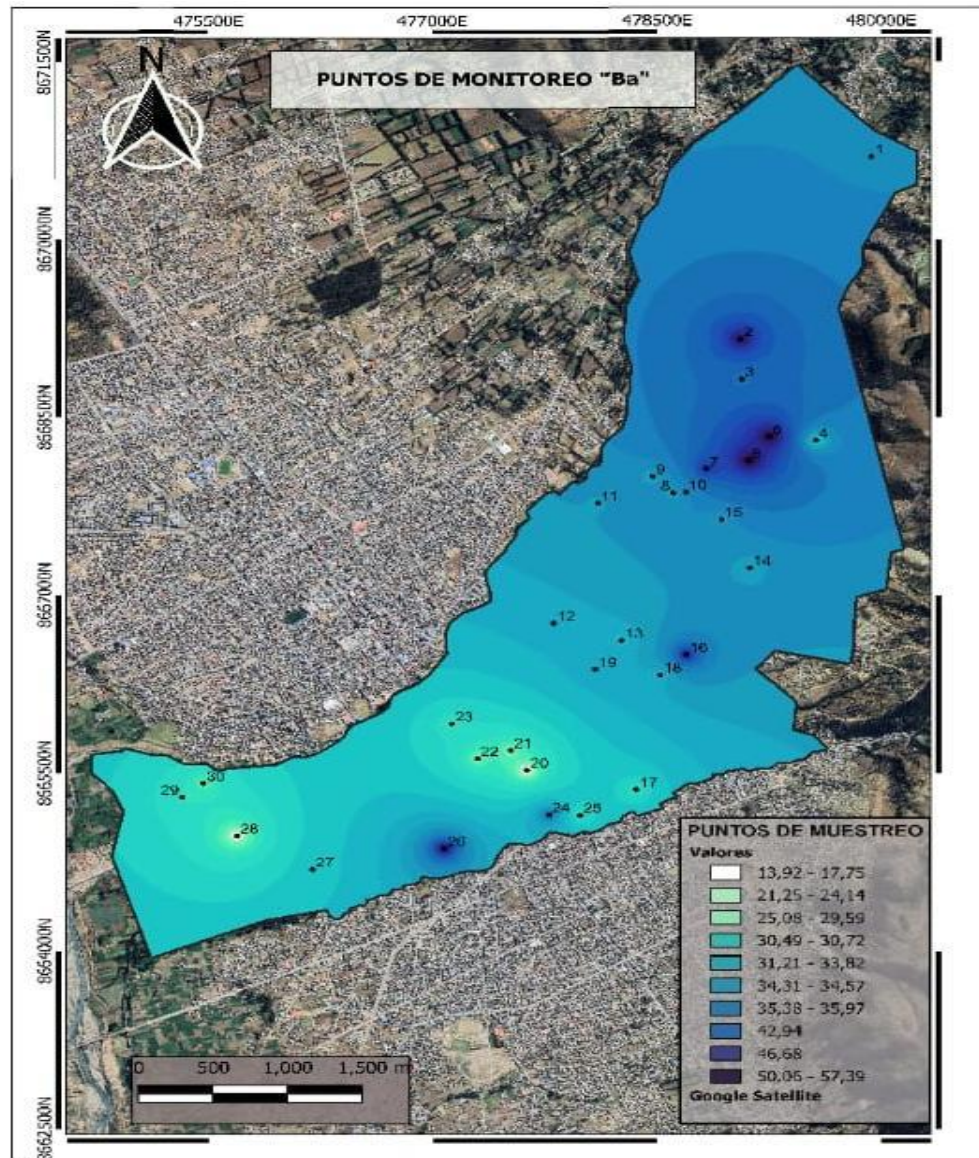


Figura 23. Concentración de bario (Ba) - área central metropolitana de Huancayo.

Según la figura 23, los resultados obtenidos del metal (Ba) los valores más altos de concentración se dieron en los sectores Ca-1 “parque Los Jardines 57.39 (ppm)”, “parque Tanquishk se obtuvo un valor de 55.91 ppm” y sector Cd “Coliseo Huanca 52.71 (ppm)”, y obteniéndose menor concentración de Ba en el sector Cd “parque Periodismo Huanca 17.75 (ppm)” y sector Cc “plazoleta mercado Modelo con 13.92 (ppm)”, según los resultados del Laboratorio de Química Atmosférica (LQA) de Rio de Janeiro, Brasil.

4.5.4. Mapa de concentración del metal Plomo (Pb) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo

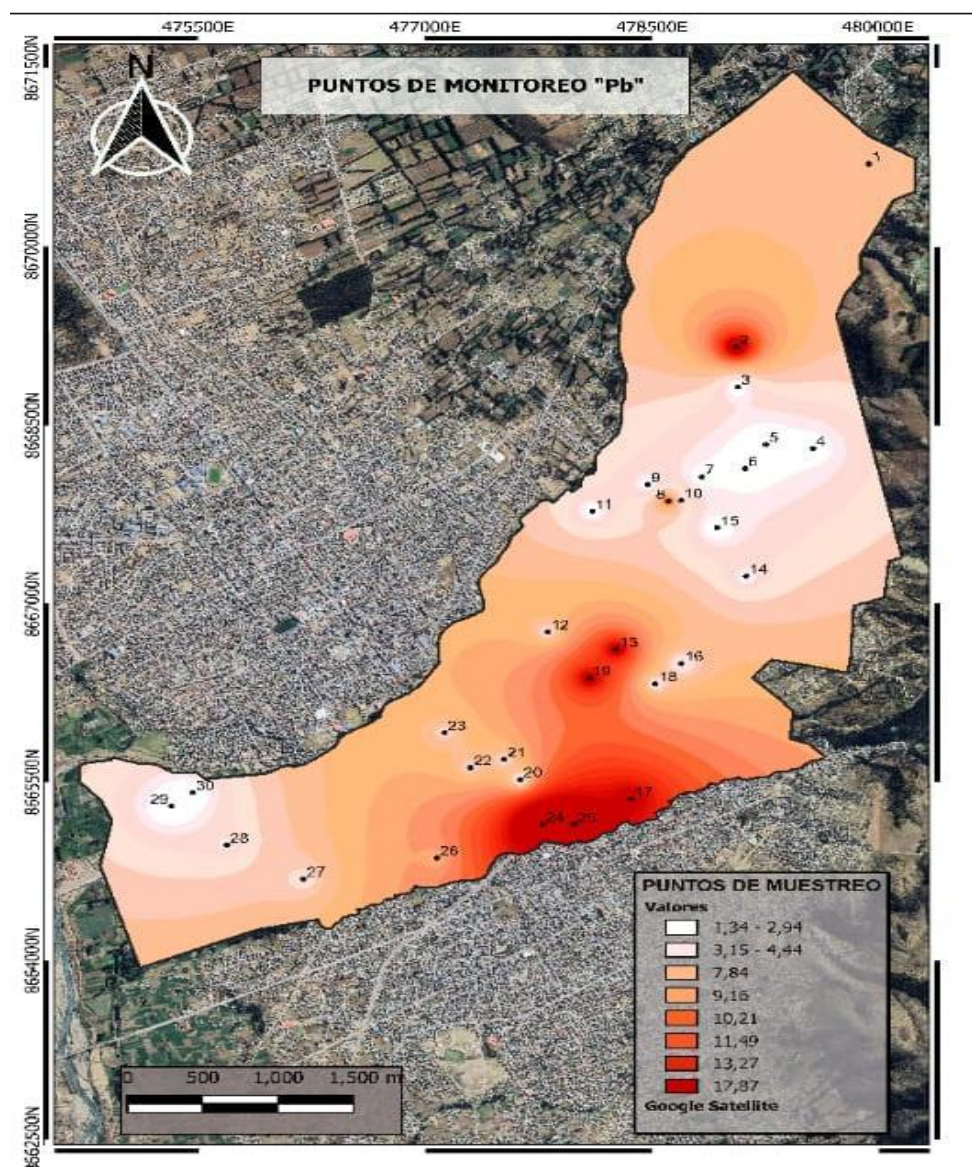


Figura 24. Concentración de plomo (Pb) - área central metropolitana de Huancayo.

Según la investigación, los resultados obtenidos del metal plomo (Pb), como se muestra en la figura 24, evidencian que los valores más altos de concentración fueron en los sectores Cf “parque Palian”, donde se obtuvo un valor de 11.49 (ppm), sector Cc “parque Madre Huanca 17.97 (ppm) y parque infantil César Vallejo 13.27 (ppm)”, y obteniéndose menor concentración de Pb en el sector Ca-1 “parque Tanquishk 1.4 (ppm)”, sector Ce “parque urbanización Lino 1.45 (ppm)” y sector Cc “plazoleta mercado mayorista con 1.34 (ppm)”, según los resultados del Laboratorio de Química Atmosférica (LQA) de Rio de Janeiro, Brasil.

4.5.5. Mapa de concentración del metal Cobre (Cu) en los sectores del área central metropolitana de Huancayo

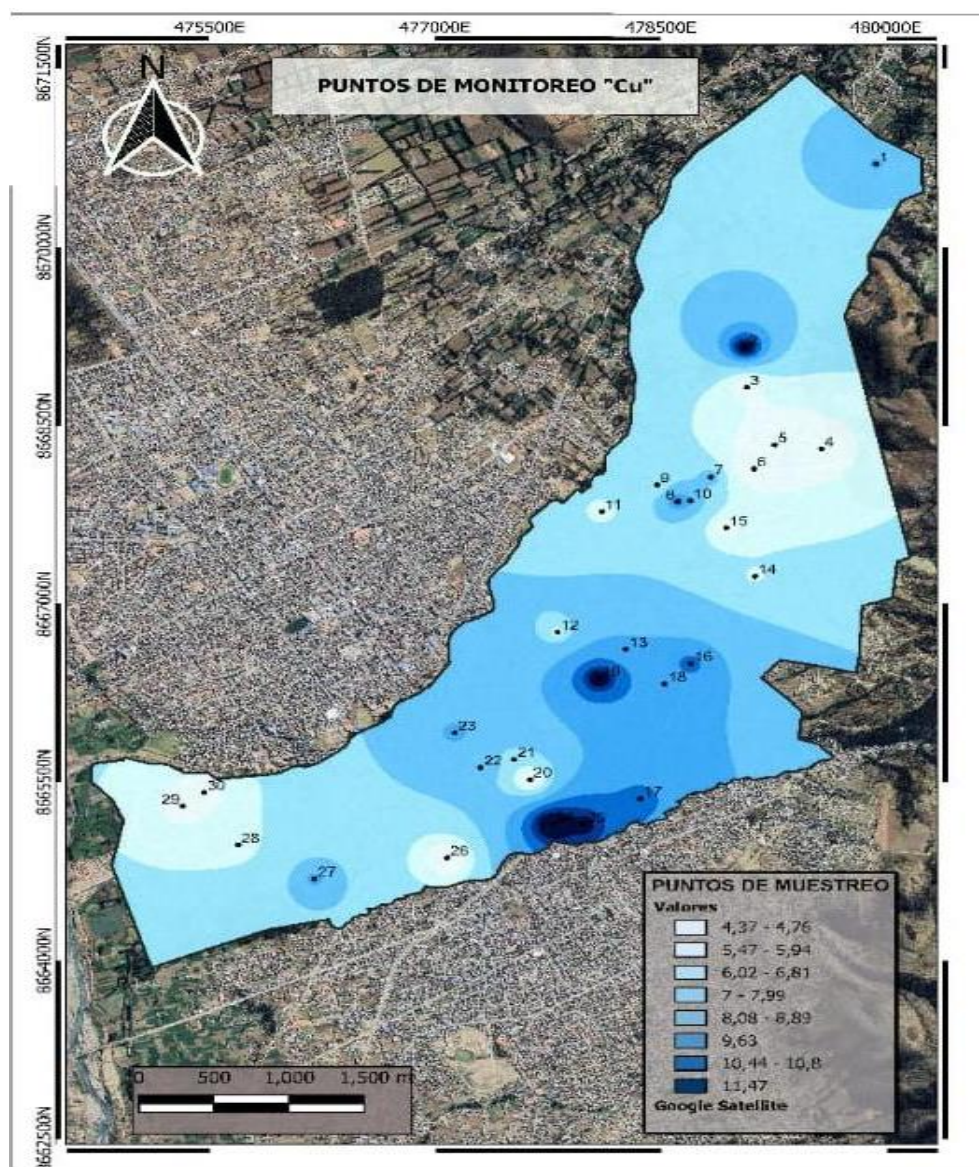


Figura 25. Concentración de cobre (Cu) - área central metropolitana de Huancayo.

Según la investigación, los resultados (figura 25) obtenidos del metal cobre (Cu) presentan valores más altos de concentración en los sectores Cf “parque Palian” se obtuvo un valor de 10.44 (ppm), sector Cc “plazoleta Obelizco Giráldez 10.8 (ppm) y parque Madre Huanca 11.64 (ppm)”, y obteniéndose menor concentración de Cu en el sector Ca-1 “parque Tanquishk 4.58 (ppm)”, sector Cc “plazoleta del mercado Modelo 4.29 (ppm)” y sector Cd “Coliseo Huanca con 4.37 (ppm)”, según los resultados del Laboratorio de Química Atmosférica (LQA) de Rio de Janeiro, Brasil.

CONCLUSIONES

- El uso de las hojas de árbol de *Polylepis sp* demostró ser un método efectivo para el biomonitoreo de la contaminación atmosférica en áreas urbanas, mostrando diferencias significativas en las concentraciones de metales pesados de Pb, Cd, Ba, Cu, y Zn entre los sectores comparados en el estudio, en los sectores urbanos del Área Central Metropolitana de Huancayo - 2023.
- *Polylepis sp* se encontró en mayor población que otras especies en parques y plazoletas dentro del Área Central Metropolitana de Huancayo (ACMH) demostrando ser un indicador eficaz para el biomonitoreo de metales pesados en este estudio de investigación.
- En el biomonitoreo de hojas de *Polylepis sp* dentro del Área Central Metropolitana de Huancayo (ACMH) que conforman los siete sectores donde la mayor concentración de metales pesados Zn, Cu, Ba, Pb y Sb con valores elevados, se encontró en los sectores Cf (plaza de Palian), sector Cc (parque de la Madre Wanka) siendo un impacto negativo al medio ambiente.
- Los resultados varían, ya que todos los puntos monitoreados no tienen la misma cantidad de tránsito de vehículos móviles, como modernos y devaluados. Las concentraciones de metales pesados en los puntos de muestreo de los sectores Ca-1, Ca, Ce, Cd, Cb, Cc, y Cf, en el sector Cc el metal zinc (Zn) con un valor de 41.88 ppm a diferencia de los otros sectores, mientras en el sector Ce con un valor de 17.40 ppm, el antimonio (Sb) con valores en el sector Cf con 1.13 ppm mientras en el sector Ce con 0.28 ppm, el bario (Ba) el sector Cf con 42.25 ppm y el sector Cb con 41.81 ppm, plomo (Pb) el sector Cf con 7.97 ppm mientras en el sector Ce con 2.05 ppm, cobre (Cu) con valores en el sector Cd con 9.93 ppm y sector Ce con 6.15 ppm.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda plantar variedades de *Polylepis sp* adaptadas al área de intervención, para su desarrollo y crecimiento, este árbol nativo es resistente en la bioacumulación de diversos tipos de metales pesados, que ha demostrado adaptarse a la variabilidad del clima y absorbiendo diferentes tipos de contaminantes.
- Realizar biomonitoreos por estaciones durante el año ya que estos organismos van acumulando diversos tipos de metales pesados en sus hojas, actuando como un recopilador de elementos de metales pesados, luego ser expuestos al ambiente por diversas actividades, recolectar las hojas y enviar al laboratorio para un análisis y determinar el nivel de contaminación.
- Los monitoreos de metales pesados en la atmósfera son de un alto costo por los equipos para su adquisición, recomendando que la Municipalidad Provincial de Huancayo realice biomonitoreos para tener un control e implementación y operación en puntos estratégicos en el área metropolitana, no siendo de mucha inversión, puesto que estas muestras serían recolectadas directamente de las plantas de las áreas urbanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SPDA ACTUALIDAD AMBIENTAL [En línea]. Contaminación atmosférica causa unas 7 millones de muertes prematuras al año, advierte PNUMA, 2023 [Fecha de consulta: 7 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.actualidadambiental.pe/contaminacion-atmosferica-causa-unas-7-millones-de-muertes-prematuras-al-ano-advierte-pnuma/#:~:text=a%C3%B1o%2C%20advierte%20PNUMA-,Contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20causa%20unas%207%20millones,prematuras%20al%20a>
2. COMISIÓN EUROPEA [En línea]. Air quality: commission sends final warning to UK over levels of fine particle pollution, 2010. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_10_687/IP_10_687_EN.pdf
3. WANNNAZ, E., y otros. Assessment of heavy metal accumulation in two species of *Tillandsia* in relation to atmospheric emission sources in Argentina. *Science of The Total Environment*, 2006, 361(1-3), 267-278 pp. ISSN: 0048-9697.
4. YAULILAHUA-HUACHO, R., y otros. Líquenes epifitos como bioindicadores de contaminación del aire en la ciudad de Lircay, Perú. *Alfa*, 2024, 8(22), 244-255 pp. ISSN: 2664-0902.
5. ARGUMEDO, C. Niveles de metales (Al, Cr, V, As, Se) en partículas PM10 en la atmósfera de la localidad de Barrancas, norte de Colombia. *Aibi, Revista de Investigacion Administracion e Ingenierias*, 2020, 8(1), 116-123 pp. ISSN: 2346-030X.
6. PÉREZ, L. Determinación de metales pesados en partículas respirables e identificación de fuentes de emisión, a partir de un muestreo atmosférico en la localidad de Puente Aranda en la ciudad de Bogotá. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y Sanitario). Colombia: Universidad de La Salle, 2006.
7. GUTIÉRREZ, P. Biomonitorio de metales pesados en hojas y frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) y de guamúchil (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.) en el Área Metropolitana de Guadalajara. Tesis de Maestría (Maestro en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas). México: Universidad de Guadalajara, 2015.
8. SPDA ACTUALIDAD AMBIENTAL [En línea]. Parque vehicular y actividades informales contaminan con plomo a Ventanilla y Mi Perú, 2017 [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.actualidadambiental.pe/parque-vehicular-y-actividades-informales-contaminan-con-plomo-ventanilla-y-mi-peru/#:~:text=El%20parque%20vehicular%20tambi%C3%A9n%20es,gasolinas%20de%20muy%20bajo%20octanaje>.

9. ZAFRA, C., PEÑA, N. y ÁLVAREZ, S. Contaminación por metales pesados en los sedimentos acumulados sobre el corredor vial Bogotá - Soacha. *Revista Tecnura*, 2013, 17(37), 99-108 pp.
10. ZAFRA, C., BELTRÁN, J. y HERNÁNDEZ, Y. Contaminación y salud pública en hábitats urbanos: metales pesados en sedimentos viales de Bogotá, Colombia. *Revista EIA*, 2020, 17(33).
11. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUANCAYO. *Plan de Desarrollo Urbano*. 2024.
12. SUÁREZ, L., y otros. Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 2017, 83(2), 187-199 pp. ISSN: 1810-634X.
13. FRÍAS-NAVARRO, D. y PASCUAL-SOLER, M. *Diseño de la investigación, análisis y redacción de los resultados*. España: Universidad de Valencia, 2021.
14. GUERRA, J. y CASTAÑEDA, E. Impacto de la gestión de inversiones municipales sobre el índice de desarrollo humano en el Valle del Mantaro (Perú). *Revista Visión Contable*, 2020, (21), 143-165 pp. ISSN: 0121-5337.
15. COBEÑA, E. Plomo en árboles como indicador de polución ambiental. Tesis de Maestría. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014.
16. MENDOZA, J., ARRIOLA, J. y MORALES, R. Análisis de metales pesados en parque estatal "Flor del Bosque". *Ra Ximhai, Revista Científica de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sostenible*, 2016, 12(4), 43-55 pp. ISSN: 1665-0441.
17. RAMÍREZ, E., y otros. Biomonitorio de metales pesados en vegetación arbórea en la ciudad de Saltillo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2021, (26).
18. LARA-ALMAZÁN, y otros. Biomonitorio activo con *Leskea angustata* en la zona metropolitana del Valle de Toluca. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 2021, 37, 293-306 pp.
19. CAHUANA, L. y ADUVIRE, O. Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre evaluados en áreas donde existen pasivos ambientales mineros en el Perú. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 2019, 4(2), 19-36 pp. ISSN: 2519-5352.
20. VILLAMAR, O. Evaluación de la calidad del aire mediante el índice de pureza ambiental y el análisis de metales pesados en el liquen *Xanthoparmelia sp. (Vain.) Hale* en la ciudad de Puno. Tesis (Título de Licenciado en Biología). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
21. CEDRÓN, E. y VELÁSQUEZ, K. Biomonitorio de elementos traza Cd, Ni, Pb, Sb y As en el área metropolitana de Huancayo - Perú, utilizando *Tillandsia capillaris* trasplantada como un biomotor. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022.

22. LEGARRETA, A., y otros. Material particulado y metales pesados en aire en ciudades mexicanas. Cultura Científica y Tecnológica, 2015, (56).
23. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD [En línea]. Guías de calidad del aire de la OMS, 2010 [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
24. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD [En línea]. Intoxicación por plomo, 2021 [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
25. AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS [En línea]. Conceptos básicos sobre el material particulado, 2020 [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
26. TURKYILMAZ, A., y otros. Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. Environmental Monitoring and Assessment, 2018, 190(578).
27. POLO, C. y SULCA, L. Metales pesados: fuentes y su toxicidad sobre la salud humana. Ciencias, 2018, 2(1).
28. GAMERO, C. Contaminación por plomo. Revista de Comunicación Vivat Academia, 2002, (34), 7-60 pp. ISSN: 1575-2844.
29. DÍAZ, A. [En línea]. Contaminación por plomo en una zona urbano marginal del Callao en Perú, 2021 [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/contaminacion-plomo-zona-urbano-marginal-callao-peru/>
30. PIEDRA, G. Zinc, un elemento químico muy versátil. Revista de Química, 2019, 33(1-2), 10-11 pp.
31. NORDBERG, G. *Metales: propiedades químicas y toxicidad*. España: Organización Internacional del Trabajo, 1998.
32. FEOKTISTOVA, L. y CLARK, Y. El metabolismo del cobre. Sus consecuencias para la salud humana. MediSur, 2018, 16(4), 579-587 pp.
33. QUINTANA, E., BELTRÁN, F. y ORONA, D. [En línea]. La contaminación ambiental en la vegetación urbana y sus repercusiones sociales, 2021 [Fecha de consulta: 13 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://oem.com.mx/elsoldemexico/analisis/la-contaminacion-ambiental-en-la-vegetacion-urbana-y-sus-repercusiones-sociales-16770628>

34. INTAGRI [En línea]. La absorción de nutrientes en fertilización foliar, 2018 [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-absorcion-de-nutrientes-a-traves-de-la-fertilizacion-foliar>
35. BUSTOS, Y. *Uso de plantas hiperacumuladoras en minería: conceptos y aplicaciones*. Colombia: Universidad Nacional, 2021.
36. CANALES, A. y HUARASA, Y. Poder germinativo de *Polylepis incana* con aplicación de diferentes tratamientos de agua. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 2020, 8(3). ISSN: 2310-3469.
37. PAREDES, J. Evaluación de la aplicabilidad de especies forestales de la serranía peruana en fitorremediación de relaves mineros. *ECIPerú*, 2018, 11(2), 83-87 pp.
38. QUISPE, M. Propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis besseri Hieron*) en base a la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en el vivero de la Comunidad de Huancané. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés, 2013.
39. CUYCKENS, G. y RENISON, D. Ecología y conservación de los bosques montanos de *Polylepis*: una introducción al número especial. *Ecología Austral*, 2018, 28(1), 157-162 pp.
40. METEOGALICIA [En línea]. Metales pesados (As, Cd, Ni, Pb), 2022 [Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://www.meteogalicia.gal/Caire/metalesCaire.action?request_locale=es
41. AQUAE [En línea]. Contaminación del aire: causas y tipos, 2020 [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/causas-y-tipos-de-la-contaminacion-del-aire/>
42. GUTIÉRREZ, M. Revisión sobre la utilización de bioindicadores para analizar la calidad del aire en contextos urbanos. Monografía (Título en Tecnología en Saneamiento Ambiental). Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2020.
43. LLANES, E., y otros. *Teoría de selección y dimensionamiento del parque automotor*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas, 2017. ISBN: 978-9942-765-21-5.
44. BLOOM, D. *Población 2020*. Estados Unidos: Finanzas & Desarrollo, 2020.
45. RICKER, M. y HERNÁNDEZ, H. Especies arbóreas y arborescentes de México: gimnospermas, monocotiledóneas y helechos arborescentes. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 2010, 81(1), 27-38 pp. ISSN: 2007-8706.
46. SOTO-CORTÉS, J. El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma Económico, Revista de Economía Regional y Sectorial*, 2015, 7(1), 127-149 pp. ISSN: 2007-3062.

47. INZA, A., y otros. *Estudio de los niveles de PM10 y PM2.5 en un área urbana con influencia industrial siderometalúrgica*. España: Universidad del País Vasco, 2004.
48. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
49. MARROQUÍN, R. [En línea]. De la metodología, 2021 [Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESSION-3-DE%20LA%20METODOLOGIA.pdf>
50. PINO, P. [En línea]. Orientaciones para la tesina de grado, 2019 [Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/467805915/Pino-Castillo-2019-Orientaciones-Para-La-Tesina-de-Grado>
51. OSEDA, D. *Metodología de la investigación*. Huancayo: Soluciones Gráficas, 2018. ISBN: 978-612-47601-6-7.
52. MEZA, F. Inventario de especies forestales en las arborizaciones urbanas públicas de Huancayo metropolitano. Tesis (Título de Ingeniero Forestal y Ambiental). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2011.

ANEXOS

Anexo 1. Parque La Fuente (Ca) código 2.



Anexo 2. Plazoleta Ocopilla (Cb) código 3.



Anexo 3. Parque Huamanmarca (Cc) código 6.



Anexo 4. Plaza Uñas (Cf) código 1.



Anexo 5. Plaza Constitución (Cc) código 8.



Anexo 6. Parque Túpac (Ca) código 1.



Anexo 7. Parque del Pensamiento Político (Cd) código 7.



Anexo 8. Plazoleta Giráldez (Cc) código 2.



Anexo 9. Parque Madre Wanca (Cc) código 9.



Anexo 10. Parque el Carmen (Ca-1) código 8.



Anexo 11. Codificación de muestras molidas 1.



Anexo 12. Codificación de muestras molidas 2.



Anexo 13. 80 puntos monitoreados del área central metropolitana de Huancayo.

N°	Especie	Nombre de parques	CODIGO DE SECTORES	COORDENADAS UTM	
				ESTE	NORTE
1	<i>Polylepis sp</i>	Plaza De Uñas	Cf-1-1	479935.00	8670697.00
2			Cf-1-2		
3			Cf-1-3		
4	<i>Polylepis sp</i>	Plaza De Palian	Cf-4-1	479058.00	8669159.00
5			Cf-4-2		
6			Cf-4-3		
7	<i>Polylepis sp</i>	Parque Júpiter y Estrellas	(Ca-1)-1-1	479067.00	8668822.00
8			(Ca-1)-1-2		
9			(Ca-1)-1-3		
10			(Ca-1)-1-4		
11			(Ca-1)-1-5		
12	<i>Polylepis sp</i>	Parque Las Colinas de San Antonio	(Ca-1)-3-1	479564.00	8668307.00
13			(Ca-1)-3-2		
14	<i>Polylepis sp</i>	Parque Tanquishk	(Ca-1)-5-1	479254.00	8668338.00
15			(Ca-1)-5-2		
16			(Ca-1)-5-3		
17			(Ca-1)-5-4		
18	<i>Polylepis sp</i>	Parque los Jardines	(Ca-1)-7-1	479116.00	8668136.00
19			(Ca-1)-7-2		
20			(Ca-1)-7-3		
21			(Ca-1)-7-4		
22			(Ca-1)-7-5		
23	<i>Polylepis sp</i>	Parque El Carmen	(Ca-1)-8-1	478830.00	8668067.00
24	<i>Polylepis sp</i>	Parque Miguel Grau 1 (Rp)	(Ca-1)-9-1	478609.00	8667862.00
25			(Ca-1)-9-2		
26			(Ca-1)-9-3		
27			(Ca-1)-9-4		
28			(Ca-1)-9-5		
29			(Ca-1)-9-6		
30			(Ca-1)-9-7		
31			(Ca-1)-9-8		
32	<i>Polylepis sp</i>	Parque de la Identidad Wanka	(Ca-1)-10-1	478471.00	8668002.00
33			(Ca-1)-10-2		
34			(Ca-1)-10-3		
35			(Ca-1)-10-4		
36	<i>Polylepis sp</i>	Parque Miguel Grau 2 (Ra)	(Ca-1)-11-1	478691.00	8667869.00
37			(Ca-1)-11-2		
38	<i>Polylepis sp</i>	Parque Santo Toribio	(Ca-1)-12-1	478104.00	8667777.00
39			(Ca-1)-12-2		

40	<i>Polylepis sp</i>	Parque Tupac Amaru	Ca-1-1	477808.00	8666764.00
41			Ca-1-2		
42			Ca-1-3		
43	<i>Polylepis sp</i>	Parque La Fuente	Ca-2-1	478262.70	8666618.92
44	<i>Polylepis sp</i>	Parque Panchito	Ce-1-1	479121.00	8667232.00
45			Ce-1-2		
46			Ce-1-3		
47	<i>Polylepis sp</i>	Parque (Urbanización El Lino)	Ce-3-1	478930.00	8667639.00
48			Ce-3-2		
49			Ce-3-3		
50	<i>Polylepis sp</i>	Parque Cerrito de La Libertad	Cb-1-1	478695.00	8666499.00
51			Cb-1-2		
52	<i>Polylepis sp</i>	Plazoleta Ovalo Ocopilla	Cb-3-1	478360.00	8665361.00
53	<i>Polylepis sp</i>	Parque Infantil Fantasía Wanka	Cc-1-1	478522.00	8666327.00
54			Cc-1-2		
55	<i>Polylepis sp</i>	Plazoleta Obelisco Giráldez	Cc-2-1	478086.00	8666375.00
56	<i>Polylepis sp</i>	Plazoleta Mercado Mayorista	Cc-3-1	477628.00	8665524.00
57	<i>Polylepis sp</i>	Parque Inmaculada	Cc-4-1	477519.00	8665692.00
58			Cc-4-2		
59			Cc-4-3		
60			Cc-4-4		
61	<i>Polylepis sp</i>	Parque Huamanmarca	Cc-6-1	477297.00	8665623.00
62			Cc-6-2		
63	<i>Polylepis sp</i>	Plaza Constitución	Cc-8-1	477125.00	8665916.00
64			Cc-8-2		
65			Cc-8-3		
66			Cc-8-4		
67	<i>Polylepis sp</i>	Parque de La Madre Huanca	Cc-9-1	477775.00	8665148.00
68	<i>Polylepis sp</i>	Parque Infantil César Vallejo	Cc-10-1	477984.45	8665144.99
69			Cc-10-2		
70	<i>Polylepis sp</i>	Coliseo Wanka	Cd-1-1	477073.00	8664864.00
71	<i>Polylepis sp</i>	Parque Santiago Wanka	Cd-2-1	476193.00	8664687.00
72			Cd-2-2		
73	<i>Polylepis sp</i>	Parque del Periodismo Huancayo	Cd-3-1	475685.00	8664972.00
74			Cd-3-2		
75	<i>Polylepis sp</i>	Parque del Pensamiento Político	Cd-7-1	475318.00	8665298.00
76			Cd-7-2		
77			Cd-7-3		
78	<i>Polylepis sp</i>	Parque Los Libertadores	Cd-9-1	475459.00	8665414.00
79			Cd-9-2		
80			Cd-9-3		

Anexo 14. Conformidad de muestras.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Rio de Janeiro, 23 novembro de 2023.

Aos cuidados:

Ángel Moisés Cáceres Zavala

Huancayo, Junín, Perú

Prezado Sr,

Venho por meio desta encaminhar o Laudo Técnico No.2/ novembro 2023 com os resultados referentes às análises químicas das 80 amostra de folha coletados no MOUDI recebidas no Laboratório de Química Atmosférica (LQA).

Coloco-me a disposição para maiores esclarecimentos.

Atenciosamente,



Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz

Pesquisador LQA

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637
alebut2@hotmail.com

Anexo 15. Conformidad y calibración de equipo.



LAUDO TÉCNICO No. 2/ Novembro 2023

Amostragem

A coleta das amostras de folhas de *polylepis* sp foi realizada pela pesquisador Ángel Moisés Cáceres, aluno da Universidad Continental e entregue ao pesquisador Dr. Alex Rubén De La Cruz, pertence ao grupo do Laboratório de Química Atmosférica (LQA) da PUC-Rio.

Análises químicas Extração Ácida

A extração ácida foi realizada em tubos de polietileno de 50 mL. Para estes tubos foram transferidos os filtros com auxílio de uma pinça de Teflon. A cada um dos tubos foram adicionados 3,0 mL de HNO_3 (65 %, m/v, Isotar, Brasil) e as amostras foram levadas para aquecimento a 90 °C por 2 h. Após o resfriamento foi adicionada água ultrapura para completar o volume de 10,0 mL. Posteriormente elas foram centrifugadas (Kindly, KC5, China) a 4000 RPM por 2 min e diluídas 3x.

Análises por ICP-MS

Os extratos ácidos foram analisados por ICP-MS (Perkin Elmer, NexIon 300, EUA) para a determinação dos elementos: Zn, Sb, Ba, Pb, Cu. Condições do equipamento estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Condições operacionais do ICP-MS Perkin Elmer, NexIon 300X

Parâmetro	Valor
Potência da Rádio Frequência	1100 W
Fluxo de argônio do plasma	15,0 L min ⁻¹
Fluxo auxiliar	1,0 L min ⁻¹
Fluxo de argônio de nebulização	1,06 L min ⁻¹
Fluxo de amostra	0,6 mL min ⁻¹
Modo de leitura	Peak Hopping
Varreduras/leituras	1
Leituras/replicatas	1
Número de replicatas	5

Calibração de controle de qualidade

As curvas analíticas foram preparadas a partir de padrões multielementares Perkin Elmer 29, Perkin Elmer 17 e Perkin Elmer 12 na concentração de 1000 $\mu\text{g L}^{-1}$ e do Perkin Elmer 5 na concentração de 10 $\mu\text{g L}^{-1}$. Além disso foram utilizados padrões monoelementares de Sn, Hg, Ti, Sb (1000 $\mu\text{g L}^{-1}$), Au (500 $\mu\text{g L}^{-1}$) e Br (1000 $\mu\text{g L}^{-1}$). Para evitar a precipitação dos elementos adicionados nas soluções da curva analítica foi adicionado HNO_3 para obter soluções 5 % de ácido. O padrão interno utilizado nas análises foi uma solução de Rh 40 $\mu\text{g L}^{-1}$. Foram obtidos coeficientes de determinação (R^2) das curvas analíticas maiores que 0,999 para todos os elementos analisados. Os limites de detecção e quantificação foram calculados considerando o desvio padrão obtido em 10 leituras do branco de ácido (ácido + água ultrapura).

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637
alebut2@hotmail.com



Para garantir a qualidade dos dados obtidos e verificar possíveis causas de contaminação, a água e o ácido utilizados na extração foram analisados. A eficiência de extração das plantas foi verificada por meio da extração de 10 mg do materiais de referência certificado NIST (SRM 1648a) em duplicata. As porcentagens de recuperação dos elementos certificados pelos materiais de referência indicam a eficiência do método de extração utilizado.

Os resultados estão reportados em mg L^{-1} e mg kg^{-1} considerando o limite de quantificação instrumental. Na tabela em excel do laudo técnico estão apresentadas as concentrações obtidas para cada amostra, os limites de detecção e quantificação (LD e LQ) e o percentual de recuperação dos materiais de referência obtidos pelo método utilizado. percentual de recuperação dos materiais de referência obtidos pelo método utilizado.

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 · Gávea · 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637
alebut2@hotmail.com



II. RESULTADO DA ANÁLISE

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			FO2109-SA-23	FO2110-SA-23	FO2111-SA-23	FO2112-SA-23	FO2113-SA-23	FO2114-SA-23
Matriz. Analisado			Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem			2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)			17:45:00	17:45:00	17:36:00	17:56:00	18:05:00	18:00:00
Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			CF-1_ 1	CF-1_ 1	CF-1_ 3	CF-4_ 1	CF-4_ 2	CF-4_ 3
Ensaio	Unidade	LC	Resultados					
Zinco (Zn)	ppm	-	24.87	24.87	22.72	50.61	61.63	53.53
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.49	0.49	0.41	1.56	2.14	1.32
Bário (Ba)	ppm	-	24.91	24.91	47.58	47.57	44.02	58.20
Chumbo (Pb)	ppm	-	3.94	3.94	2.78	9.12	13.97	11.38
Cobre (Cu)	ppm	-	6.46	6.46	8.42	9.19	12.58	9.55

ITEM			7	8	9	10	11	12
Código de Laboratorio			FO2115-SA-23	FO2116-SA-23	FO2117-SA-23	FO2118-SA-23	FO2119-SA-23	FO2120-SA-23
Matriz. Analisado			Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem			2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)			17:15:00	17:17:00	17:23:00	17:27:00	17:33:00	16:36:00
Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			(CA-1) -1-1	(CA-1) -1-2	(CA-1) -1-3	(CA-1) -1-4	(CA-1) -1-5	(CA-1) -3-1
Ensaio	Unidade	LC	Resultados					
Zinco (Zn)	ppm	-	14.64	14.54	15.79	16.53	12.80	21.37
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.20	0.28	0.20	0.28	0.21	0.46

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637 alebut2@hotmail.com



Bário (Ba)	ppm	-	28.37	41.40	47.20	40.32	22.56	27.95
Chombo (Pb)	ppm	-	1.25	1.67	1.63	1.93	1.51	2.57
Cobre (Cu)	ppm	-	4.23	7.19	5.99	4.97	4.99	7.56

ITEM			13	14	15	16	17	18
Código de Laboratorio			FO2121-SA-23	FO2122-SA-23	FO2123-SA-23	FO2124-SA-23	FO2125-SA-23	FO2126-SA-23
Matriz. Analisado			Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem			2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)			16:40:00	16:52:00	16:52:00	16:55:00	17:00:00	16:00:00
Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			(CA-1)-3-2	(CA-1)-5-1	(CA-1)-5-1	(CA-1)-5-3	(CA-1)-5-4	(CA-1)-7-1
Ensaio	Unidade	LC	Resultados					
Zinco (Zn)	ppm	-	14.39	14.43	14.43	9.91	11.59	11.67
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.32	0.21	0.21	0.18	0.20	0.23
Bário (Ba)	ppm	-	20.45	50.55	50.55	62.42	43.31	50.02
Chombo (Pb)	ppm	-	1.82	1.45	1.45	0.98	1.34	1.38
Cobre (Cu)	ppm	-	3.58	4.53	4.53	5.27	3.97	4.40

ITEM			19	20	21	22	23	24
Código de Laboratorio			FO2127-SA-23	FO2128-SA-23	FO2129-SA-23	FO2130-SA-23	FO2131-SA-23	FO2132-SA-23
Matriz. Analisado			Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem			2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)			16:13:00	16:16:00	16:20:00	16:25:00	15:56:00	15:40:00
Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			(CA-1)-7-2	(CA-1)-7-3	(CA-1)-7-4	(CA-1)-7-5	(CA-1)-8-1	(CA-1)-9-1
Ensaio	Unidade	LC	Resultados					

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637 alebut2@hotmail.com



Zinco (Zn)	ppm	-	12.88	12.42	13.88	17.20	23.84	65.86
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.23	0.21	0.23	0.23	0.36	2.63
Bário (Ba)	ppm	-	69.01	69.55	36.25	62.13	46.68	39.67
Chumbo (Pb)	ppm	-	1.33	1.43	1.67	1.55	2.04	15.63
Cobre (Cu)	ppm	-	4.43	4.85	4.60	5.53	8.22	11.59

ITEM			25	26	27	28	29	30
Código de Laboratorio			FO2133-SA-23	FO2134-SA-23	FO2135-SA-23	FO2136-SA-23	FO2137-SA-23	FO2138-SA-23
Matriz. Analisado			Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem			2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)			15:30:00	15:42:00	15:47:00	15:20:00	15:24:00	15:30:00
Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			(CA-1)-9-2	(CA-1)-9-3	(CA-1)-9-4	(CA-1)-9-5	(CA-1)-9-6	(CA-1)-9-7
Ensaio	Unidade	LC	Resultados					
Zinco (Zn)	ppm	-	43.76	26.90	25.60	21.05	33.25	21.81
Antimônio (Sb)	ppm	-	1.74	0.78	0.86	0.55	1.15	0.68
Bário (Ba)	ppm	-	31.28	28.91	26.69	22.44	19.92	36.34
Chumbo (Pb)	ppm	-	10.18	4.41	4.43	2.91	5.93	3.56
Cobre (Cu)	ppm	-	8.60	8.45	10.27	5.77	7.28	74.68

ITEM	31	32	33	34	35	36
Código de Laboratorio	FO2139-SA-23	FO2140-SA-23	FO2141-SA-23	FO2142-SA-23	FO2143-SA-23	FO2144-SA-23
Matriz. Analisado	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem	2023-05-13	2023-05-14	2023-05-14	2023-05-14	2023-05-14	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)	15:35:00	14:00:00	08:00:00	14:16:00	14:08:00	14:50:00
Condição da amostra	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637 alebut2@hotmail.com



Código do Cliente/Identificação da Amostra			(CA-1)-9-8	(CA-1)-10-1	(CA-1)-10-2	(CA-1)-10-3	(CA-1)-10-4	(CA-1)-11-1
Ensaio	Unidade	LC	Resultados					
Zinco (Zn)	ppm	-	68.21	16.31	17.23	20.05	29.17	25.60
Antimônio (Sb)	ppm	-	2.80	0.27	0.27	0.36	0.47	0.66
Bário (Ba)	ppm	-	40.50	40.85	18.53	43.68	21.77	21.88
Chumbo (Pb)	ppm	-	15.70	1.63	1.89	2.25	2.58	3.74
Cobre (Cu)	ppm	-	11.72	5.90	6.18	6.85	8.30	10.33

ITEM	37	38	39	40	41	42
Código de Laboratorio	FO2145-SA-23	FO2146-SA-23	FO2147-SA-23	FO2148-SA-23	FO2149-SA-23	FO2150-SA-23
Matriz. Analisado	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem	2023-05-13	2023-05-14	2023-05-14	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)	14:55:00	15:01:00	15:10:00	14:27:00	14:12:00	14:15:00
Condição da amostra	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra	(CA-1)-11-2	(CA-1)-12-1	(CA-1)-12-2	CA-1-1	CA-1-2	CA-1-3
Ensaio	Unidade	LC	Resultados			
Zinco (Zn)	ppm	-	20.36	22.85	22.76	17.66
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.54	0.20	0.45	0.41
Bário (Ba)	ppm	-	48.88	28.13	39.52	29.56
Chumbo (Pb)	ppm	-	3.04	1.23	2.87	2.71
Cobre (Cu)	ppm	-	5.66	6.14	6.49	5.52

ITEM	43	44	45	46	47	48
Código de Laboratorio	FO2151-SA-23	FO2152-SA-23	FO2153-SA-23	FO2154-SA-23	FO2155-SA-23	FO2156-SA-23
Matriz. Analisado	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)	12:17:00	11:15:00	11:26:00	11:21:00	11:44:00	11:36:00

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637 alebut2@hotmail.com

Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			CA-2-1	CE-1-1	CE-1-2	CE-1-3	CE-3-1	CE-3-2
Ensaio	Unidade	LC	Resultados					
Zinco (Zn)	ppm	-	25.17	17.01	21.62	17.05	14.37	17.73
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.97	0.27	0.44	0.38	0.25	0.15
Bário (Ba)	ppm	-	29.59	21.90	26.96	45.64	37.17	32.07
Chumbo (Pb)	ppm	-	10.20	1.97	3.46	2.52	1.53	1.17
Cobre (Cu)	ppm	-	7.63	7.56	5.06	7.72	5.09	5.53

ITEM	49	50	51	52	53	54
Código de Laboratorio	FO2157-SA-23	FO2158-SA-23	FO2159-SA-23	FO2160-SA-23	FO2161-SA-23	FO2162-SA-23
Matriz. Analisado	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)	11:41:00	10:51:00	10:56:00	10:21:00	10:34:00	10:40:00
Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			CE-3-3	CB-1-1	CB-1-2	CC-1-1
Ensaio	Unidade	LC	Resultados			
Zinco (Zn)	ppm	-	16.65	19.73	23.82	42.53
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.21	0.34	0.28	1.40
Bário (Ba)	ppm	-	27.56	57.15	42.96	25.31
Chumbo (Pb)	ppm	-	1.65	2.05	2.09	9.16
Cobre (Cu)	ppm	-	5.92	5.71	11.67	8.46

ITEM	55	56	57	58	59	60
Código de Laboratorio	FO2163-SA-23	FO2164-SA-23	FO2165-SA-23	FO2166-SA-23	FO2167-SA-23	FO2168-SA-23
Matriz. Analisado	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637 alebut2@hotmail.com



Data de amostragem			2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)			10:42:00	09:38:00	09:16:00	09:29:00	09:27:00	09:21:00
Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			CC-2-1	CC-3-1	CC-4-1	CC-4-2	CC-4-3	CC-4-4
Ensaio	Unidade	LC	Resultados					
Zinco (Zn)	ppm	-	38.95	26.60	24.21	27.64	19.65	22.24
Antimônio (Sb)	ppm	-	1.82	0.19	0.28	0.78	0.69	0.39
Bário (Ba)	ppm	-	34.31	13.92	16.24	34.61	19.71	14.44
Chumbo (Pb)	ppm	-	10.21	1.34	1.44	6.45	1.91	1.96
Cobre (Cu)	ppm	-	10.80	4.29	6.82	8.01	7.43	5.73

ITEM	61	62	63	64	65	66
Código de Laboratorio	FO2169-SA-23	FO2170-SA-23	FO2171-SA-23	FO2172-SA-23	FO2173-SA-23	FO2174-SA-23
Matriz. Analisado	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13
Hora de início da Amostragem (h)	09:06:00	09:01:00	08:36:00	08:39:00	08:44:00	08:50:00
Condição da amostra	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra	CC-6-1	CC-6-2	CC-8-1	CC-8-2	CC-8-3	CC-8-4
Ensaio	Unidade	LC	Resultados			
Zinco (Zn)	ppm	-	22.44	30.81	27.54	21.42
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.37	0.77	0.85	0.88
Bário (Ba)	ppm	-	18.55	24.77	25.40	30.63
Chumbo (Pb)	ppm	-	2.13	4.17	4.03	3.83
Cobre (Cu)	ppm	-	7.02	8.69	7.23	9.03

ITEM	67	68	69	70	71	72
Código de Laboratorio	FO2175-SA-23	FO2176-SA-23	FO2177-SA-23	FO2178-SA-23	FO2179-SA-23	FO2180-SA-23

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 – Gávea – 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637 alebut2@hotmail.com



Matriz. Analisado			Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem			2023-05-13	2023-05-13	2023-05-13	2023-05-14	2023-05-14	2023-05-14
Hora de início da Amostragem (h)			09:52:00	10:02:00	10:00:00	12:30:00	11:40:00	15:50:00
Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			CC-9-1	CC-10-1	CC-10-2	CD-1-1	CD-2-1	CD-2-2
Ensaio		Unidade	LC	Resultados				
Zinco (Zn)	ppm	-	66.11	71.97	46.02	36.41	23.21	23.95
Antimônio (Sb)	ppm	-	2.63	1.18	1.09	0.39	0.41	0.42
Bário (Ba)	ppm	-	42.94	31.33	18.83	52.71	34.39	26.59
Chumbo (Pb)	ppm	-	17.87	19.96	6.58	4.20	2.99	3.48
Cobre (Cu)	ppm	-	11.74	11.52	7.75	43.79	9.17	6.99

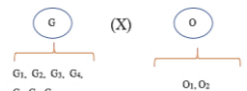
ITEM			73	74	75	76	77	78
Código de Laboratorio			FO2181-SA-23	FO2182-SA-23	FO2183-SA-23	FO2184-SA-23	FO2185-SA-23	FO2186-SA-23
Matriz. Analisado			Folha	Folha	Folha	Folha	Folha	Folha
Data de amostragem			2023-05-14	2023-05-14	2023-05-14	2023-05-14	2023-05-14	2023-05-14
Hora de início da Amostragem (h)			10:50:00	10:55:00	10:15:00	10:25:00	10:20:00	09:30:00
Condição da amostra			Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado	Preservado
Código do Cliente/Identificação da Amostra			CD-3-1	CD-3-2	CD-7-1	CD-7-2	CD-7-3	CD-9-1
Ensaio	Unidade	LC	Resultados					
Zinco (Zn)	ppm	-	19.81	33.82	17.84	17.93	14.60	18.76
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.31	0.50	0.20	0.27	0.23	0.30
Bário (Ba)	ppm	-	18.68	16.82	27.64	26.04	29.18	21.94
Chombo (Pb)	ppm	-	1.99	4.39	1.29	1.72	1.45	2.20
Cobre (Cu)	ppm	-	6.85	6.48	5.77	6.49	5.56	5.70

Prof. Dr. Alex Rubén de la Cruz
Departamento de Química
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637 alebut2@hotmail.com



ITEM	79	80	-	-	-	-
Código de Laboratorio	FO2187-SA-23	FO2188-SA-23	-	-	-	-
Matriz. Analisado	Folha	Folha	-	-	-	-
Data de amostragem	2023-05-14	2023-05-14	-	-	-	-
Hora de início da Amostragem (h)	09:35:00	09:40:00	-	-	-	-
Condição da amostra	Preservado	Preservado	-	-	-	-
Código do Cliente/Identificação da Amostra	CD-9-2	CD-9-3	-	-	-	-
Ensaio	Unidade	LC	Resultados			
Zinco (Zn)	ppm	-	21.42	22.47	-	-
Antimônio (Sb)	ppm	-	0.37	0.30	-	-
Bário (Ba)	ppm	-	35.87	14.63	-	-
Chumbo (Pb)	ppm	-	2.85	1.64	-	-
Cobre (Cu)	ppm	-	6.48	5.89	-	-

Anexo 16. Matriz de consistencia Biomonitorio de metales pesados en hojas de *Polylepis sp* en sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) - 2023.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
Problema general: ¿Es posible biomonitorio la concentración de metales pesados presentes en las hojas de <i>Polylepis sp</i> en sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023? Problemas específicos: *¿habrá una especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) que permita cuantificar la concentración de los metales pesados? *¿Es posible cuantificar la concentración de metales pesados en la especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023? *¿Es posible determinar la concentración de metales pesados en la especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023?	Objetivo general: Biomonitorio la concentración de metales pesados presentes en las hojas de <i>Polylepis sp</i> en sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023. Objetivos específicos: *Colectar la especie vegetal endémica del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) que permita el biomonitorio de metales pesados. *Cuantificar la concentración de metales pesados en la especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo. *Evaluar la concentración de metales pesados en los sectores urbanos monitoreados dentro del área central metropolitana de Huancayo 2023.	Hipótesis general: La concentración de metales pesados podrá ser cuantificados en las hojas de vegetación arbórea de la especie <i>Polylepis sp</i> en los sectores urbanos del Área Central Metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023. Hipótesis específicas: *Existe la especie vegetal endémica del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) que permita el biomonitorio de metales pesados. *La concentración de metales pesados presente en la especie vegetal endémica dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH), es cuantificable. *Altas concentraciones de metales pesados fueron reportadas en los sectores urbanos monitoreados dentro del área central metropolitana de Huancayo (ACMH) 2023.	Enfoque de la investigación: Cuantitativo Nivel de la investigación: Descriptiva Tipo de Investigación: Aplicado, no experimental ex post facto. Diseño de la investigación:  *G son los grupos de estudio para el biomonitorio de metales pesados (sectores y subsectores urbanos del ACMH) *O: Corresponde a las mediciones realizadas respecto a los biomonitoreos en hojas de <i>Polylepis sp</i> y concentraciones de metales pesados en sectores urbanos. *X: variable independiente asignada - observada correspondiente a los sectores urbanos del área central metropolitana de Huancayo (ACMH).

Anexo 17. Presupuesto y financiamiento.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/)	Costo total (S/)
Gastos en materiales de escritorio	Archivadores	Unidad	1	S/ 8.00	S/ 8.00
	Tinta para impresora	Unidad	6	S/ 40.00	S/ 240.00
	Rotuladores de tinta	Unidad	2	S/ 3.20	S/ 6.40
	Lápiz	unidad	2	S/ 2.00	S/ 4.00
	Sobre manila	Docena	1	S/ 10.00	S/ 10.00
	Sub total				S/ 268.40
Bienes para la investigación	Libro digital	Unidad	3	S/ 75.00	S/ 225.00
	Impresión de archivos	Unidad	100	S/ 0.05	S/ 5.00
	Pago por servicio de internet	Consumo/mes	2	S/ 150.00	S/ 300.00
	Sub total				S/ 530.00
Servicios para la Investigación	Asesorías varias	Unidad	1	S/ 700.00	S/ 700.00
	Alquiler de servicios de laboratorio	Corridas	80	S/ 40.00	S/ 3,200.00
	Alquiler de equipos	Unidad	1	S/ 50.00	S/ 50.00
	Sub total				S/ 3,950.00
Materiales de campo	Guante quirúrgico	Caja	1	S/ 35.00	S/ 35.00
	Tijeras de poda corta ramas	Unidad	2	S/ 70.00	S/ 140.00
	Bolsas de polipropileno herméticas	Docena	5	S/ 30.00	S/ 150.00
	Balde de plástico	Unidad	4	S/ 20.00	S/ 80.00
	Mascarilla con filtro especial	Unidad	2	S/ 50.00	S/ 100.00
	Machete	Unidad	2	S/ 25.00	S/ 50.00
	Sub total				S/ 555.00
Movilidad	Alquiler de auto	Unidad	20	S/ 30.00	S/ 600.00
	Sub total				S/ 600.00
TOTAL					S/ 5,903.40