



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y
MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE
VILCAPAZA JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CAMILA QQUELLON HUAMAN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA - PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CAMILA QQUELLON HUAMAN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:


INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 460-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-4034 presentado por el (la) Bachiller: CAMILA QQUELLON HUAMAN estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. CAMILA QQUELLON HUAMAN, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. – RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.**

ARTICULO TERCERO . – APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: CAMILA QQUELLON HUAMAN; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miércoles 18 de junio del 2025
- * **HORA** : 08:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.





RESOLUCIÓN DECANAL N° 1778-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 16048 por el señor (a): **CAMILA QQUELLON HUAMAN** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1377 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 104- 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CAMILA QQUELLON HUAMAN**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 104- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **CAMILA QQUELLON HUAMAN**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 783-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-9749, presentado el señor (a) **CAMILA QQUELLON HUAMAN** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 742 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 89 -2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CAMILA QQUELLON HUAMAN** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 89 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **CAMILA QQUELLON HUAMAN**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. Efraim Parfiso Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



16% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

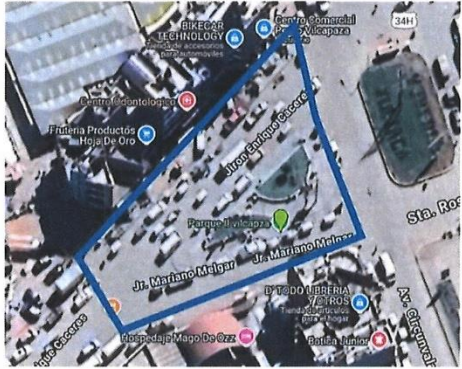
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	CAMILA QQUELLON HUAMAN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70940101
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-1558-3760
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	24245280
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y calidad ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.4850963 Longitud: -70.1241831 URL Maps</p>  <p>https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1Fqhf09-80wZymUze_x0H8En7hIUIMX8&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Junio 2025
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	

UNIVERSIDAD ANDINA "HÉCTOR PRERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 DIRECTOR
 Dr. Fructuoso Mamani Apaza
 VICERECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo CAMILA QQUELLON HUAMAN, identificado con DNI Nro. 70940101, en mi condición de egresado de:

- [X] Escuela Profesional
[] Programa de Segunda Especialidad,
[] Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la [X] Tesis o [] Trabajo de Investigación, [] Trabajo Académico denominada:

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILLAPAZA JULIACA 2024

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 30 de septiembre del 2025

[Handwritten signature of advisor]

Firma del Asesor (obligatoria)

[Handwritten signature of student]

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a todas las personas que, de una u otra manera, me han acompañado en este camino. A mi familia, por su amor incondicional y por ser mi mayor fuente de inspiración. A mis amigos, por su constante apoyo y por recordarme siempre la importancia del equilibrio entre el esfuerzo y el disfrute.

CAMILA QQUELLON HUAMAN



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente a mis padres, cuya inquebrantable fe en mis capacidades y su constante apoyo han sido mi principal motor a lo largo de este proceso. A mi hermano, por su ánimo constante y por recordarme la importancia de sacar mi título.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la **Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez** y, de manera especial, a la **Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. Agradezco profundamente a todo el personal docente que, a lo largo de mi formación académica, compartió su sabiduría, orientación y valiosos consejos profesional.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN.....	x

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problema específico	4
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Justificación de la investigación	5
1.5. Hipótesis de la investigación.....	6
1.5.1. Hipótesis general	6



1.5.2. Hipótesis específico.....6

1.6. Variable 7

1.6.1. Operación de variables7

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación 8

2.1.1. A nivel internacional8

2.1.2. A nivel nacional 10

2.1.3. A nivel local12

2.2. Bases teóricas 14

2.2.1. Concentración de plomo en el aire14

2.2.2. Material particulado26

2.3. Marco conceptual 32

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Enfoque de investigación 37

3.2. Tipo de investigación 37

3.3. Nivel de la investigación 37

3.4. Diseño de la investigación 38

3.5. Método 38

3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación 38

3.7. Materiales y equipos 39



3.7.1. Materiales	39
3.7.2. Equipos.....	39
3.8. Lugar de estudio.....	40
3.9. Población y muestra	45
3.10. Procedimiento metodológico:	45

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados	49
4.2. Análisis estadístico.....	60
4.3. Discusiones	60
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	73



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables de la investigación.....	20
Tabla 2 Tren de muestreo de pm10	41
Tabla 3 Coordenadas de ubicación del proyecto	41
Tabla 4 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 1 parque 2 Vilcapaza	41
Tabla 5 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 2 parque 2 Vilcapaza	42
Tabla 6 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 3 parque 2 Vilcapaza	42
Tabla 7 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 4 parque 2 Vilcapaza	43
Tabla 8 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 4 parque 2 Vilcapaza	43
Tabla 9 Horario de toma de muestras	44
Tabla 10 Conteo diario de vehículos registrados en el Parque 2 de Vilcapaza	44
Tabla 11 Concentración de plomo fecha 18/09/2024 AL 22/09/2024	54
Tabla 12 Concentración de Material Particulado PM10 fecha 18/09/2024 AL 22/09/2024	55



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 1 parque 2 Vilcapaza.....	41
Figura 2 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 2 parque 2 Vilcapaza.....	42
Figura 3 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 3 parque 2 Vilcapaza.....	43
Figura 4 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 4 parque 2 Vilcapaza.....	43
Figura 5 Ubicación Google Maps Punto de muestreo 5 parque 2 Vilcapaza.....	44
Figura 6 Instalación de los filtros a muestreador HiVol.....	48
Figura 7 Gráfico de dispersión con regresión lineal simple de los vehículos registrados en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca	50
Figura 8 Gráfico de dispersión con regresión lineal simple de los vehículos registrados en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca.....	51
Figura 9 Concentración de plomo en 24 horas mediante el diagrama de barras.....	54
Nota. En el D.S. N° 003-2017-MINAM no establece para el plomo límite diario específico.	54
Figura 10 Concentración de Material Particulado PM10 en 24 horas	56



RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el grado de contaminación del aire por plomo y material particulado (PM₁₀) en el Parque 2 de Vilcapaza durante el mes de septiembre de 2024. La investigación fue de tipo aplicada, con un diseño no experimental, nivel descriptivo y enfoque cuantitativo. Para la recolección de muestras de aire se utilizó un muestreador de alto volumen tipo HiVol, el cual permitió capturar partículas totales en suspensión sobre filtros de fibra de vidrio. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un proceso de digestión ácida para su análisis. La determinación de la concentración de plomo se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica (AAS), mientras que la concentración de PM₁₀ se calculó gravimétricamente, pesando los filtros antes y después del muestreo en una balanza analítica de alta precisión. Los resultados revelaron que las concentraciones de PM₁₀ y plomo superaron los valores máximos establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, correspondiente a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire. En el caso del PM₁₀, se registraron niveles de hasta 118.5 µg/m³, excediendo el límite diario de 100 µg/m³. En cuanto al plomo, se obtuvo una concentración máxima de 1.7 µg/m³ el 19 de septiembre, superando el valor mensual de 1.5 µg/m³. Una medición adicional realizada el 10 de junio de 2025 arrojó un valor de 1.4 µg/m³, lo cual confirma la continuidad del problema. Las fuentes principales de esta contaminación fueron el tráfico vehicular elevado (mototaxis, vehículos particulares, transporte urbano y pesado), las obras de construcción cercanas y la actividad comercial informal. Todos estos factores, junto a la falta de control ambiental, contribuyen de manera significativa a la degradación de la calidad del aire en el Parque 2 de Vilcapaza.

Palabras clave: contaminación del aire, Espectrofotometría de absorción atómica, HiVol, PM₁₀, plomo, tráfico vehicular, calidad del aire, Estándares de Calidad Ambiental



ABSTRACT

This research project, entitled "Determination of lead and particulate matter concentrations in Park 2 of Vilcapaza, Juliaca, 2024," was carried out in the city of Juliaca, located at 3,824 m above sea level, in Puno, region of Peru. The overall objective was to determine the degree of air pollution by lead and particulate matter (PM₁₀) in Park 2 of Vilcapaza during the month of September 2024. The research was applied, with a non-experimental design, a descriptive level, and a quantitative approach. A HiVol high-volume sampler was used to collect air samples, which captured total suspended particles on fiberglass filters. The samples were subsequently subjected to an acid digestion process for analysis. Lead concentrations were determined using atomic absorption spectrophotometry (AAS), while PM₁₀ concentrations were calculated gravimetrically by weighing the filters before and after sampling on a high-precision analytical balance. The results revealed that PM₁₀ and lead concentrations exceeded the maximum values established in Supreme Decree No. 003-2017-MINAM, corresponding to the Environmental Quality Standards (ECA) for air. In the case of PM₁₀, levels of up to 118.5 µg/m³ were recorded, exceeding the daily limit of 100 µg/m³. Regarding lead, a maximum concentration of 1.7 µg/m³ was recorded on September 19, exceeding the monthly value of 1.5 µg/m³. An additional measurement taken on June 10, 2025, yielded a value of 1.4 µg/m³, confirming the ongoing problem. The main sources of this pollution were heavy vehicular traffic (motorcycle taxis, private vehicles, urban and heavy transport), nearby construction sites, and informal commercial activity. All of these factors, along with the lack of environmental controls, contribute significantly to the deterioration of air quality in Vilcapaza Park 2.

Keywords: air pollution, atomic absorption spectrophotometry, HiVol, PM₁₀, lead, vehicular traffic, air quality, Environmental Quality Standards



INTRODUCCIÓN

La polución atmosférica representa una dificultad importante crítico que afecta tanto a el bienestar de la población como para el entorno natural en diversas regiones del mundo. En particular, el tráfico vehicular, especialmente en áreas urbanas, representa una fuente significativa de contaminantes atmosféricos. En el contexto del Parque 2 de Vilcapaza, ubicado en Juliaca, este problema se ha vuelto cada vez más alarmante. En este contexto, se realizó una investigación para analizar las concentraciones de material particulado (PM10) y plomo en el aire, utilizando el muestreador de partículas HiVol PM10. Los hallazgos obtenidos mostraron que las concentraciones de ambos contaminantes superaron los límites establecidos por el D. S. N° 003-2017-MINAM, lo que indica una grave contaminación del aire en la zona.

CAPITULO I: Encontramos la introducción, se presenta el planteamiento del problema, que incluye los objetivos, hipótesis y justificación de la investigación.

CAPITULO II: Aborda el marco teórico que respalda el estudio, analizando antecedentes relevantes sobre la calidad del aire a nivel internacional, nacional y local.

CAPITULO III: La metodología empleada, incluyendo el diseño del estudio, las técnicas e instrumentos utilizados, y el proceso de recolección de datos.

CAPITULO IV: Se presentan los resultados del muestreo de PM10 y plomo, seguido de un análisis de estos datos y sus efectos sobre el bienestar de la comunidad. Finalmente, se concluye con recomendaciones orientadas a mitigar la contaminación del aire en el Parque 2 de Vilcapaza.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

El plomo es una sustancia altamente tóxica que se deposita en el cuerpo y afecta a varios sistemas. La contaminación por plomo surge debido a su amplio uso en diversas industrias, lo que ha resultado en una significativa contaminación ambiental. Esto expone a las personas a niveles peligrosos de plomo, especialmente a los niños, cuya exposición puede afectar tanto su desarrollo cognitivo como físico (Ávalos, 2023). Además, el material particulado se refiere a partículas finas con un diámetro menor a 10 micrómetros (PM10); las partículas aún más diminutas (PM2.5) pueden ingresar profundamente en los pulmones y afectar tanto el sistema respiratorio como el cardiovascular (EPAEU, 2024).

La contaminación por plomo y material particulado plantea riesgos considerables para la salud de las personas a nivel global. Un informe conjunto de UNICEF y la ONG Pure Earth revela que 1 de cada 3 niños a nivel mundial muestra niveles de plomo en sangre iguales o superiores a 5 microgramos por decilitro ($\mu\text{g}/\text{dL}$), cifra que requiere intervención, según la OMS (2022). La Organización Mundial de la Salud (2021) destaca que casi la mitad de los dos millones de muertes atribuidas a la exposición a sustancias químicas en 2019 fueron causadas por el plomo. La exposición temprana a este metal tóxico puede generar problemas mentales y físicos duraderos, e incluso puede ser fatal. En Estados Unidos, se



estima que la contaminación por plomo ocasiona el fallecimiento prematuro de alrededor de 5,5 millones de habitantes anualmente (Horn, 2024).

En América, se ha observado en diversos estudios que el contacto prolongado al plomo está vinculado a discapacidades cognitivas en niños, así como con alteraciones en los sistemas metabólico, inmunológico e incluso genético. Investigaciones realizadas en México, Brasil y Uruguay han señalado que esta contaminación se debe a la exposición a desechos electrónicos, al reciclaje de pilas y a la producción de cerámica esmaltada. La situación es particularmente alarmante en México; un estudio del Centro de Investigación en Nutrición y Salud del Instituto Nacional de Salud Pública (Téllez, 2022) estimó que, entre los niños de 1 a 4 años, el 17,5% (aproximadamente 1,4 millones) presenta niveles de intoxicación por plomo. En Montevideo, Uruguay, se encontró que, entre una muestra de 259 escolares, los niveles de plomo en sangre alcanzaban hasta 9,19 $\mu\text{g}/\text{dl}$. En Tasajera, Colombia, se llevó a cabo un estudio que involucró a 554 individuos de una comunidad dedicada a la pesca de edades comprendidas entre 5 y 16 años, reveló un promedio de 8,9 $\mu\text{g}/\text{dl}$ de plomo en sangre (Barrera, 2021).

Perú enfrenta una severa crisis de contaminación del aire, siendo el plomo uno de los principales agentes responsables. Según un informe de IQAir (2021), el país se sitúa en Ocupa el primer puesto en América Latina en cuanto a la poor calidad del aire. La Organización Mundial de la Salud establece que la concentración anual de PM_{2.5} no debería exceder los 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgramos por metro cúbico); sin embargo, en Perú, este nivel alcanza los 29,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que representa siete veces más de lo que se considera seguro (MINSa, 2023). En Lima, se inhala diariamente Más de 10,000 litros de aire, que contienen entre 100 mil millones y 10 billones de partículas suspendidas. El verdadero riesgo radica en la composición química de estas partículas, incluyendo el plomo, que se vincula con la disminución de la función cognitiva. Esto puede llevar a problemas como retraso mental,



baja estatura, pérdida de audición, dificultades de comportamiento y trastornos en el desarrollo neuropsicológico. En niños en edad escolar y preescolar, se han documentado descensos en el coeficiente intelectual (Vivanco, 2022). Las ciudades más perjudicadas por la contaminación del aire en Perú son Lima, Arequipa, Trujillo, Chiclayo y Piura. Esta polución es principalmente

Al llegar los productos al término de su vida útil (Chuquiya, 2021), Juliaca se enfrenta a un problema significativo de gestión de residuos. La ciudad genera una gran cantidad de basura y, según la Gerencia de Recursos Naturales del Gobierno Regional de Puno, ocupa Se encuentra en la sexta posición a nivel nacional en la generación de residuos. La contaminación ambiental en Juliaca se vincula directamente con la acumulación de basura y las emisiones de gases nocivos (Zea, 2023).

Esta situación se ve exacerbada por la quema de combustibles fósiles, actividades industriales, el tráfico de vehículos, el uso excesivo de pesticidas y las emisiones provenientes del transporte, las cuales representan algunas de las principales fuentes de contaminación, sobre todo en las zonas urbanas de Lima (Gonzales, 2022).

En los parques 2 de Vilcapaza Juliaca, se observa que los niveles de plomo y el material particulado son significativos para causar algún tipo de daño a los vecinos, comerciantes y estudiantes cercanos a la zona del estudio. Se desea realizar un análisis exhaustivo sobre la concentración de plomo y partículas en el aire.

Si la contaminación del aire en la zona de estudio no se aborda de manera adecuada, se anticipa un incremento en las complicaciones de salud asociadas con la exposición al plomo y a las partículas finas. Esto impactaría negativamente la calidad de vida de los residentes, comerciantes y podría acarrear repercusiones económicas y sociales. Abordar la concentración de plomo en el aire y el material particulado es fundamental para evitar estas serias consecuencias. Los niños son especialmente sensibles a la exposición al plomo, lo que



puede conducir a retrasos en el desarrollo mental. Disminución del coeficiente intelectual, dificultades de aprendizaje y desórdenes del comportamiento. Asimismo, puede afectar la capacidad auditiva en niños y adultos, impactando su calidad de vida y habilidades comunicativas.

Para abordar el problema de la concentración de plomo en el aire y del material particulado, es esencial llevar a cabo un conjunto de soluciones integrales y sostenibles. En primer lugar, se debe reforzar la normativa y el control sobre las emisiones industriales, estableciendo límites y llevando a cabo un monitoreo constante de las fuentes de contaminación. Además, fomentar La adopción de tecnologías más limpias y eficaces en la industria puede disminuir notablemente las emisiones de plomo. En el sector del transporte, promover el uso de combustibles menos contaminantes y opciones de transporte público sostenible, así como establecer zonas de bajas emisiones, ayudará a reducir los niveles de material particulado. También es crucial implementar programas de educación y sensibilización pública sobre los peligros de la contaminación por plomo y la importancia de adoptar prácticas más sostenibles.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el grado de contaminación del aire por plomo y material particulado en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca?

1.2.2. Problema específico

- 1) ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación vehicular que contribuyen a la emisión de plomo y material particulado en el aire del Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024?
- 2) ¿Cuál es nivel de concentración de plomo y material particulado (PM10) en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024?



- 3) ¿Qué acciones se pueden tomar para reducir la contaminación de plomo y material particulado en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar cuál es el grado de contaminación del aire por plomo y material particulado en el Parque 2 de Vilcapaza.

1.3.2. Objetivos específicos

- 1) Determinar cuáles son las principales fuentes de contaminación vehicular que contribuyen a la emisión de plomo y material particulado en el aire del Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024
- 2) Determinar el nivel de concentración de plomo y material particulado (PM10) en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024
- 3) Determinar las acciones para reducir la contaminación de plomo y material particulado en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación

La contaminación por plomo y material particulado se ha convertido en un problema ambiental y de salud pública que ha recibido creciente atención en los últimos años debido a sus efectos graves sobre el bienestar humano y el entorno. El plomo, un metal pesado extremadamente tóxico, junto con las partículas en suspensión (material particulado), son contaminantes del aire que pueden tener efectos duraderos y perjudiciales en la salud, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, mujeres embarazadas y personas con condiciones crónicas.

La exposición al plomo se ha asociado con trastornos neurológicos, daños en los riñones y problemas cardiovasculares. Por su parte, el material particulado, según su tamaño,



puede penetrar en las vías respiratorias y alcanzar los pulmones, provocando enfermedades respiratorias y cardiovasculares, e incluso incrementando el riesgo de cáncer. Estas consecuencias no solo disminuyen. El bienestar de las personas afectadas, además de implicar un impacto económico significativo para los sistemas de salud.

El objetivo de esta investigación es contribuir al conocimiento existente sobre la contaminación por plomo y material particulado, identificando las principales fuentes de estos contaminantes, evaluando sus niveles en diversas áreas de estudio y analizando Sus impactos en la salud de la comunidad. Los hallazgos obtenidos pueden servir como base para implementar medidas correctivas y preventivas que reduzcan la exposición a estos contaminantes peligrosos, fomentando un entorno más saludable y seguro para todos.

Asimismo, la justificación metodológica de este estudio se centra en la necesidad de identificar qué grado de concentración hay de plomo y material particulado en el parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024. El objetivo es obtener resultados confiables y relevantes que contribuyan al conocimiento y a la toma de decisiones en el ámbito de la salud pública y el medio ambiente.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

El grado de contaminación del aire por plomo y material particulado (PM_{10}) en el Parque 2 de Vilcapaza excede los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental peruana debido a la influencia de fuentes vehiculares y condiciones urbanas desfavorables.

1.5.2. Hipótesis específico

- 1) La concentración elevada de plomo y material particulado (PM_{10}) en el aire del Parque 2 de Vilcapaza está significativamente asociada al alto flujo vehicular los cuales constituyen fuentes primarias e indirectas de emisiones contaminantes.



- 2) Las concentraciones de plomo y PM₁₀ en el Parque 2 de Vilcapaza superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por la normativa peruana, evidenciando un riesgo significativo para la salud pública.
- 3) La implementación de medidas como el control de tránsito vehicular, la gestión de emisiones durante actividades de construcción y la incorporación de áreas verdes permitirá reducir significativamente los niveles de plomo y material particulado en el aire del Parque 2 de Vilcapaza.

1.6. Variable

1.6.1. Operación de variables

Tabla 1

Variables de la investigación

VARIABLES	DIMENSIÓN ANALISIS	DE INDICADORES	UNIDAD
Variable de caracterización	Laboratorios de calidad ambiental	Pb	(µg)
Plomo			
Material particulado (Pm10)		Pm10	(m3)
Variable de interés	Estándares de calidad Ambiental (ECAS)	Pb	
Grado de contaminación en el aire		Pm10	(µg/m3)



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *A nivel internacional*

Lizalde & Merino (2021) desarrollaron una tesis titulada “Estudio sobre la Determinación y Caracterización del Material Particulado Sedimentable Generado por Actividades Antrópicas en el Perímetro Urbano del Cantón Chambo”. El objetivo de esta investigación fue analizar las partículas suspendidas en el aire que se deposita presente en el entorno urbano del Cantón Chambo, considerando las actividades humanas como fuente de emisión. Se buscó caracterizar la composición y concentración de estas partículas y analizar su efecto en la calidad del aire. Para llevar a cabo esta investigación, se emplearon diferentes enfoques metodológicos. Se recolectaron muestras de material particulado sedimentable en áreas representativas del cantón. Las muestras se analizaron para determinar la cantidad de material sedimentado. Se utilizaron técnicas como espectroscopía de absorción atómica para identificar los elementos presentes en las partículas. Se entrevistó a residentes y autoridades locales para comprender las actividades antrópicas que podrían contribuir al material particulado. Se observaron áreas con mayor actividad humana, como calles con tráfico vehicular y zonas industriales. Se describió la composición química de las partículas sedimentables. Se identificaron las principales fuentes de emisión (como vehículos, industrias y construcciones). Este estudio no fue experimental. La población objetivo incluyó áreas urbanas del Cantón Chambo y las personas expuestas a la



contaminación del aire. La técnica principal fue la recolección de muestras de material particulado. Se utilizaron microscopios y análisis químicos para caracterizar las partículas. Se identificaron elevadas concentraciones de partículas en suspensión en zonas próximas a fuentes emisoras. Los valores registrados de partículas sedimentables excedieron los límites establecidos en los estándares de calidad del aire. El estudio sobre la concentración de material particulado suspendido (MPS) reflejó estos hallazgos en la zona de estudio determinó que las estaciones 2 y 3 presentaron la mayor cantidad de MPS (0.57 mg/cm²/mes) lo cual sobrepasa el límite máximo permisible establecido por la OMS (0.5 mg/cm²/mes). En conclusión, esta investigación destaca la relevancia de controlar las actividades antrópicas Para disminuir la contaminación atmosférica en el Cantón Chambo.

Manrique (2024) llevó a cabo el estudio que se tituló "Análisis de las Concentraciones de Material Particulado MP2.5 y MP10 en Cinco Paradas de la Metrovía de la Ciudad de Guayaquil". El objetivo principal fue examinar los niveles de material particulado MP2.5 y MP10 en las estaciones de la Metrovía. Este estudio adoptó un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo. La población en la que se centró el estudio estuvo formada por las paradas de la Metrovía en Guayaquil. Los resultados indicaron que los valores promedio de nivel de PM10 fluctuaron entre 43,69 y 19,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que las PM2.5 presentaron un promedio de 14,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se determinó que los niveles de material particulado en las estaciones de la Metrovía en Guayaquil son altos y representan un riesgo para la salud pública.

Por otro lado, Alfonzo (2019) desarrolló una tesis en Colombia titulada "Emisiones de Material Particulado de los Vehículos en Bogotá: Estrategias de Gestión Ambiental para su Mitigación". El objetivo principal fue estudiar las emisiones que se generaron de material particulado generadas por los vehículos en la ciudad de Bogotá. La investigación utilizó una metodología cuantitativa o mixta, y la población estudiada incluyó los vehículos en



circulación en la ciudad. Los hallazgos mostraron que un vehículo diésel libera entre 45 y 80 Genera una cantidad de partículas que es múltiplo de la masa producida por un vehículo a gasolina con igual potencia y en condiciones similares. Además, un camión diésel emite entre 100 y 200 veces más partículas que los automóviles a gasolina. Según los datos recabados en las estaciones de monitoreo de calidad del aire, se concluye que las concentraciones promedio de PM10 y PM2.5 superan los límites fijados por la OMS.

A pesar de que, según la categorización de calidad del aire sugerida por el ICA, en promedio todas las estaciones muestran una buena calidad en relación con PM2.5, la situación es distinta, ya que estas partículas se depositan en los alvéolos pulmonares de las personas y pueden provocar enfermedades graves debido a la elevada exposición.

2.1.2. A nivel nacional

Perales (2020) desarrollo un trabajo titulado “Estudio sobre Niveles de Plomo en el Suelo de Áreas de Recreación Infantil Afectados por el Parque Automotor y Riesgos en la Salud de los Niños de la Ciudad de Cajamarca – 2019”. El objetivo de esta investigación fue examinar las concentraciones de plomo en el suelo de áreas recreativas para niños en Cajamarca, específicamente aquellos afectados por las emisiones del parque automotor, y analizar los riesgos para la salud de los menores de edad que juegan en estos espacios. Se utilizo una metodología híbrida que integra métodos cuantitativos y cualitativos. Se seleccionarán áreas de recreación infantil en Cajamarca que estén cerca de vías con alto tráfico vehicular. Se entrevistó a padres, cuidadores y autoridades locales para comprender sus percepciones sobre la contaminación del suelo y los riesgos para los niños. Los investigadores observaron las áreas de recreación y registrarán condiciones ambientales y comportamientos de los menores de edad. Se describió la presencia de plomo en el suelo y su relación con la actividad vehicular. El estudio no es experimental. La técnica principal fue la recolección de muestras de suelo en áreas específicas. Se utilizó espectrofotómetros



de absorción atómica para medir los niveles de plomo en las muestras. Como resultado se encontró niveles significativos de plomo en el suelo de áreas cercanas al tráfico vehicular. Los niveles de plomo en el suelo de las zonas recreativas para niños fueron los siguientes, en Amauta, se registró un promedio de 36,99 mg/kg, con un rango de 47,46 mg/kg a 26,51 mg/kg; en Ramón Castilla, el promedio fue de 32,90 mg/kg, con un rango de 39,49 mg/kg a 26,31 mg/kg; y en Santa Rosa de Lima, el promedio observado fue de 20,03 mg/kg, con un rango de 20,92 mg/kg a 19,13 mg/kg. Estos valores se consideran bajos, ya que están por debajo del límite de 140 mg/kg establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para suelos en parques, según el Ministerio del Ambiente del Perú.

Chomba y Valerio (2021) llevaron a cabo un estudio titulado "Evaluación de la Calidad del Aire en Escenarios de Congestión Vehicular Provenientes del Parque Automotor en el Distrito de San Borja (2021)". El propósito de la investigación fue analizar la calidad del aire en áreas con alta congestión de tráfico en el distrito de San Borja, enfocándose en las zonas impactadas por las emisiones del tráfico. Se intentó comprender los niveles de contaminantes y las repercusiones que generan en el bienestar de la población. La metodología empleada fue mixta, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos. Se seleccionaron puntos estratégicos en San Borja con alta densidad de vehículos, donde se evaluaron los niveles de contaminantes en el aire, incluyendo partículas PM_{2.5}, PM₁₀, óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO). Se analizaron los datos recopilados para detectar patrones y tendencias. Además, se llevaron a cabo entrevistas con residentes, conductores y autoridades locales para comprender sus opiniones sobre la calidad del aire y los problemas de tráfico.

El estudio se desarrolló en un marco no experimental, y la población objetivo abarcó a residentes, trabajadores y visitantes del distrito, así como a aquellos expuestos a la congestión vehicular. La técnica principal fue la medición directa de contaminantes en



puntos específicos, utilizando dispositivos para monitorear la calidad del aire y registrar las concentraciones de estos contaminantes. Los resultados mostraron altos niveles de partículas PM_{2,5} y PM₁₀ en las áreas congestionadas. Las zonas con alta congestión vehicular se identifican por un tráfico denso en las vías principales y una mayor afluencia de personas. No obstante, al revisar los parámetros de calidad del aire, se observó que se hallaban dentro de los límites fijados por el DS 003-2017 MINAM, lo que sugiere que la calidad del aire se mantiene estable y no representa un riesgo para la salud pública ni para el medio ambiente. Aun así, los datos meteorológicos indican que los contaminantes generados por la congestión vehicular se desplazan hacia el sureste del punto de monitoreo, dirigiéndose hacia las viviendas cercanas al área de estudio en San Borja. Se concluyó que la investigación brindará datos importantes para la planificación urbana y la aplicación de medidas que disminuyan la contaminación del aire en San Borja.

2.1.3. A nivel local

Chuquiya (2021) realizó una tesis titulada “Estudio sobre la Contaminación del Aire por el Parque Automotor de Vehículos Menores de la Categoría L5 y su Incidencia en el Impacto Vial en la Ciudad de Juliaca”, El propósito de este estudio fue examinar la contaminación del aire causada por los vehículos menores de la categoría L5 (como motocicletas y mototaxis) en Juliaca y su impacto en la congestión vial. La metodología que se utilizó fue mixta que combina enfoques cuantitativos y cualitativos, como muestra se seleccionó una muestra representativa de vehículos L5 en Juliaca. La población objetivo incluyó todos los vehículos L5 registrados en Juliaca y los residentes que se ven afectados por la congestión vial y la contaminación. Se midieron las emisiones de gases contaminantes (como CO, NO_x, partículas PM_{2,5} y PM₁₀) de estos vehículos. Se analizaron la información recolectada para reconocer patrones y tendencias. Se realizaron entrevistas con conductores, pasajeros y peatones para comprender sus percepciones sobre la contaminación y el tráfico.



Los investigadores observarán el tráfico y la calidad del aire en diferentes momentos del día. El enfoque descriptivo se hizo describiendo la situación actual de la contaminación del aire y la congestión vial en Juliaca. Fue un estudio no experimental. Se utilizaron dispositivos sensores de gases para realizar las mediciones de las emisiones de los vehículos. De los resultados se encontraron altos niveles de emisiones de gases contaminantes, especialmente en áreas de alta densidad vehicular. Los datos cuantitativos permitieron identificar las zonas más afectadas por la contaminación. En conclusión, el estudio brindó información valiosa para la elaboración de decisiones en políticas públicas y la adopción de estrategias para disminuir la contaminación del aire y mejorar la movilidad en Juliaca.

Quispe (2023) llevó a cabo una investigación titulada "Evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado menor a 10 micras, metales y metaloides en zonas de alto tránsito vehicular - Juliaca, 2021". El propósito principal fue analizar la contaminación del aire por PM10, metales y metaloides en zonas con intenso tráfico vehicular en el distrito de Juliaca. Se adoptó un enfoque basado en métodos cuantitativos, utilizando un diseño de corte transversal y carácter no experimental. La población estudiada fue la cuenca atmosférica de Juliaca. Se llevaron a cabo muestreos en tres áreas de intenso tráfico vehicular, abarcando cuatro puntos de monitoreo, tanto en época de sequía como en temporada de lluvias. La medición de PM10 se llevó a cabo mediante el método gravimétrico, y los metales y metaloides fueron analizados utilizando espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Las condiciones meteorológicas se monitorearon con una estación meteorológica Vantage Pro 2.

Los resultados mostraron un PM10 promedio de $107.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la estación seca y $63.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación húmeda, además de concentraciones promedio de Cu, Fe, Mn y Zn. Se concluyó que las concentraciones de PM10 sobrepasan los parámetros internacionales establecidos por la OMS, que es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, en la estación



húmeda, los niveles no exceden el límite establecido por la legislación nacional, que es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10. Los metales y metaloides analizados cumplieron con los criterios internacionales de calidad del aire ambiental.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Concentración de plomo en el aire*

La exposición al plomo ocurre cuando una persona inhala aire contaminado con vapores o partículas provenientes de diversas fuentes industriales, consume agua o polvo con residuos de estas emisiones, o entra en contacto con superficies contaminadas (Bautista et al., 2023). Asimismo, las personas que trabajan en ocupaciones relacionadas con el uso o la emisión de plomo pueden trasladar partículas desde su lugar de trabajo hacia el hogar, lo que incrementa el riesgo de exposición, especialmente en niños que habitan en ese entorno (Bautista et al., 2023).

El plomo es un elemento químico clasificado como metal pesado debido a sus efectos tóxicos en los organismos. Además, se considera un metal ubicuo, ya que puede encontrarse en el agua, el suelo, los cultivos y el aire como consecuencia de los procesos de industrialización (Romero et al., 2022):

- La intoxicación por plomo que se conoce como saturnismo, un término acuñado por los alquimistas que asociaban el origen de todos los metales.
- El metal genera bioacumulación en diversos tejidos vegetales y animales, lo que provoca un fenómeno de biomagnificación a través de las redes tróficas, resultando en la ingesta de alimentos contaminados.
- El plomo es un contaminante que se encuentra en el medio ambiente, en el ámbito laboral y en la vida cotidiana, dado que se halla en construcciones antiguas, tuberías y pinturas.



El plomo es un metal denso de apariencia plateada con un matiz azulado, que al exponerse a la oxidación adquiere una tonalidad gris opaca. Se caracteriza por ser maleable, resistente a la deformación y con un punto de fusión bajo. Su uso extendido a lo largo de la historia ha favorecido su acumulación en el organismo humano, lo cual representa un riesgo para la salud pública (Narváez, 2020) por lo cual:

- La exposición al plomo sugiere que una persona que consume una cantidad significativa de este metal puede sufrir daños en los riñones, huesos, sistema hematológico y sistema nervioso central, mostrando síntomas como convulsiones, edema cerebral e incluso la muerte.

Se estima que aproximadamente 27 metales son tóxicos en distintas proporciones, siendo los más peligrosos en el aire el mercurio (Hg), níquel (Ni), cadmio (Cd), plomo (Pb), berilio (Be) y antimonio (Sb), cuyas emisiones provienen principalmente de fuentes industriales (Trujillo et al., 2019). En relación con la contaminación, los metales pesados tienen efectos nocivos sobre la salud humana y pueden afectar diversos órganos (Trujillo et al., 2019).

Las personas pueden estar expuestas a estos metales a través de diferentes vías, como la inhalación de aire contaminado y la ingestión de alimentos y agua. La exposición a elementos como el plomo (Pb), mercurio (Hg) y cadmio (Cd) puede desencadenar múltiples enfermedades, incluyendo afecciones cardiovasculares, renales, hematológicas, óseas y del sistema nervioso (Martínez, 2020).

2.2.1.1. Tipos de plomo y formas químicas

El plomo atmosférico se presenta principalmente en formas inorgánicas. Entre las más comunes están el óxido de plomo (PbO), el sulfato de plomo (PbSO₄) y el cloruro de plomo (PbCl₂), que suelen estar adheridas a partículas finas suspendidas en el aire (WHO, 2000). También existen formas orgánicas, como el



tetraetilo de plomo ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$), anteriormente utilizado como aditivo en gasolinas, hoy en desuso por sus elevados niveles de toxicidad (Nriagu, 1990).

2.2.1.2. Fuentes de emisión del plomo en el aire

El plomo llega a la atmósfera a través de fuentes antropogénicas y naturales. Las principales fuentes antropogénicas incluyen la quema de combustibles fósiles, la fundición de metales, la fabricación de baterías, la pintura con base de plomo, las actividades de reciclaje y los procesos industriales (EPA, 2022). En zonas urbanas, el tránsito vehicular y las construcciones también contribuyen a la emisión de partículas con plomo. Las fuentes naturales incluyen la erosión de minerales que contienen plomo y la actividad volcánica (Pacyna & Pacyna, 2001).

La exposición humana al plomo puede ocurrir tanto en contextos laborales como en la vida cotidiana. Dicha exposición se produce principalmente por la inhalación de partículas liberadas durante la combustión de materiales que contienen este metal, así como por la ingesta de polvo, agua o alimentos contaminados (Ávalos, 2023).

En relación con la contaminación alimentaria, se ha identificado que el agua de riego constituye una fuente relevante de contaminación en hortalizas frescas. Estudios han detectado residuos de plomo en diversos alimentos, tales como fresas, papas y yucas, así como en jugos industriales elaborados con caña de azúcar, guayaba, toronja, piña y tomate (Ávalos, 2023).

Por su parte, Salas et al. (2019) señalan que el plomo es un elemento natural ampliamente distribuido en el medio ambiente. Puede encontrarse en suelos agrícolas, en el polvo, en cuerpos de agua como océanos, ríos y lagos, así como en la atmósfera, producto de emisiones antropogénicas como las relacionadas con



aditivos para gasolina. Además, este metal está presente en procesos industriales, fuentes residenciales y a lo largo de la cadena de suministro alimentaria.

2.2.1.3. Comportamiento y dinámica del plomo en la atmósfera

Una vez liberado, el plomo puede permanecer suspendido en el aire como parte del material particulado (principalmente en fracciones menores a 10 micras, como el PM10 y PM2.5). Estas partículas son transportadas por el viento y pueden depositarse en el suelo o el agua mediante procesos de sedimentación seca o precipitación húmeda (Valavanidis et al., 2008). El tamaño de la partícula influye en su permanencia en el aire: mientras más pequeñas, mayor es su tiempo de suspensión y su capacidad para penetrar en el organismo humano.

2.2.1.4. Influencia ambiental y deposición del plomo

El plomo liberado a la atmósfera, ya sea por fuentes antropogénicas o naturales, eventualmente se deposita en el medio ambiente a través de dos mecanismos principales: deposición seca (caída directa de partículas al suelo por gravedad o adherencia a superficies) y deposición húmeda (lavado de las partículas por medio de la lluvia, nieve o niebla). Una vez depositado, el plomo puede permanecer activo en el ambiente durante largos periodos debido a su alta persistencia y baja degradabilidad (Valavanidis et al., 2008).

En los suelos, especialmente en los urbanos y agrícolas cercanos a fuentes industriales o de tráfico intenso, el plomo se acumula en la capa superficial. Allí puede interferir con la actividad microbiológica del suelo, alterar el pH y afectar negativamente los ciclos biogeoquímicos. Este metal pesado es absorbido por las raíces de las plantas, principalmente en su forma soluble, lo que facilita su incorporación a la cadena trófica a través del consumo de cultivos contaminados (Kabata-Pendias & Pendias, 2001).



En los cuerpos de agua, el plomo llega principalmente por escorrentía o arrastre de partículas contaminadas desde zonas terrestres. Una vez en el medio acuático, puede adsorberse a sedimentos o permanecer en la columna de agua. Su presencia representa un riesgo considerable para la fauna acuática, ya que puede afectar funciones vitales como la reproducción, la osmorregulación y la actividad enzimática en peces, anfibios, crustáceos y moluscos. Además, debido a sus propiedades bioacumulativas, el plomo puede acumularse en tejidos animales e incrementar su concentración a lo largo de la cadena alimentaria acuática, lo que representa un riesgo también para los humanos que consumen estos organismos (UNEP, 2010; WHO, 2000).

En la vegetación, la acumulación de plomo puede dañar procesos fisiológicos fundamentales, como la fotosíntesis, la respiración celular y la absorción de nutrientes. Se ha evidenciado que las plantas expuestas a plomo presentan reducción en el crecimiento, clorosis, necrosis foliar y disminución del rendimiento agrícola (Sharma & Dubey, 2005).

A nivel ecológico, la deposición de plomo altera la biodiversidad, reduce la productividad primaria y puede conducir a la desaparición local de especies sensibles. En contextos urbanos e industriales, también se ve comprometida la calidad del aire y del agua potable, lo cual genera costos económicos elevados por tratamientos ambientales y sanitarios (Romero et al., 2022). De esta forma, la contaminación por plomo no solo representa un problema de salud pública, sino también un desafío para la sostenibilidad ambiental.

2.2.1.5. Efectos en la salud humana

La exposición al plomo representa un riesgo importante para la salud. La vía de exposición más relevante es la inhalación de aire contaminado, especialmente en



áreas urbanas e industriales. Alrededor del 50 % del plomo inhalado puede ingresar al torrente sanguíneo (Romero et al., 2022). Una vez en el organismo, el plomo se distribuye en la sangre, los tejidos blandos y el sistema óseo, donde puede permanecer por décadas. En niños, la exposición incluso a bajos niveles está relacionada con alteraciones neurológicas, retraso cognitivo, déficit de atención, disminución del coeficiente intelectual y problemas de comportamiento. En adultos puede causar daño renal, hipertensión, problemas reproductivos y efectos neurodegenerativos (WHO, 2019; ATSDR, 2020).

2.2.1.6. Instrumentos de medición del plomo en el aire

Para cuantificar el plomo en el aire se utilizan técnicas como la espectrometría de absorción atómica (AAS) y la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), tras la recolección de partículas con filtros a través de equipos como el muestreador de alto volumen (HiVol). Este dispositivo emplea un cabezal PM10 y un filtro de fibra de cuarzo o vidrio para atrapar las partículas en un periodo de 24 horas. Posteriormente, las muestras son analizadas en laboratorio (EPA, 2016). La precisión de la medición depende del tipo de filtro, el tiempo de muestreo y el control del flujo de aire.

2.2.1.7. Normativa

En el Perú, el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM establece el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aire, fijando como valor máximo para el plomo $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual. Este límite es coherente con lo dispuesto por la Organización Mundial de la Salud, que define el mismo valor como umbral de exposición segura (MINAM, 2017; WHO, 2000).



2.2.1.8. Principales Teorías

a) Teorías de Impacto Ambiental

Las teorías ambientales y geográficas permiten explicar cómo los elementos del entorno influyen en la distribución del plomo en diferentes áreas o comunidades. Asimismo, las teorías económicas y políticas facilitan la comprensión del papel que desempeñan las políticas públicas y las decisiones gubernamentales en la concentración de este metal, incluyendo regulaciones ambientales y prácticas industriales (Förster, 2022).

Los impactos ambientales generados por actividades industriales se relacionan principalmente con el tamaño considerable de los depósitos de relaves, su susceptibilidad a la erosión causada por el agua y el viento, las alteraciones que provocan en los cauces naturales de los ríos y la composición físico-química de los desechos, que puede inducir procesos de acidificación en el entorno (Förster et al., 2022).

Desde una perspectiva bioquímica, la alta toxicidad de los metales pesados se debe a la fuerte afinidad de sus formas cargadas positivamente hacia el azufre presente en los grupos sulfhidrilos (R-SH) de las enzimas, las cuales son macromoléculas responsables de catalizar numerosas reacciones esenciales en los organismos vivos (Förster et al., 2022).

b) Toxicidad del Plomo en el Sistema Nervioso

El plomo puede ingresar al cuerpo humano principalmente a través de la inhalación, siendo absorbido por el sistema respiratorio, o mediante la ingestión, a través del tracto gastrointestinal. Una vez en el organismo, su absorción depende de varios factores como la forma del metal, su tamaño, el tiempo de tránsito



gastrointestinal, el estado nutricional y la edad de la persona expuesta (Guapi, 2022).

Este metal es especialmente tóxico para el sistema nervioso, tanto en niños como en adultos. En personas adultas expuestas durante períodos prolongados, la exposición puede reflejarse en un bajo rendimiento en pruebas que evalúan funciones neurológicas. En niveles elevados, el plomo puede causar daños severos al cerebro y los riñones, e incluso provocar la muerte en casos extremos. En mujeres embarazadas, su presencia puede ocasionar abortos espontáneos, mientras que en los hombres puede afectar negativamente los órganos responsables de la producción de espermatozoides (Guapi, 2022).

2.2.1.9. Fuentes de Exposición en Áreas Urbanas

La evaluación de la calidad ambiental debe abarcar diversas matrices como el aire, el suelo, el polvo en suspensión y los alimentos. Es especialmente importante investigar zonas del territorio local que no han sido objeto de monitoreo o vigilancia ambiental, así como implementar o fortalecer sistemas de vigilancia epidemiológico-ambiental que utilicen herramientas geospaciales para el análisis de la información recopilada (Ríos & Villarroel, 2020).

La comprensión de cómo las áreas urbanas están influenciadas por factores ambientales requiere considerar la variabilidad climática tanto a corto como a largo plazo. En este contexto, el consumo energético desempeña un papel clave, ya que está asociado con actividades esenciales como el bombeo de agua potable, el funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales, el transporte de mercancías y el uso de sistemas de climatización y calefacción. Estas acciones son fundamentales para la construcción de infraestructuras urbanas resilientes y para el



diseño de edificaciones duraderas, que permiten a las ciudades enfrentar los efectos del cambio climático y las fluctuaciones ambientales (Sazcha et al., 2020).

La vulnerabilidad urbana se manifiesta en una baja calidad de vida, inseguridad habitacional y deficiencia en el acceso a servicios esenciales, lo cual incrementa los riesgos relacionados con problemas de salud, contaminación y violencia. Estos riesgos también se derivan de la inestabilidad en el suministro de bienes básicos, los cuales abarcan dimensiones sociales, humanas, físicas, financieras y naturales (Ochoa & Guzmán, 2020).

El plomo y otros metales pesados que no cumplen funciones biológicas específicas suelen ser perjudiciales para los organismos vivos. Estos metales pueden ingresar a la cadena alimentaria a través de animales pequeños, facilitando su transferencia al ser humano. Asimismo, la exposición puede producirse en el entorno laboral o domiciliario, principalmente mediante la inhalación de partículas liberadas por la quema de materiales que contienen plomo, así como por el consumo de agua, alimentos o polvo contaminado (Ávalos, 2023)..

2.2.1.10. Impacto en la Salud Pública

La exposición aguda al plomo en concentraciones superiores a 30 $\mu\text{g}/\text{dL}$ durante un corto período se asocia con alteraciones en la función del túbulo proximal renal, lo cual puede generar glicosuria, aminoaciduria e hiperfosfaturia. La exposición continua puede derivar en nefropatía crónica, generalmente irreversible. Además, el plomo interfiere con la función renal y la eliminación de ácido úrico, lo que puede producir hiperuricemia y desencadenar episodios de gota (Ávalos, 2023).

En el sistema cardiovascular, la exposición a concentraciones elevadas de plomo, especialmente en contextos laborales, puede causar hipertensión arterial y enfermedades cerebrovasculares (Ávalos, 2023).



Respecto al sistema sanguíneo, la presencia de plomo en los glóbulos rojos reduce la síntesis del núcleo hemo, lo que disminuye la producción de hemoglobina y genera cuadros de anemia (Ávalos, 2023).

A nivel del aparato gastrointestinal, el plomo afecta las fibras del músculo liso intestinal, provocando cólicos abdominales intensos, también conocidos como cólico saturnino, los cuales pueden alcanzar niveles severos de dolor (Ávalos, 2023).

En cuanto a las políticas y regulaciones, la responsabilidad legal comprende el papel que desempeñan las empresas en relación con el cumplimiento de normas, leyes y regulaciones sociales. En países en desarrollo o emergentes, los aspectos legales o regulatorios tienden a recibir menos atención en comparación con los países industrializados (Mansilla, 2022).

La responsabilidad ambiental, especialmente en el sector minero, representa el compromiso de las empresas con la protección del entorno y la reducción del impacto ambiental de sus operaciones. Estas acciones forman parte de estrategias de gestión ambiental, las cuales incluyen medidas de mitigación y conservación de los ecosistemas (Mansilla, 2022)..

2.2.1.11. Niveles de Plomo en el Aire

Para la evaluación de las concentraciones de plomo en el aire, se ha documentado la utilización del modelo AERMOD, el cual integra módulos de meteorología, cartografía geográfica y urbana, así como la representación de edificaciones en la zona de estudio. Asimismo, en la determinación de plomo presente en suelos contaminados, se puede emplear el modelo Montecarlo. Estas herramientas son consideradas metodológicamente confiables para estimar tanto los niveles de exposición humana como las concentraciones de plomo en distintas matrices ambientales. No obstante, su efectividad depende de la disponibilidad de



datos precisos sobre las concentraciones en las áreas de interés, así como de la capacitación del personal encargado de la implementación y análisis de los modelos, lo que permite disminuir errores y reducir la incertidumbre en las evaluaciones ambientales (Amparo, 2021).

El plomo, aunque ampliamente distribuido en el medio ambiente a causa de procesos naturales y diversas actividades industriales, no cumple ninguna función biológica esencial en el ser humano. La mayoría de investigaciones en América Latina se han centrado en la exposición a fuentes específicas de este metal. Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrentan los países de la región consiste en identificar los efectos del plomo en niños expuestos a fuentes ambientales no identificadas, así como en aquellos que han estado en contacto prolongado con este metal en sus entornos cotidianos (Disalvo et al., 2022).

2.2.1.12. Higiene

Una de las principales causas según Salas et al. (2019) en la intoxicación por plomo son prácticas de higiene inadecuadas a nivel personal y en el hogar, así como malos hábitos como la pica en los niños. Para evitar y disminuir la contaminación causada por este metal, es necesario seguir varias recomendaciones:

- a) Después de haber estado expuesto al plomo en el trabajo, es fundamental ducharse al finalizar la jornada y no llevar la ropa y el calzado usados a casa para proteger a la familia.
- b) Si se reside cerca de zonas con exposición al plomo, es fundamental aumentar la frecuencia del lavado de manos, utensilios de cocina y juguetes, así como llevar a cabo una limpieza profunda en el hogar.
- c) Limpiar las ventanas y los pisos, quitando el hollín con trapos húmedos.



- d) Airear y limpiar la casa de forma regular, empleando agua para prevenir el levantamiento de polvo.

El reciclaje de plomo constituye una fuente significativa de contaminación ambiental y representa riesgos para la salud humana en diversos países, según lo señalado por Blas et al. (2022). Esta problemática ha sido destacada previamente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 2010, el cual advierte que uno de los principales factores contribuyentes es el desconocimiento o uso inadecuado de tecnologías para controlar las emisiones de plomo. En los países en desarrollo, estos procesos industriales suelen ejecutarse en contextos donde existen vacíos normativos o una débil fiscalización, lo que intensifica los impactos negativos tanto para el ambiente como para la salud pública (Blas et al., 2022).

2.2.1.13. Efectos de la Exposición

La exposición al plomo a través de la respiración de partículas puede tener una serie de efectos adversos tanto en la salud de los seres humanos como en el entorno. A continuación, se detallan algunos de estos efectos:

a) Vías de absorción y eliminación:

La principal vía de contacto con el plomo es la respiratoria, donde más del 50 % del plomo inhalado ingresa al torrente sanguíneo después de cincuenta horas de exposición. En contraste, la vía oral solo transfiere aproximadamente entre el 5 % y el 10 % del plomo ingerido a la sangre, mientras que la vía cutánea resulta prácticamente impermeable a este metal. La mayor parte del plomo se elimina por la orina, seguida por las heces, y solo una pequeña fracción se excreta a través de la bilis, la saliva, el sudor e incluso la leche materna. Existe evidencia limitada sobre el



efecto carcinogénico del plomo y sus compuestos inorgánicos en los seres humanos (Romero et al., 2022).

b) Intoxicación por plomo

La intoxicación por plomo según Romero, et al. (2022) ha sido históricamente uno de los primeros riesgos ambientales. Sin embargo, en las culturas egipcia, cretense y sumeria no hay evidencia de una exposición significativa. En la Edad Media, el uso de plomo disminuyó considerablemente.

c) Efectos a la Salud

Algunos metales, como el zinc, son nutrientes esenciales para el organismo humano, desempeñando funciones fisiológicas clave. Sin embargo, la mayoría de los metales no cumplen ninguna función conocida en procesos biológicos y, por ende, se consideran tóxicos si están presentes en él. Los metales pesados tienen una alta afinidad por unirse a moléculas orgánicas, formando complejos con sustancias como las proteínas, y no pueden ser completamente eliminados del organismo una vez que se unen. La exposición a estos metales pesados ha demostrado estar asociada con un deterioro del coeficiente intelectual y puede causar daño generalizado en el cuerpo, afectando especialmente al sistema nervioso central.

2.2.2. Material particulado

La mayoría de los impactos ambientales se deben principalmente al tamaño considerable de los depósitos de relaves, su susceptibilidad a la degradación provocada por el viento y el agua, la modificación que provocan en los cursos de agua naturales, y la estructura física y química de los desechos, que incluye la posibilidad de acidificar el medio ambiente, entre otros efectos.



Desde una perspectiva bioquímica, la toxicidad de los metales pesados se evidencia por la fuerte afinidad de las formas cargadas positivamente de estos metales hacia el sulfuro presente en los grupos sulfhídricos que se encuentran en las enzimas. Las enzimas son macromoléculas responsables de catalizar numerosas reacciones en los organismos vivos.

2.2.2.1. Niveles de material particulado

El material particulado se describe como una forma microscópica de contaminante atmosférico que se compone de partículas tanto sólidas como líquidas (excluyendo el agua pura) suspendidas en la atmósfera. Estas partículas pueden tener su origen en fuentes naturales, como el polvo del desierto, aerosoles marinos y humo de incendios forestales, así como en fuentes antropogénicas, generadas por procesos de combustión, operaciones industriales y sistemas de calefacción colectiva (Rojas & Guerra, 2022).

Las partículas transportadas por el aire han sido vinculadas con un aumento en la tasa de mortalidad y enfermedades. Estas pueden ingresar profundamente en el tracto respiratorio, alcanzando los pulmones y provocando irritaciones, además de otros daños en los órganos respiratorios. Por esta razón, el material particulado PM_{2.5} se considera un indicador clave de los efectos de los contaminantes primarios en la salud pública, lo que resalta la necesidad de implementar medidas para reducir su concentración en las grandes ciudades a nivel mundial (Rojas & Guerra, 2022).

Las partículas suspendidas totales, también conocidas como material particulado, son partículas en estado coloidal que pueden existir en forma líquida, sólida o gaseosa, y son liberadas al ambiente por fuentes como el polvo urbano, el humo industrial y procesos manufacturados (Cuéllar, 2022).



2.2.2.2. Principales Fuentes de Emisión

La medición implica calcular la cantidad de emisiones generadas por una entidad o actividad. Para mitigar estas emisiones, se implementan prácticas más sostenibles y eficientes. Por otro lado, la compensación busca fomentar la captura de carbono de las emisiones remanentes mediante el desarrollo de proyectos que disminuyen las emisiones en otras regiones (Guillén, 2023).

2.2.2.3. Toxicidad del material particulado PM₁₀ en el sistema respiratorio

El material particulado PM₁₀, definido como partículas con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros, representa una seria amenaza para la salud humana debido a su capacidad de penetrar en el sistema respiratorio superior e incluso alcanzar los bronquios. Debido a su tamaño, estas partículas evaden los mecanismos naturales de defensa de las vías respiratorias (como los cilios y el moco nasal), acumulándose en los pulmones e interfiriendo con la función respiratoria normal (Pope & Dockery, 2006).

Numerosos estudios epidemiológicos han demostrado que la exposición a concentraciones elevadas de PM₁₀ está asociada con aumento de enfermedades respiratorias agudas y crónicas, tales como bronquitis, asma, infecciones respiratorias, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), e incluso cáncer de pulmón. En individuos vulnerables, como niños, ancianos y personas con enfermedades preexistentes, se ha documentado una mayor frecuencia de hospitalizaciones, exacerbaciones de síntomas y mortalidad prematura (WHO, 2021).

Las partículas PM₁₀ no solo causan efectos físicos por su tamaño, sino que pueden actuar como vectores de contaminantes tóxicos adheridos a su superficie,



tales como metales pesados (plomo, cadmio, arsénico), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), sulfatos y nitratos. Esta composición química es capaz de inducir estrés oxidativo, inflamación pulmonar y daño celular. A largo plazo, estas condiciones pueden contribuir al deterioro del sistema inmunológico y del sistema cardiovascular (Brook et al., 2010).

Asimismo, estudios recientes sugieren que la exposición continua a PM_{10} puede tener efectos neurotóxicos, al inducir inflamación sistémica y afectar la barrera hematoencefálica, aunque estos mecanismos aún están en investigación (Block & Calderón-Garcidueñas, 2009).

2.2.2.3.1. Combustión

La combustión es uno de los principales procesos responsables de la emisión de contaminantes atmosféricos, incluidos metales pesados como el plomo (Pb). Este proceso ocurre cuando un material, generalmente orgánico (como combustibles fósiles o biomasa), reacciona con un agente oxidante, liberando calor y una variedad de subproductos gaseosos y particulados (Seinfeld & Pandis, 2016). Durante esta reacción, si el material combustible contiene plomo en su composición —como ocurre en residuos industriales, aceites usados o combustibles con aditivos metálicos—, este puede liberarse al aire en forma de partículas finas, muchas de ellas clasificadas como PM_{10} o incluso $PM_{2.5}$, dependiendo del tamaño generado en la combustión.

En décadas pasadas, una de las fuentes más importantes de plomo atmosférico fue la combustión de gasolina con plomo tetraetilo, utilizado como aditivo antidetonante. Aunque este uso ha sido eliminado o restringido en la mayoría de países, en zonas con vehículos antiguos o combustibles no regulados, esta sigue siendo una fuente significativa de emisión (UNEP, 2010).



También se ha reportado que procesos de combustión de residuos sólidos urbanos e industriales, como baterías, pinturas viejas o plásticos con aditivos metálicos, pueden liberar plomo al ambiente si no se cuenta con tecnologías adecuadas de control de emisiones (Manju et al., 2018). Además, la quema de biomasa —como madera, residuos agrícolas o carbón vegetal—, muy común en zonas rurales y periurbanas, también puede generar emisiones de plomo, especialmente si el material ha estado contaminado previamente por exposición industrial.

El plomo liberado durante la combustión se adhiere fácilmente a partículas suspendidas, lo que le permite mantenerse en la atmósfera por largos periodos y ser transportado a grandes distancias. Esto no solo incrementa su persistencia ambiental, sino que aumenta la probabilidad de inhalación directa por los seres humanos, afectando principalmente el sistema respiratorio y el sistema nervioso (WHO, 2021). Por tanto, la combustión incontrolada se constituye como una vía crítica de dispersión del plomo en el ambiente urbano y rural.

2.2.2.3.2. Industria

La actividad industrial representa una fuente significativa de emisiones de plomo al aire, especialmente en países en vías de desarrollo donde las regulaciones ambientales son menos estrictas o su cumplimiento es limitado (UNEP, 2010). Industrias como la fundición de metales, la fabricación de baterías, el reciclaje de chatarra electrónica, la producción de pigmentos, y el procesamiento de productos químicos y plásticos, liberan grandes cantidades de plomo durante sus procesos operativos (Nriagu & Pacyna, 1988).

Una de las principales vías por las cuales el plomo entra al ambiente en contextos industriales es a través de la fundición primaria y secundaria de plomo. En



estos procesos, el mineral o residuos metálicos son sometidos a altas temperaturas, lo que volatiliza el plomo y lo libera en forma de partículas finas que pueden ser inhaladas o depositarse sobre suelos y cuerpos de agua (US EPA, 2020).

Asimismo, muchas industrias reutilizan materiales reciclados contaminados con plomo, especialmente en la producción informal o sin medidas de control. Por ejemplo, en regiones donde el reciclaje de baterías de plomo-ácido ocurre sin controles ambientales, se han detectado niveles peligrosos de plomo en aire, suelos y organismos vivos, generando riesgos sanitarios graves (Blas et al., 2022). Esta problemática se agrava cuando las operaciones industriales se realizan cerca de áreas urbanas o residenciales.

El plomo industrial se emite principalmente como material particulado PM_{10} o $PM_{2.5}$, lo cual permite su ingreso al sistema respiratorio humano. Las partículas más finas incluso pueden llegar a los alvéolos pulmonares y pasar al torrente sanguíneo. Una vez en el organismo, el plomo puede acumularse en órganos como el hígado, los riñones y el cerebro, generando efectos neurotóxicos, hematológicos y renales, incluso a niveles bajos de exposición (ATSDR, 2020).

Los impactos ambientales también son significativos: las emisiones industriales de plomo pueden afectar la calidad del aire, contaminar los suelos agrícolas, alterar ecosistemas acuáticos y reducir la biodiversidad local. Por ello, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. recomiendan la implementación de tecnologías de control, monitoreo constante y regulaciones estrictas para reducir su impacto.

2.2.2.3.3. Polvo y Construcción

La industria de la construcción representa uno de los sectores más contaminantes a nivel global, debido a su elevado consumo de recursos naturales y



a la considerable generación de desechos contaminantes. Por ello, diversos actores como investigadores, profesionales, estudiantes y organizaciones públicas y privadas han mostrado un compromiso creciente con el desarrollo sustentable y sostenible, enfocándose en la investigación para mitigar los impactos ambientales de esta actividad (Vélez & Alonso, 2022).

Actualmente, muchos estudios se orientan hacia el uso de materias primas y técnicas de reciclaje que permitan optimizar los procesos constructivos. Estas investigaciones buscan asegurar la calidad de los productos y garantizar que su aplicación tenga un impacto ambiental positivo en los entornos donde se implementan (Vélez & Alonso, 2022).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Plomo

El plomo (Pb) es un metal pesado de color gris azulado, con un peso atómico de 207.2 g/mol, conocido por su maleabilidad, ductilidad y resistencia a la corrosión. Posee varios isótopos estables, entre los cuales destacan el ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb y ^{208}Pb . Los isótopos ^{206}Pb , ^{207}Pb y ^{208}Pb se originan del decaimiento de las series radiactivas del uranio, actinio y torio, respectivamente (Martínez, 2020).

A pesar de su toxicidad conocida, el plomo continúa siendo utilizado en múltiples procesos industriales como la fabricación de baterías, soldaduras, pigmentos y blindaje contra radiaciones. En el pasado, fue ampliamente usado como aditivo en la gasolina, lo que contribuyó significativamente a su dispersión ambiental (ATSDR, 2020). Actualmente, uno de los principales problemas del plomo radica en su capacidad de bioacumulación y su toxicidad en organismos vivos, especialmente en el sistema nervioso de niños y adultos.



2.3.2. Contaminación por plomo

El principal problema asociado al plomo (Pb) proviene de actividades industriales que lo introducen en la cadena alimentaria y en cuerpos de agua. La forma química del plomo determina su distribución, movilidad, biodisponibilidad y toxicidad, lo cual es fundamental para comprender cómo interactúa en reacciones químicas y bioquímicas, así como su potencial tóxico en los organismos (Navarro, 2022).

2.3.3. Concentración de plomo en el aire

Las emisiones atmosféricas de la industria del plomo son una de las principales fuentes de concentración de este metal en el aire (Blas et al., 2022).

2.3.4. Material particulado

Las partículas suspendidas totales (PST), también conocidas como material particulado (PM), son partículas coloidales que pueden estar en estado sólido, líquido o gaseoso y ser liberadas a la atmósfera. Estas partículas incluyen polvo de carreteras, humo industrial y residuos de procesos productivos (Cuéllar, 2022).

2.3.5. Parque automotor

El parque automotor comprende todos los vehículos motorizados que circulan en una determinada zona, incluyendo autos particulares, transporte público, camiones, motocicletas y mototaxis. En ciudades como Juliaca, su crecimiento desordenado y el uso predominante de unidades antiguas y mal mantenidas generan una elevada emisión de contaminantes atmosféricos como CO, NO_x, CO₂, compuestos orgánicos volátiles, material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}) y metales pesados como el plomo (Flores, 2024).

La contaminación se agrava por el congestionamiento vehicular y el transporte informal, donde muchos vehículos operan sin control técnico y con tecnologías obsoletas. Además, el desgaste de componentes como frenos, llantas y baterías puede liberar partículas



de plomo al aire, que se adhieren al material particulado y son inhaladas por la población, representando un riesgo para la salud (Blas et al., 2022).

Asimismo, el crecimiento desordenado del transporte informal, como mototaxis y taxis colectivos, agrava la situación. Estos vehículos suelen operar sin control técnico, con motores defectuosos que generan altos niveles de emisiones. Además, el congestionamiento vehicular prolonga los tiempos de desplazamiento, lo que incrementa la cantidad de gases y partículas emitidas por unidad de tiempo (Romero, 2023).

2.3.6. Emisión vehicular

La liberación de gases y partículas por parte de los vehículos impacta directamente en la calidad del aire y el bienestar humano. Este fenómeno está estrechamente vinculado a actividades humanas como el transporte, la industria y las condiciones climáticas locales (López, 2022).

2.3.7. Calidad del Aire

El aire limpio cumple funciones fundamentales como proporcionar refugio, medicinas, mitigar desastres naturales, plagas y enfermedades, así como regular el clima. Además, es vital para los servicios ecosistémicos que sustentan la economía. Su deterioro se considera una de las amenazas ambientales globales más graves y está estrechamente vinculado al cambio climático (Córdoba, 2022).

2.3.8. Normas Ambientales

La Constitución Política del Perú, en su artículo 2, numeral 22, establece el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para su desarrollo personal. Asimismo, la Ley N.º 28804, modificada por la Ley N.º 29243, regula la Declaratoria de Emergencia Ambiental. Se considera emergencia ambiental cuando un evento, aunque no



inesperado, genera impactos severos en la salud, la vida o el ambiente, requiriendo una respuesta urgente de las autoridades (Montero, 2022).

2.3.9. Fuentes de Emisión

Las fuentes de emisión de contaminantes pueden clasificarse en móviles y estacionarias. Entre las móviles, el transporte vehicular destaca como la principal fuente de polución. También existen otras fuentes como los incendios forestales, la quema de biomasa o residuos, y fenómenos naturales (López, 2022).

2.3.10. Quema de Combustibles Fósiles

Los combustibles fósiles son recursos no renovables con reservas limitadas, especialmente aquellos de fácil acceso y bajo costo de extracción. Desde una perspectiva histórica, su uso masivo será breve y único, extendiéndose solo unos siglos (Roca, 2022).

2.3.11. Contaminación del aire

La contaminación del aire es evidente en diferentes entornos como laboratorios, centros educativos, oficinas y zonas urbanas. El aumento de contaminantes en la atmósfera afecta la salud humana, el ambiente y la calidad de vida. Estos contaminantes tienen impactos directos sobre el bienestar de las personas (Palacios & Moreno, 2022).

2.3.12. Contaminación ambiental

La contaminación ambiental como la presencia o incorporación de agentes físicos, químicos o biológicos o una combinación de estos en el entorno, en formas, concentraciones o permanencias que pueden resultar nocivas para la salud humana, la seguridad, el bienestar de la población y el equilibrio de los ecosistemas. Esta definición abarca tanto sustancias sólidas, líquidas como gaseosas, que al introducirse en cuerpos receptores como el aire, el agua o el suelo, alteran negativamente sus condiciones naturales.



La contaminación puede tener diversas fuentes, ya sean naturales o antrópicas, aunque en la mayoría de casos actuales está estrechamente relacionada con actividades humanas como el transporte, la industria, la agricultura intensiva y el manejo inadecuado de residuos. En este sentido, Palacios y Moreno destacan que la contaminación ambiental constituye una amenaza constante que compromete tanto el bienestar social como la sostenibilidad de los recursos naturales. (Palacios & Moreno, 2022).

2.3.13. Contaminación por obras públicas

Las obras públicas generan polvo a partir de múltiples actividades, lo que incrementa la contaminación atmosférica y representa un riesgo para la salud. Acciones como el corte y trituración de materiales, perforación de suelos, pulido de superficies, demolición y transporte de materiales producen partículas y ruidos perjudiciales. Además, se incrementan los costos por la necesidad de realizar limpiezas posteriores (Envira, 2024).



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Enfoque de investigación

Es de enfoque cuantitativo según (Hernández y Mendoza, 2014) se caracteriza por la recolección y análisis de datos numéricos para responder preguntas de investigación y probar hipótesis preestablecidas. Por tanto, el estudio es cuantitativo porque la medición de la concentración de plomo en el aire y material particulado implica la obtención de datos numéricos precisos, como microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Estos datos cuantitativos permiten un análisis estadístico riguroso para identificar.

3.2. Tipo de investigación

La investigación aplicada es un tipo de investigación busca aplicar teorías generales en situaciones reales y se dedica a satisfacer las necesidades de la sociedad y las personas (Baena, 2017). La investigación sobre la concentración de plomo en el aire y material particulado en el aire. Se centrará en medir y describir los niveles de contaminación por plomo, proporcionando un panorama detallado de la situación actual.

3.3. Nivel de la investigación

La presente investigación corresponde al nivel descriptivo, ya que tiene como propósito detallar y caracterizar un fenómeno tal como ocurre en su contexto natural, sin analizar sus causas ni establecer relaciones causales entre variables (Hernández y Mendoza,



2018). En este caso, el estudio se enfoca en describir los niveles de concentración de plomo y material particulado PM10 presentes en el aire del Parque 2 de Vilcapaza, durante un periodo determinado, sin intervenir en el ambiente ni alterar las condiciones en las que se manifiesta la contaminación.

3.4. Diseño de la investigación

El presente estudio adoptó un diseño metodológico no experimental, caracterizado por la ausencia de manipulación de variables, lo cual es apropiado para investigaciones que buscan observar y describir fenómenos tal como se presentan en su entorno natural (Hernández, 2014). En este caso, dicho diseño permitió describir la situación actual de la contaminación del aire en el Parque 2 de Vilcapaza, sin alterar las condiciones existentes.

3.5. Método

Emplea el método de análisis – síntesis (Orosco y Pomasunco, 2014), porque permitirá abordar el problema de la contaminación de manera sistemática y rigurosa. Al descomponer el problema en sus elementos y estudiarlos por separado, se obtiene una comprensión más profunda de la situación y se pueden formular soluciones más efectivas.

3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación

Se utilizó la observación directa para registrar la ubicación exacta de los puntos de muestreo mediante un dispositivo GPS, con el fin de georreferenciar las mediciones de contaminación del aire (PM10 y plomo) en el Parque 2 de Vilcapaza. Esta técnica permitió asociar cada muestra con coordenadas geográficas precisas, facilitando su representación espacial en mapas temáticos y su análisis en relación con las fuentes de emisión cercanas. Se realizará observación directa mediante el flujo vehicular, tipos de vehículos, condiciones de las vías, presencia de polvo y actividades generadoras de emisiones de plomo. Se utilizarán cámaras fotográficas para documentar el entorno y registrar la ubicación exacta de los puntos de observación.



Se emplearán varios instrumentos especializados. Primero, el espectrómetro de absorción atómica, un método estándar para medir precisamente la cantidad de plomo en muestras ambientales en el aire. Además, se utilizará método gravimétrico, este método es muy preciso, aunque puede ser laborioso, y se utiliza en diversas áreas, como la determinación de partículas en el aire o de iones en soluciones.

3.7. Materiales y equipos

Se utilizaron los siguientes materiales:

3.7.1. *Materiales*

- Chaleco de campo
- Lapiceros
- Zapatos de seguridad
- Casco
- Tablero
- Cuaderno

3.7.2. *Equipos*

- GPS
- Cámara fotográfica
- Muestreador de alto volumen
- Filtros de fibra de vidrio
- Balanza analítica de precisión
- Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS)
- Equipos de digestión ácida (HotBlock)



3.7.3. Tren de muestreo de PM₁₀

Tabla 2

Tren de muestreo de pm₁₀

Componente	Descripción	Función principal
Cabezal separador PM ₁₀	Cabezal selectivo tipo cíclico	Permite solo el paso de partículas con diámetro aerodinámico $\leq 10 \mu\text{m}$.
Porta filtro (cassette)	Soporte de aluminio donde se coloca el filtro	Asegura que el filtro se mantenga fijo y correctamente orientado.
Filtro de fibra de cuarzo o vidrio	Material recolector de partículas suspendidas (8" x 10")	Atrapa el material particulado PM ₁₀ presente en el aire.
Tubo Venturi	Reducción cónica entre el cabezal y el filtro	Estabiliza el flujo de aire mediante efecto Venturi, mejorando la eficiencia de muestreo.
Muestreador de alto volumen (HiVol PM ₁₀)	Bomba de alto caudal (entre 1.13 a 1.70 m ³ /min, típico: 1.13 m ³ /min)	Aspira aire a través del cabezal y filtro durante 24 h continuas.
Reloj programador / temporizador	Temporizador automático de 24 horas	Permite programar el inicio y fin del muestreo automáticamente.
Caudalímetro (rotámetro o digital)	Dispositivo que mide y regula el caudal de aire	Verifica que el flujo de muestreo sea constante y dentro del rango.
Soporte o base antivibratoria	Estructura firme que estabiliza el equipo	Minimiza interferencias por vibraciones o inclinación del equipo.
Termómetro y barómetro ambiental	Equipos que registran temperatura y presión atmosférica del lugar de muestreo	Datos necesarios para corregir el volumen del aire muestreado.
Registrador de datos (opcional)	Sistema digital que registra caudal, presión, y temperatura a intervalos	Asegura trazabilidad y precisión del muestreo.

3.8. Lugar de estudio

El lugar de la investigación se realizó en el tramo en el parque 2 de Vilcapaza Juliaca.

a. Ubicación del proyecto

Tabla 3

Coordenadas de ubicación del proyecto

Código	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)
	ESTE	NORTE	
P1	E: 379369	N: 8287680	3824
P2	E: 379360	N: 8287702	3824
P3	E: 379350	N: 8287721	3824
P4	E: 379321	N: 8287670	3824
P5	E: 379333	N: 8287680	3824

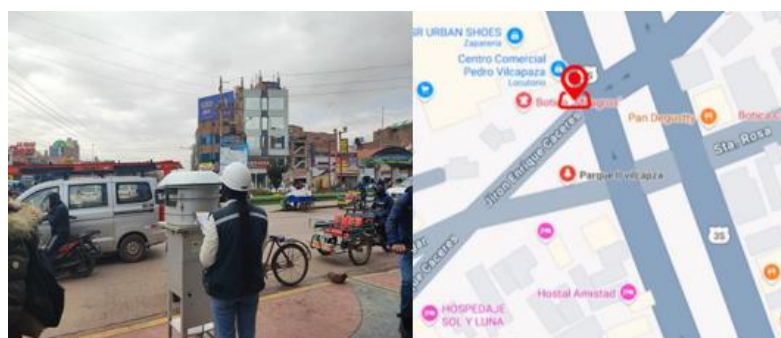
Tabla 4

Ubicación Google Maps Punto de muestreo 1 parque 2 Vilcapaza

Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud	Ubicación
Este	Norte	(m.s.n.m)	
E: 379369	N: 8287680	3824	parque 2 de Vilcapaza Juliaca

Figura 1

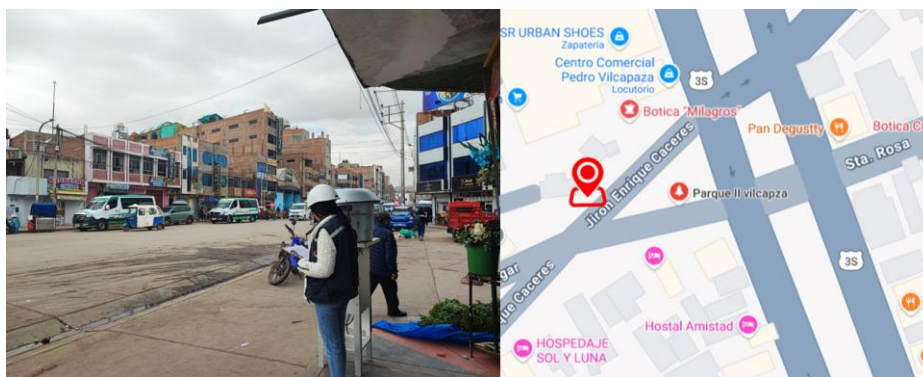
Ubicación Google Maps Punto de muestreo 1 parque 2 Vilcapaza



Nota. Se observa a la izquierda de la figura operación del muestreador de alto volumen (HiVol) en un punto 1 del Parque 2 de Vilcapaza, una zona con alto tránsito vehicular. A la derecha, se presenta la georreferenciación del punto de muestreo mediante el mapa del Google Maps.

Tabla 5*Ubicación Google Maps Punto de muestreo 2 parque 2 Vilcapaza*

Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud (m.s.n.m)	Ubicación
Este	Norte		
E: 379360	N: 8287702	3824	parque 2 de Vilcapaza Juliaca

Figura 2*Ubicación Google Maps Punto de muestreo 2 parque 2 Vilcapaza*

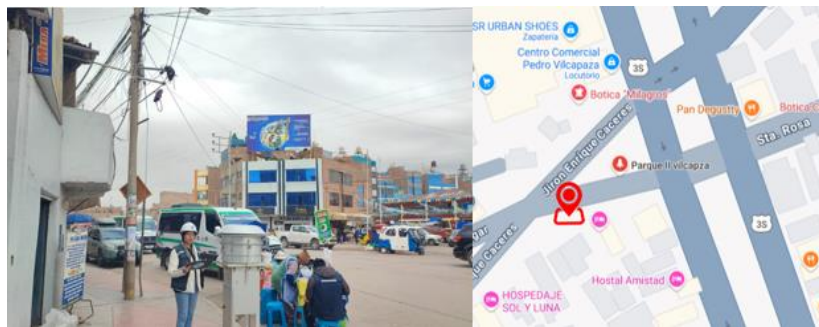
Nota. Se observa en la parte izquierda de la figura la operación del muestreador de alto volumen (HiVol) en el punto 2 de muestreo, ubicado en una zona estratégica del Parque 2 de Vilcapaza, específicamente en la entrada hacia el área del mercado, donde la afluencia peatonal y vehicular es considerable. A la derecha, se muestra la georreferenciación del punto de muestreo mediante el uso de Google Maps, lo cual permite ubicar con precisión el lugar donde se realizaron las mediciones.

Tabla 6*Ubicación Google Maps Punto de muestreo 3 parque 2 Vilcapaza*

Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud (m.s.n.m)	Ubicación
Este	Norte		
E: 379350	N: 8287721	3824	parque 2 de Vilcapaza Juliaca

Figura 3

Ubicación Google Maps Punto de muestreo 3 parque 2 Vilcapaza



Nota. En la parte izquierda de la figura se observa la operación del muestreador de alto volumen (HiVol) en el punto 3 de muestreo, ubicado en una zona estratégica, específicamente al costado de los terminales de minivanos que se dirigen hacia Ananea y La Rinconada. A la derecha, se muestra la georreferenciación del punto de muestreo mediante Google Maps.

Tabla 7

Ubicación Google Maps Punto de muestreo 4 parque 2 Vilcapaza

Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud (m.s.n.m)	Ubicación
Este	Norte		
E: 379321	N: 8287670	3824	parque 2 de Vilcapaza Juliaca

Figura 4

Ubicación Google Maps Punto de muestreo 4 parque 2 Vilcapaza



Nota. se observa la operación del muestreador de alto volumen (HiVol) en el punto 4 de muestreo, ubicado en una zona estratégica entre los puntos 1 y 5 para verificar si hubo alguna variación entre esos 2 puntos.

Tabla 8

Ubicación Google Maps Punto de muestreo 5 parque 2 Vilcapaza

Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud	Ubicación
Este	Norte	(m.s.n.m)	
E: 379321	N: 8287670	3824	parque 2 de Vilcapaza Juliaca

Figura 5

Ubicación Google Maps Punto de muestreo 5 parque 2 Vilcapaza



Nota. En la parte izquierda de la figura se observa la operación del muestreador de alto volumen (HiVol) en el punto 5 de muestreo, especialmente en el are de construcción y cambio de tuberías que se estaba realizando en ese momento. A la derecha, se muestra la georreferenciación del punto de muestreo mediante Google Maps.

Tabla 9

Horario de toma de muestras

Fecha de Monitoreo para el plomo y pm10	Hora de Muestreo
18/09/2024	07:00
19/09/2024	08:00
20/09/2024	07:30
21/09/2024	08:20



22/09/2024

08:40

Fecha de Monitoreo
solo para el plomo

10/06/2025

06:30

3.9. Población y muestra

A) Población

La población es infinita porque el objeto de estudio es el aire atmosférico, el cual no tiene un límite definido ni puede cuantificarse en su totalidad dentro del área geográfica evaluada. En este caso, la muestra corresponde a porciones representativas del aire en puntos y periodos específicos.

B) Muestra

Son los 5 puntos de muestreo que se hizo en el lugar de estudio.

3.10. Procedimiento metodológico:

3.10.1. Determinar cuáles son las principales fuentes de contaminación vehicular que contribuyen a la emisión de plomo y material particulado en el aire del Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024

Las principales fuentes de contaminación vehicular identificadas en el Parque 2 de Vilcapaza fueron los diferentes tipos de unidades que conforman el parque automotor local, entre los cuales destacan las mototaxis, minivans, buses de transporte interprovincial, camiones, tráileres, carros particulares, vehículos de transporte urbano y volvos. Estos vehículos, al hacer uso de combustibles fósiles (principalmente gasolina y diésel), así como al generar desgaste mecánico (de frenos, neumáticos y embragues), contribuyen a la emisión de material particulado (PM_{10}) y compuestos metálicos como el plomo. Además, la re-suspensión del polvo acumulado en el suelo, que puede contener plomo residual de fuentes



históricas, también se activa por el tránsito constante, representando un riesgo significativo para la salud pública y el ambiente.

Primer paso: Para identificar las fuentes más relevantes, se realizó un conteo vehicular específico durante 24 horas en días seleccionados del mes de septiembre de 2024. Este conteo se llevó a cabo empleando equipos de geolocalización (GPS) y registros manuales sistemáticos, lo cual permitió delimitar con precisión la zona de muestreo y cuantificar la frecuencia del tránsito según el tipo de vehículo. Este registro detallado fue fundamental para caracterizar el comportamiento vehicular en el área de estudio.

Segundo paso: Los datos obtenidos fueron procesados y analizados mediante el software Microsoft Excel, aplicando un análisis estadístico de regresión lineal simple. Esta técnica permitió establecer la relación entre el volumen de tránsito vehicular y los niveles de plomo y PM_{10} registrados durante el muestreo del aire.

3.10.2. Determinar el nivel de concentración de plomo y material particulado (PM10) en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024

Para determinar los niveles de concentración de plomo y material particulado (PM_{10}) en el aire del Parque 2 de Vilcapaza, se empleó un enfoque metodológico basado en el uso de equipos especializados tanto en campo como en laboratorio. El muestreador de alto volumen HiVol PM_{10} , proporcionado por el laboratorio de la universidad, fue utilizado para recolectar las partículas presentes en el aire ambiente.

Primer paso: Se utilizó un equipo de geolocalización (GPS) para registrar las coordenadas UTM de cinco puntos estratégicos de muestreo dentro del parque. Esta localización precisa permitió asegurar una cobertura representativa del área en estudio.

Segundo paso: En cada uno de los cinco puntos seleccionados, se instaló el muestreador de alto volumen HiVol PM_{10} durante períodos de 24 horas en los días



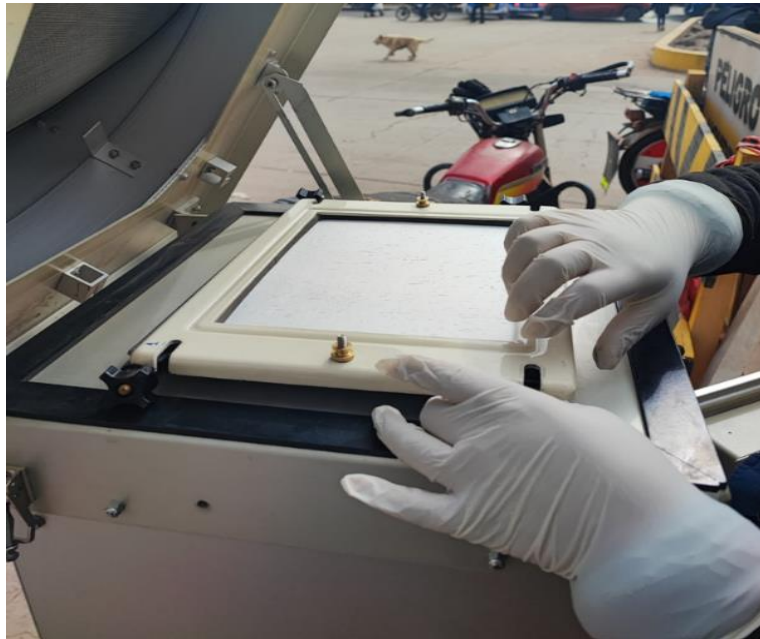
designados. Este equipo aspira un volumen constante de aire a través de un cabezal que selecciona partículas con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros (PM_{10}), las cuales se retienen en filtros de fibra de vidrio. Una vez finalizado el muestreo, los filtros fueron trasladados al laboratorio para su análisis. En primer lugar, fueron acondicionados en una estufa de secado para eliminar la humedad ambiental. Luego, se utilizó una balanza analítica de alta precisión (con sensibilidad de 0.0001 g) para realizar el pesaje inicial y final de cada filtro, lo que permitió calcular la masa neta de PM_{10} capturada, expresada en microgramos por metro cúbico ($\mu g/m^3$), en función del volumen total de aire procesado.

Para la determinación de la concentración de plomo, los filtros fueron sometidos a un proceso de digestión ácida utilizando un digestor con ácido nítrico, que permitió solubilizar los metales contenidos en las partículas. Posteriormente, las muestras fueron analizadas mediante un espectrofotómetro de absorción atómica (AAS), el cual permitió cuantificar con alta precisión la concentración de plomo en cada muestra, también expresada en $\mu g/m^3$, los datos recolectados fueron organizados en una base de datos construida en Microsoft Excel, donde se elaboraron tablas y gráficos comparativos para facilitar la interpretación de los resultados. Además, se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas para evaluar la variabilidad espacial y temporal de los contaminantes analizados.

Este procedimiento técnico y sistemático permitió estimar de manera precisa los niveles de concentración de plomo y PM_{10} en el aire del Parque 2 de Vilcapaza, constituyendo una base científica sólida para evaluar la calidad del aire en la ciudad de Juliaca.

Figura 6

Instalación de los filtros a muestreador HiVol



Nota. Este filtro es el encargado de retener las partículas suspendidas en el aire durante el proceso de muestreo ambiental



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

4.1.1. Determinar cuáles son las principales fuentes de contaminación vehicular que contribuyen a la emisión de plomo y material particulado en el aire del Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024

En la siguiente tabla se presentan los registros del tránsito vehicular observados en el Parque 2 de Vilcapaza, durante el periodo comprendido entre el 18 y el 22 de septiembre de 2024. El conteo se realizó de forma diaria y continua durante 24 horas por día, utilizando equipos de geolocalización (GPS) y registros manuales. Esta metodología permitió identificar y clasificar los vehículos según su tipo, con el fin de analizar la carga vehicular en la zona y su posible impacto en el entorno urbano.

Las categorías de vehículos consideradas en el estudio incluyen: mototaxis, minivans, buses de transporte interprovincial, tráileres, camiones, carros particulares, unidades de transporte urbano y volvos. Cada tipo de vehículo fue registrado de manera separada para obtener una visión detallada del comportamiento del parque automotor en la zona de estudio.

Tabla 10

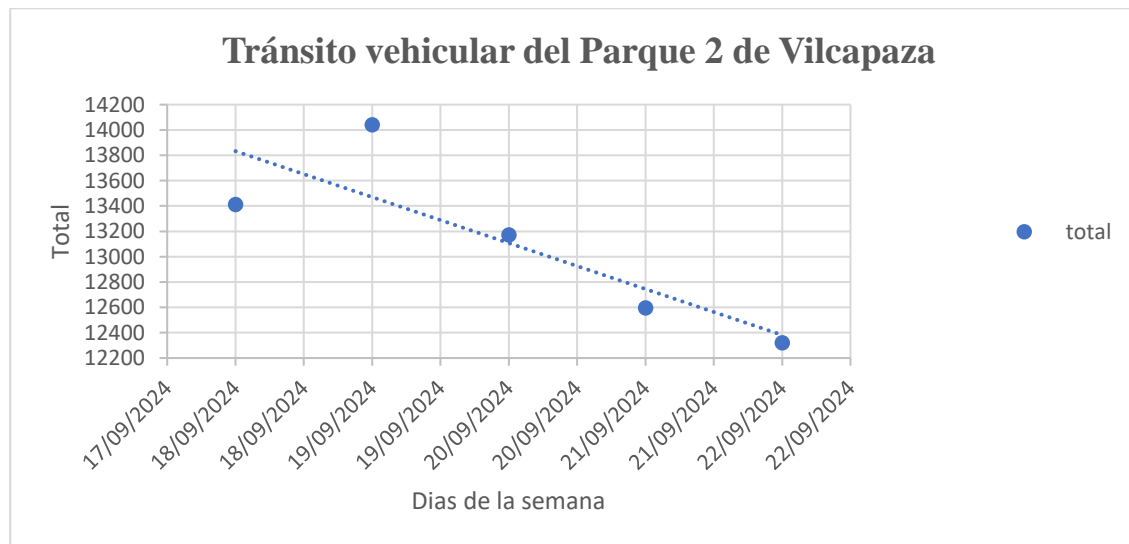
Conteo diario de vehículos registrados en el Parque 2 de Vilcapaza

Días de la semana	mototaxis	minivans	buses de transporte interprovincial	trailers	camiones	carros particulares	transporte urbano	volvos	total
18/09/2024	5114	658	265	60	380	4389	2502	44	13412
19/09/2024	5,470	750	286	89	396	4458	2538	52	14039
20/09/2024	4988	630	254	51	338	4370	2498	41	13170
21/09/2024	4673	620	211	40	357	4193	2460	40	12594
22/09/2024	4598	598	209	42	316	4093	2430	35	12321
10/06/2025	4,875	605	240	48	325	4,180	2,410	38	12721

Nota. La siguiente tabla presenta el conteo total de vehículos registrados diariamente en el Parque 2 de Vilcapaza, durante el periodo comprendido entre el 18 y el 22 de septiembre de 2024.

Figura 7

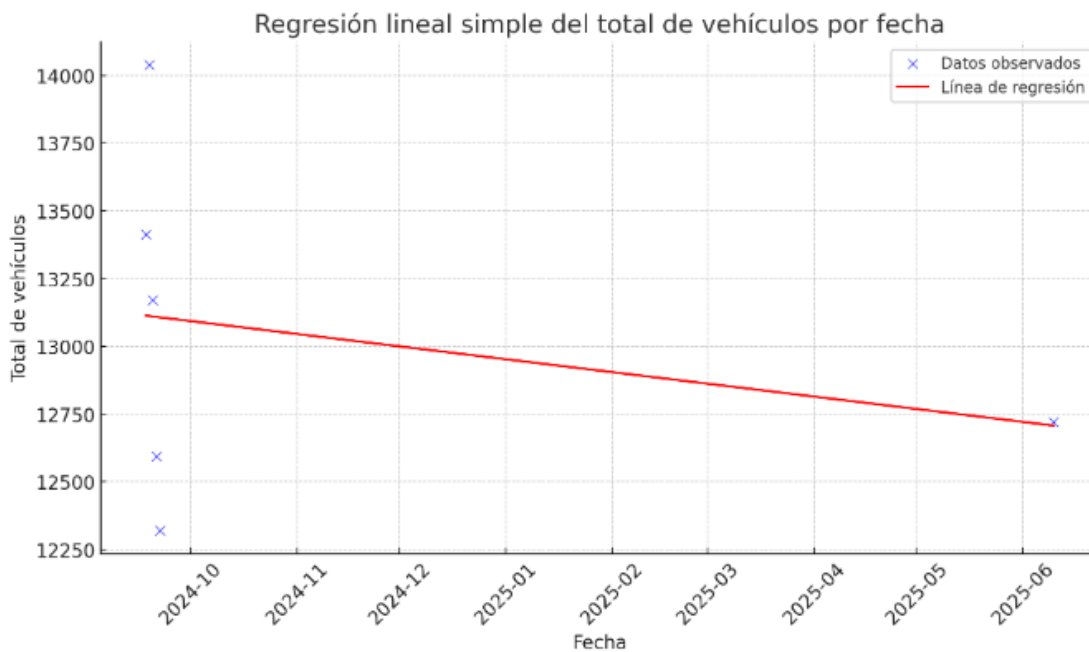
Gráfico de dispersión con regresión lineal simple de los vehículos registrados en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca



Nota. Este gráfico muestra la relación entre los días de la semana (18 al 22 de septiembre de 2024) y la cantidad de vehículos registrados. La línea representa la tendencia de la variación diaria, indicando un ligero descenso en el flujo vehicular a lo largo de los días analizados.

Figura 8

Gráfico de dispersión con regresión lineal simple de los vehículos registrados en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca



Nota. Este gráfico muestra la relación entre los días de la semana (18 al 22/09/2024) y el (10/06/2025) la cantidad de vehículos registrados. La línea representa la tendencia de la variación, indicando un ligero descenso en el flujo vehicular a lo largo de los días analizados.

El análisis de los datos revela que los vehículos más frecuentes durante el periodo de observación fueron las mototaxis, seguidas por los carros particulares y el transporte urbano. Estas tres categorías representan un volumen significativo del tráfico diario en la zona, lo cual fue evidente tanto en el monitoreo realizado entre el 18 y el 22 de septiembre de 2024 como en la jornada adicional del 10 de junio de 2025, en la que se registró un total de 12,721 vehículos. En ese día, circularon 4,875 mototaxis, 4,180 carros particulares y 2,410 unidades de transporte urbano, confirmando la tendencia predominante de estos tres tipos de transporte como los principales contribuyentes al tránsito vehicular del Parque 2 de Vilcapaza.



La alta densidad vehicular registrada en esta zona tiene un impacto directo en la calidad del aire, ya que muchos de estos vehículos, especialmente los más antiguos o en mal estado, utilizan combustibles fósiles como gasolina y diésel, los cuales generan emisiones contaminantes. Si bien el uso de gasolina con plomo fue eliminado en el Perú mediante el Decreto Supremo N.º 019-98-MTC, publicado en julio de 1998, la presencia de plomo en el aire actualmente se debe a fuentes indirectas asociadas al tránsito vehicular.

Entre estas fuentes destacan el desgaste de pastillas de freno, los componentes metálicos del motor y del sistema de escape, los cuales liberan pequeñas partículas ricas en metales pesados como el plomo. También se ha identificado como fuente relevante la abrasión de neumáticos y el desgaste del asfalto, cuyas partículas contaminadas pueden ser resuspendidas por el paso constante de vehículos. Este fenómeno ocurre con mayor intensidad en vías deterioradas o sin pavimentar, donde el polvo del entorno puede contener trazas de plomo depositadas previamente (Pant & Harrison, 2013).

Asimismo, el material particulado PM₁₀, que incluye polvo, hollín y otras partículas sólidas o líquidas de pequeño tamaño, actúa como un transportador de plomo, al estar recubierto o mezclado con este metal. Estas partículas pueden permanecer suspendidas en el aire por periodos prolongados y son fácilmente inhaladas por la población, especialmente por quienes permanecen de forma prolongada en zonas de alta circulación vehicular. La inhalación de PM₁₀ contaminado constituye un riesgo significativo para la salud humana, provocando enfermedades respiratorias crónicas, alteraciones cardiovasculares y, en el caso del plomo, efectos neurológicos graves e irreversibles, en particular en niños, mujeres gestantes y adultos mayores.

En conjunto, los datos obtenidos no solo confirman la magnitud del tránsito vehicular en la zona, sino también su papel como fuente indirecta de contaminación por plomo y



partículas en suspensión. Esta situación refuerza la urgencia de implementar medidas de mitigación ambiental y control del tráfico en zonas críticas como el Parque 2 de Vilcapaza, a fin de proteger la salud pública.

4.1.2. Determinar el nivel de concentración de plomo y material particulado (PM10) en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024

En paralelo al análisis de PM₁₀, también se cuantificó la concentración de plomo en el aire, utilizando los mismos filtros capturados por el muestreador HiVol PM₁₀. Para ello, se aplicaron procedimientos analíticos específicos en laboratorio, que permitieron identificar la cantidad de plomo presente en las partículas retenidas. Esta evaluación fue fundamental, dado que el plomo es un metal pesado altamente tóxico, especialmente peligroso cuando se encuentra en forma de partículas finas suspendidas en el ambiente.

Los datos obtenidos mostraron una variabilidad diaria significativa. En particular, el día 19 de septiembre de 2024 se alcanzó la concentración más alta, con un valor de 1.7 µg/m³, superando el límite mensual permitido de 1.5 µg/m³ según el D.S. N.º 003-2017-MINAM. La concentración más baja se registró el 22 de septiembre, con 0.7 µg/m³.

Para reforzar la confiabilidad de los resultados, se realizó un análisis complementario en un laboratorio externo acreditado, centrado exclusivamente en la determinación de plomo atmosférico. Esta validación tuvo lugar el 10 de junio de 2025, bajo condiciones técnicas equivalentes y utilizando también un muestreo continuo de 24 horas. El valor obtenido fue de 1.4 µg/m³, lo que confirma la persistencia del plomo en el aire del Parque 2 de Vilcapaza, incluso varios meses después del primer monitoreo. Esta consistencia entre ambos muestreos respalda la validez científica de los hallazgos y demuestra una problemática ambiental persistente.

Tabla 11

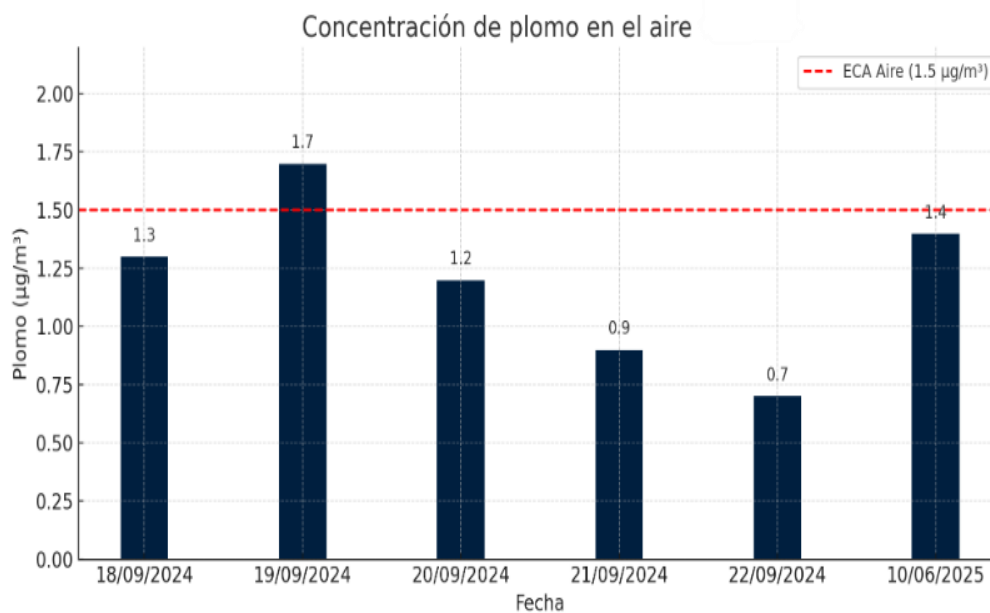
Concentración de plomo fecha 18/09/2024 AL 22/09/2024

Fecha	código	plomo	ECA AIRE $\mu\text{g}/\text{m}^3$
18/09/2024	p1	1.3	
19/09/2024	p2	1.7	
20/09/2024	p3	1.2	1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
21/09/2024	p4	0.9	
22/09/2024	p5	0.7	
10/06/2025	p5	1.4	

Nota. Esta tabla presenta los datos de concentración de plomo en el aire, obtenidos a partir del análisis de los filtros por parte del laboratorio.

Figura 9

Concentración de plomo en 24 horas mediante el diagrama de barras



Nota. En el D.S. N° 003-2017-MINAM no establece para el plomo límite diario específico.

Durante el periodo de muestreo comprendido entre el 18 y el 22 de septiembre de 2024, se registraron las concentraciones diarias de material particulado (PM₁₀) en el aire del Parque 2 de Vilcapaza, mediante monitoreos continuos de 24 horas por día. Para este fin, se utilizó un muestreador de alto volumen HiVol PM₁₀, diseñado para captar un volumen controlado de aire ambiente y retener partículas con un diámetro aerodinámico igual o menor a 10 micrómetros. Dichas partículas incluyen polvo, hollín y residuos sólidos o líquidos suspendidos en el aire, los cuales pueden ser inhalados con facilidad y afectar la salud respiratoria.

El procedimiento consistió en la instalación de filtros dentro del equipo, los cuales fueron expuestos a un flujo constante de aire durante la jornada de monitoreo. Al finalizar cada día, los filtros fueron cuidadosamente retirados y trasladados al laboratorio para realizar análisis gravimétricos, que permitieron determinar la masa total de PM₁₀ acumulada. Los resultados evidenciaron que en cuatro de los cinco días evaluados, las concentraciones superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, cuyo límite diario para PM₁₀ es de 100 µg/m³. La concentración más alta se registró el 19 de septiembre de 2024, alcanzando 118.5 µg/m³.

Tabla 12

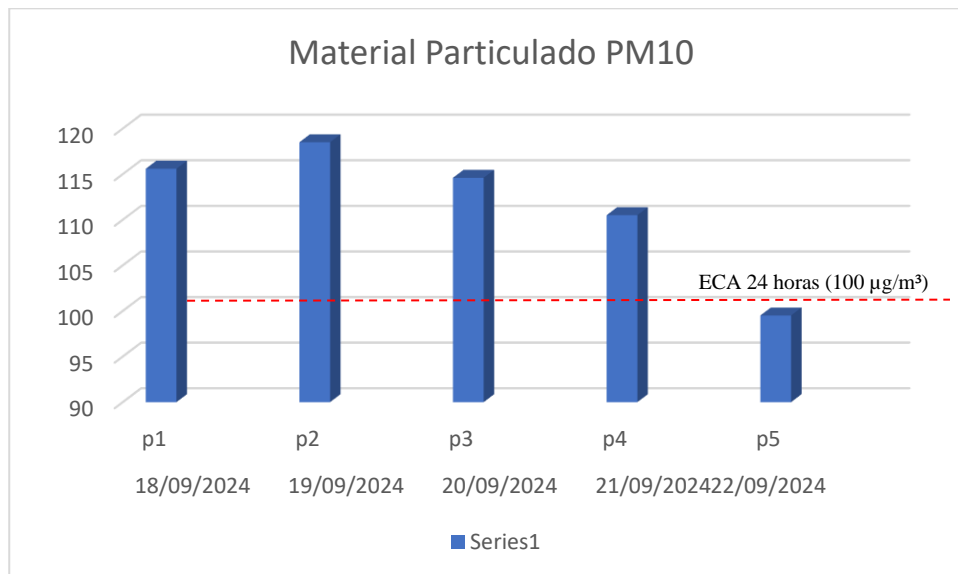
Concentración de Material Particulado PM10 fecha 18/09/2024 AL 22/09/2024

Fecha	Codigo	Material Particulado PM10 (µg/m3)	ECA AIRE µg/m ³
18/09/2024	p1	115.6	
19/09/2024	p2	118.5	
20/09/2024	p3	114.6	100 µg/m ³
21/09/2024	p4	110.5	
22/09/2024	p5	99.5	

Nota. Esta tabla presenta los datos de concentración de PM10 en el aire, obtenidos a partir del análisis de los filtros por parte del laboratorio.

Figura 10

Concentración de Material Particulado PM10 en 24 horas



Nota. En el grafico representa los niveles de concentración de PM10 en los 5 dias obteniendo mayor concentración el dia 19 esto supera los ECAS.

Los resultados del monitoreo realizado entre el 18 y el 22 de septiembre de 2024 evidencian que las concentraciones de plomo en el aire superaron el límite máximo mensual permitido por el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, el cual establece un valor de referencia de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentración más alta de plomo se registró el 19 de septiembre, con un valor de $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que la más baja fue el 22 de septiembre, alcanzando los $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta situación representa un riesgo significativo para la salud de los vecinos, comerciantes y transeúntes del Parque 2 de Vilcapaza, quienes permanecen de manera prolongada en esta zona altamente transitada.

El plomo, al ser un metal pesado tóxico, se dispersa en el aire adherido a partículas finas y puede ser inhalado fácilmente por la población. Una exposición continua a este contaminante puede ocasionar efectos adversos graves, como daños en el sistema nervioso, alteraciones cognitivas, trastornos del desarrollo infantil, enfermedades respiratorias y



cardiovasculares. Los grupos más vulnerables ante esta exposición son los niños, las mujeres embarazadas y los adultos mayores que residen o trabajan en las inmediaciones del parque.

Con el objetivo de reforzar la validez de los resultados obtenidos en el monitoreo inicial, se realizó un análisis complementario en un laboratorio externo acreditado, centrado exclusivamente en la determinación de la concentración de plomo en el aire. Este análisis se llevó a cabo el 10 de junio de 2025, bajo condiciones técnicas equivalentes y mediante un muestreo continuo de 24 horas. El resultado obtenido fue de **1.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , lo cual confirma la persistencia de este contaminante en el ambiente del Parque 2 de Vilcapaza, incluso en fechas posteriores, evidenciando la continuidad del riesgo para la población expuesta. Esta validación externa otorga mayor confiabilidad a los hallazgos del estudio y respalda la necesidad de intervenciones ambientales urgentes.

Asimismo, los datos obtenidos del monitoreo de material particulado PM_{10} muestran que en cuatro de los cinco días evaluados, las concentraciones superaron el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) diario de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, establecido también por el D.S. N.º 003-2017-MINAM. El valor más elevado se registró el 19 de septiembre, con $118.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el más bajo fue el 22 de septiembre, con $99.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cercano al límite permitido.

El PM_{10} está compuesto por partículas sólidas y líquidas de tamaño microscópico que, al ser inhaladas, pueden alcanzar las vías respiratorias profundas e incluso ingresar al torrente sanguíneo. Su presencia en concentraciones elevadas está estrechamente relacionada con enfermedades respiratorias crónicas, como bronquitis y asma, además de afecciones cardiovasculares y oculares. Esta situación se ve agravada en zonas con alta densidad vehicular, actividades comerciales intensas, obras de construcción y ausencia de mecanismos de control ambiental eficaces.



En conjunto, estos hallazgos reflejan una problemática ambiental significativa en el Parque 2 de Vilcapaza, cuyo impacto afecta directamente la salud pública y pone en evidencia la necesidad de implementar medidas urgentes de mitigación y control de la calidad del aire en la ciudad de Juliaca.

4.1.3. Determinar las acciones para reducir la contaminación de plomo y material particulado en el parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024

Con base en los resultados obtenidos del monitoreo de plomo y material particulado PM10 en el Parque 2 de Vilcapaza, durante el periodo de muestreo comprendido entre el 18 y el 22 de septiembre de 2024, se ha evidenciado una contaminación atmosférica significativa en la zona, con varios días en los que las concentraciones de ambos contaminantes han superado los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del D.S N° 003-2017-MINAM.

Acciones que se puede tomar

1. **Coordinación con las obras de construcción:**
 - **Optimización del flujo vehicular:** Establecer rutas temporales alternas para desviar el tráfico mientras duren las obras.
 - **Control de emisiones en la construcción:** Exigir que las obras un plan de mitigación para el control de polvo, como el riego de las zonas de trabajo de la obra.
2. **Beneficios de las áreas verdes**
 - **Captura de contaminantes:** Las áreas verdes y los árboles pueden capturar partículas contaminantes, como PM10, plomo y otros compuestos nocivos, contribuyendo a mejorar la calidad del aire.



- **Mejora en la calidad del aire:** Los árboles filtran el aire al absorber dióxido de carbono y liberar oxígeno, reduciendo la concentración de gases de efecto invernadero y mejorando las condiciones respiratorias en la zona.
- **Control del ruido:** Las áreas verdes también ayudan a mitigar el ruido ambiental, una preocupación en zonas congestionadas por tráfico y obras.
- **Mejora en la estética y salud pública:** La creación de áreas verdes mejora la estética urbana y fomenta un ambiente más saludable y agradable para los habitantes, además de generar zonas de esparcimiento.
- **Cercar los parques:** Para evitar que las personas dejen su basura dentro del área verde.
- **Implementación de carteles:** con mensajes de cuidado y conservación de las áreas verdes es una estrategia clave para fomentar la conciencia ambiental

3. Propuestas para la implementación:

- **Plantación de árboles nativos:** Priorizar la plantación de especies locales y resistentes a las condiciones climáticas de Juliaca, que requieran menos mantenimiento y ofrezcan mayores beneficios ambientales. Árboles como la queñua, pino, céticos y molle.
- **Colaboración comunitaria:** Involucrar a la comunidad local, autoridades municipales y grupos ambientalistas en la planificación y mantenimiento de las áreas verdes.
- **Programa de mantenimiento regular:** Implementar un plan de riego, poda y control de plagas para asegurar que los árboles crezcan de manera saludable y continúen filtrando contaminantes del aire.



4.2. Análisis estadístico

Discusiones

En comparación con el estudio de Herrera (2011), se analizó la distribución de la concentración de partículas PM_{10} en la localidad de Segunda Jerusalén, empleando datos recolectados en el año 2009 durante las estaciones de invierno y verano. Los resultados evidenciaron concentraciones máximas de 25.59 mg/m^3 en verano y 19.20 mg/m^3 en invierno, mientras que los valores mínimos fueron de 4.44 mg/m^3 y 3.48 mg/m^3 , respectivamente. Esto reflejó una menor concentración durante la estación invernal. De manera similar, en el presente estudio desarrollado en el Parque 2 de Vilcapaza, Juliaca, durante septiembre de 2024 y el 10 de junio de 2025, se observaron concentraciones variables de material particulado PM_{10} que oscilaron entre $99.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ y $118.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, valores considerablemente superiores a los reportados por Herrera D., a pesar de tratarse de monitoreos a corto plazo. En cuanto al plomo, las concentraciones registradas fluctuaron entre $0.9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ y $1.7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, superando también el límite mensual establecido por el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM ($1.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$).

De igual manera, Vivanco (2019) documentó concentraciones medias anuales de PM_{10} que no superaban los $87.4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en sus puntos de monitoreo, siendo este el valor más elevado registrado en Lima Metropolitana. Sin embargo, en el presente estudio se superó dicho valor en mediciones de solo 24 horas, alcanzando hasta $118.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Este contraste indica que, aunque los promedios anuales pueden cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), existen picos diarios críticos que podrían generar impactos agudos en la salud de la población expuesta.

Por otro lado, Aguilar (2020), en su investigación sobre la calidad del aire en zonas urbanas de la región Puno, identificó que los principales contribuyentes a la emisión de



partículas eran el transporte vehicular informal (mototaxis y unidades antiguas), el polvo resuspendido por el mal estado de las vías, y las actividades de construcción. Estas fuentes coinciden con las identificadas en el Parque 2 de Vilcapaza, donde se registró un tránsito diario de 12,721 vehículos, incluyendo mototaxis, camiones, maquinaria pesada, transporte urbano y vehículos particulares. Esta intensa circulación vehicular no solo incrementa la cantidad de partículas suspendidas en el aire, sino que también se convierte en una fuente significativa de plomo, especialmente cuando se trata de unidades que utilizan combustibles con residuos metálicos o carecen de mantenimiento adecuado.



CONCLUSIONES

1. Se determinó que el Parque 2 de Vilcapaza, en la ciudad de Juliaca, presenta un grado elevado de contaminación del aire por plomo y material particulado PM_{10} , registrándose concentraciones que superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM. Esta situación representa un riesgo considerable para la salud de la población, especialmente para los grupos más vulnerables que se encuentran expuestos de manera continua a dichos contaminantes
2. Se identificó que las principales fuentes de contaminación vehicular en el Parque 2 de Vilcapaza son las mototaxis, los vehículos particulares y el transporte urbano. Estas unidades, en su mayoría antiguas y con tecnología deficiente en cuanto al control de emisiones, generan importantes cantidades de gases y partículas que contienen compuestos de plomo. Además, se observó que fuentes indirectas, como el desgaste de frenos, neumáticos y pavimento, también contribuyen significativamente a la emisión de partículas contaminantes en suspensión. El flujo vehicular intenso en la zona representa, por tanto, un factor crítico en la emisión de plomo y PM_{10} .
3. Los niveles de concentración de plomo y material particulado PM_{10} en el aire del Parque 2 de Vilcapaza excedieron los límites establecidos por la normativa peruana. El valor máximo de plomo registrado fue de $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el 19 de septiembre de 2024, superando el ECA mensual de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto al PM_{10} , se alcanzó un valor máximo de $118.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el ECA diario de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en cuatro de los cinco días monitoreados. Un muestreo adicional, realizado el 10 de junio de 2025, arrojó una concentración de plomo de $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, confirmando la persistencia del



contaminante en la zona. Estos resultados evidencian un problema ambiental crónico que requiere atención inmediata.

4. Se propusieron diversas acciones orientadas a reducir los niveles de plomo y PM_{10} en el aire del Parque 2 de Vilcapaza. Entre las medidas sugeridas destacan la implementación de rutas alternas para el tránsito durante obras, el control del polvo en zonas de construcción, la promoción de áreas verdes urbanas con especies nativas y el mejoramiento del control vehicular. También se recomendó impulsar campañas de educación ambiental, fortalecer la participación ciudadana y establecer un programa municipal de monitoreo continuo de la calidad del aire. Estas acciones son fundamentales para mejorar la calidad ambiental de la zona y proteger la salud de los habitantes.



RECOMENDACIONES

1. Se les recomienda a futuros investigadores realizar estudios más amplios que incluyan la medición de gases contaminantes como dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), con el objetivo de obtener una visión más completa del nivel de contaminación atmosférica en la zona.
2. Se les recomienda a futuros investigadores efectuar estudios biomédicos en la población expuesta, especialmente vecinos y comerciantes del Parque 2 de Vilcapaza, mediante análisis de sangre que permitan determinar el nivel de acumulación de plomo y sus posibles efectos en la salud.
3. Se recomienda que futuros investigadores realicen un análisis exhaustivo del parque automotor que circula por el Parque 2 de Vilcapaza, incorporando variables clave como el tipo de combustible utilizado (gasolina, diésel, gas natural vehicular o eléctrico), el año de fabricación, el kilometraje acumulado, la frecuencia y los horarios de circulación, así como el estado técnico-mecánico de los vehículos.
4. Se les recomienda a futuros investigadores realizar encuestas, entrevistas o talleres participativos con la población del área de estudio para conocer su percepción sobre la contaminación del aire, su nivel de conocimiento y su disposición a adoptar conductas ambientalmente responsables. Este enfoque puede enriquecer el diseño de estrategias de sensibilización y educación ambiental.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonzo, D. (2019). Emisiones de Material Particulado de los Vehículos en Bogotá: Estrategias de Gestión Ambiental para su Mitigación. *Pontificia Universidad Javeriana*, 1-111. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/38114/DOCUMENTO%20DIANA%20MELISA%20ALFONSO.pdf
- Amparo, M., Ruiz, L. G., Gavilán, A., Domínguez, P., & Murillo, C. (2021). *Estudio sobre la reducción de la exposición a plomo en Mexico*. Mexico: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Avalos, Y. (2023). Contaminación por plomo en suelo, agua, alimentos y sus efectos en los seres humanos. *Rev. Investigaciones ULCB*, 1-10.
- Avalos, Y. (2023). Contaminación por plomo en suelo, agua, alimentos y sus efectos en los seres humanos. *Revista Investigaciones ULCB*, 1-10.
- Ávalos, Y. (2023). Contaminación por plomo en suelo, agua, alimentos y sus efectos en los seres humanos. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu* 10(2), 59-68. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/373386570_Contaminacion_por_plomo_en_suelo_agua_alimentos_y_sus_efectos_en_los_seres_humanos
- Barrazueta, S. G., Guerra, J. E., Chávez, Á. W., & Morales, J. L. (2022). Construcción de un prototipo electrónico de control químico de emisiones de gases contaminantes dentro de vehículos. *Revista Científica y Tecnológica*, 1-9.
- Barrera, N. (2021). *Ecología Social. Mercurio y plomo amenazan a la población en América Latina*. Resumen Latinoamericano. Obtenido de



<https://www.resumenlatinoamericano.org/2021/07/27/ecologia-social-mercurio-y-plomo-amenazan-a-la-poblacion-en-america-latina/>

- Bautista, L., Trejo, B., Estrada, D., Tamayo, M., Cantora, A., Figueroa, J. L., . . . Tellez, M. M. (2023). Intoxicación infantil por plomo en México: otras fuentes de exposición más allá del barro vidriado (Ensanut 2022). *Salud Pública de México* , 3(1), 1-7.
- Blas, S., Cajaleón, A., Cajaleón, M., Pareja, P., León, J. S., Yucra, A., & C, A. H. (2022). Situación de manejo de las baterías de plomo ácido en el Perú. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias*, 1-8.
- Chomba, C., & Valerio, M. (2021). Evaluación de la Calidad de aire en escenarios de congestión vehicular provenientes del parque automotor - distrito de San Borja, 2021. *Universidad Cesar Vallejo*, 1-71. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86068/Chomba_NCA-Valerio_MMG-SD.pdf?sequence=1
- Chuquija, I. (2021). Contaminación del aire producido por el parque automotor de vehículos menores de la categoría I5 y su incidencia en el impacto vial en la ciudad de Juliaca. *Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez*, 1-10. Obtenido de <https://revistas.uancv.edu.pe/index.php/RCIA/article/download/920/779>
- Córdoba, R. (2022). La importancia de la mapeación de los ecosistemas y sus servicios para la planificación urbana. *Cuaderno de Investigación Urbanística*, 1-88.
- Cuellar, L. D., Palomá, M. P., Puentes, N., & Polania, A. (2022). Determinación del nivel de contaminación por partículas suspendidas totales de industrias procesadoras de minerales del municipio de Palermo, Huila, Colombia. *Revista Ingeniería y Región*, 1-13.



- Cuellar, L. D., Palomá, M. P., Puentes, N., & Polania, A. (2022). Determinación del nivel de contaminación por partículas suspendidas totales de industrias procesadoras de minerales del municipio de Palermo, Huila, Colombia. *Revista Ingeniería y Región*, 1-13.
- Disalvo, L., Cassain, V., Fasano, M., Zar, G., Varea, A., & B, M. (2022). Exposición ambiental a plomo y biomarcadores de estrés oxidativo en niños sanos de La Plata, Argentina. *Arch Argent Pediatr*, 1-6.
- EPAEU. (23 de Abril de 2024). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Flores, R., Ginez, P. A., Alfaro, R., Flores, E. L., & Flores, E. (2024). Efecto del Parque Automotor en el Nivel de Contaminación por Dióxido de Carbono en la Ciudad de Puno. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* , 1-19.
- Förster, J., & López, I. (2022). Neurodesarrollo humano: un proceso de cambio continuo . *de un sistema abierto y sensible al contexto*, 1-9.
- Gonzales, F. (09 de Mayo de 2022). Las urgencias ambientales de Arequipa. *La Republica*, pág. 2. Obtenido de <https://larepublica.pe/sociedad/2022/05/09/las-urgencias-ambientales-de-arequipa-lrsd>
- Guapi, G., Guerron, V., & Moreno, R. (2022). Valoración del riesgo para la salud por consumir Bocachico y dama con metales pesados. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 1-17.
- Guillén, S. (2023). Universidades líderes en sostenibilidad: un análisis de las iniciativas de huella de carbono en Latinoamérica. *South Sustainability*, 1-24.



- Haroldo, R. L. (2022). Consecuencias para la salud de una elevada concentración de plomo en sangre en niños nehores de 6 años. *Área de Evaluación de Tecnologías en Salud*, 1-7.
- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. En R. Hernández, & C. P. Mendoza, *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (págs. 1-753). Mexico: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Holguín, C. (2022). Gestión de tráfico vehicular y calidad del aire del Centro Histórico de Cusco, 2021. *Universidad Cesar Vallejo*, 1-71. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83235/Holgu%C3%ADn_RCR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Horn, A. (16 de Febrero de 2024). *Todo lo que necesitas saber sobre los peligros del plomo para tu salud*. Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2024/02/plomo-todo-necesitas-saber-peligros-salud>
- La Republica. (2021). *El aire que respira el Perú es el más contaminado de toda América Latina*. Lima: La Republica.pe. Obtenido de <https://larepublica.pe/sociedad/2022/03/26/peru-esta-en-el-puesto-1-de-los-10-paises-de-america-latina-con-la-peor-calidad-de-aire-segun-estudio-de-iqair>
- Lizalde, P., & Merino, J. (2021). Estudio sobre la Determinación y Caracterización del Material Particulado Sedimentable Generado por Actividades Antrópicas en el Perímetro Urbano del Cantón Chambo. *Universidad Nacional de Chimborazo*, 1-63. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://dspace.unach.edu.ec/bitstream



m/51000/8538/1/Lizalde%20Alvarado%20P.%20E2%80%93%20Merino%20J
ima%20J.%20282022%29%20Determinaci%C3%B3n%20y%20caracterizaci%C3%B3n%20del%20material%20particulado%20s

López Terán, J., Correa, J., Cano, Y., & Portero, J. B. (2022). Análisis de los gases emitidos por la combustión y las partículas en el aire de los estacionamientos en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 1-19.

Manrique, F. (2024). Análisis de las Concentraciones de Material Particulado MP2.5 y MP10 en Cinco Paradas de la Metrovía de la Ciudad de Guayaquil. *Universidad Agraria del Ecuador*, 1-102. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MANRIQUE%20VILLEGAS%20FLOR%20DENISSE.pdf

Mansilla, K., Guinez, N., & Jelde, F. (2022). Cuando la comunidad es invisible: responsabilidad social empresarial en la industria minera. *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 1-19.

Martínez, M. E., Reyes, C. A., Chávez, D. R., & Flores, J. G. (2020). Efectos a la salud ante exposición de metales pesados Mercurio, Plomo y arsénico en niños. *Revista electrónica semestral en Ciencias de la Salud*, 1-11.

MINSA. (24 de Octubre de 2023). *DIGESA realizó mesa redonda por la Semana Internacional de la Prevención de la Intoxicación por Plomo 2023*. Obtenido de Ministerio de Salud: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/noticias/Octubre2023/nota80.asp>

Montero, R. (22 de Enero de 2022). Normas Legales. *Diario Oficial del Bicentenario*, págs. 1-64.



- Narváez, M. E., Pozo, C. E., & Alonzo, O. M. (2020). Intoxicación por plomo y efectos neurocomportamentales en la asociación de Carpinteros ciudad de Tulcán, 2018. *Revista Universidad y Sociedad*, 1-7.
- Navarro, L. G., Vázquez, L., Rangel, A., & González, J. (2022). Contaminación y hongos: resistencia a metales pesados. *M Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 1-18.
- Ochoa, J. A., & Guzmán, A. (2020). La vulnerabilidad urbana y su caracterización socioespacial. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 1-18.
- OMS. (31 de Agosto de 2022). *Intoxicación por plomo y salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=Su%20uso%20generalizado%20ha%20dado%20lugar%20a%20una,de%20salud%20p%C3%ABblica%20en%20muchas%20partes%20del%20mundo>.
- Palacios, Í. d., & Moreno, D. W. (2022). Contaminación ambiental. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 1-11.
- Perales, N. (2020). Estudio sobre Niveles de Plomo en el Suelo de Áreas de Recreación Infantil Afectados por el Parque Automotor y Riesgos en la Salud de los Niños de la Ciudad de Cajamarca – 2019. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 1-128. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4040/Tesis%20Nilton%20Perales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quispe, K. (2023). Evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado menor a 10 micras, metales y metaloides en las zonas de alto tránsito vehicular -



- Juliaca, 2021. *Universidad Nacional Autónoma de Juliaca*, 1-56. Obtenido de <http://repositorio.unaj.edu.pe/handle/UNAJ/255>
- Ríos, J. C., & Villarroel, L. (2020). Estudio de metales urinarios y plomo en sangre: parámetros poblacionales en Antofagasta, 2018. *Revista Med Chile*, 1-9.
- Roca, J. (2022). La Política climática y los combustibles fósiles: una perspectiva desde la oferta. *Revista de Economía Crítica*, 1-17.
- Rojas, A., & Guerra, M. (2022). Nivel de contaminación del aire urbano por partículas suspendidas respirables (PM-10 y PM-2,5). *Revista Amazónica De Ciencias Ambientales Y Ecológicas*, 1-11.
- Romero, O. J., Prieto, F., & Prieto, J. (2022). Modelo de Virginia Henderson Específico para pacientes Adultos intoxicados con plomo. *Revista electrónica semestral en Ciencias de la Salud*, 13(1), 1-14.
- Salas, C., Garduño, M., Mendiola, P., Vences, J., Zetina, V., Martínez, & Ramos, M. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 1-16.
- Sazcha, O., Labra, D., & García, L. (2020). Midiendo la exposición del cambio climático en las ciudades mesoamericanas. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1-12.
- Silva, M. J., & Salinas, D. (2022). La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica Uisrael*, 9(1), 1-12.
- Tellez, M. (2022). México estimó la contaminación por este elemento entre la población infantil de 1 a 4 años. *Centro de Investigación en Nutrición y Salud*, 1-5.
doi:<https://www.resumenlatinoamericano.org/2021/07/27/ecologia-social-mercurio-y-plomo-amenazan-a-la-poblacion-en-america-latina/>



- Trujillo, Caballero, & Ramón. (2019). Determinación de las concentraciones de metales pesados presentes en el material particulado PM (10) del municipio de San José de Cúcuta, norte de Santander. *Revista Ambiental*, 1, 1-14.
- Vélez, E. J., & Alonso, A. (2022). Análisis del hormigón hidráulico aplicando polvo de neumáticos reciclado para el uso en pavimentos rígidos. *Polo del conocimiento*, 7(9), 1-22. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-AnalisisDelHormigonHidraulicoAplicandoPolvoDeNeuma-9401533.pdf>
- Vivanco, E. (2022). Evaluación de la concentración de PM10 y plomo en el aire ambiental, en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales en el Callao. *Universidad Nacional Agraria la Molina*, 1-49. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4027>
- WHO. (23 de Mayo de 2021). *The public health impact of chemicals: knowns and unknowns*. Obtenido de World Health Organization: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-FWC-PHE-EPE-16-01>
- Zea, Z. (21 de Noviembre de 2023). *Juliaca, una ciudad inundada en basura: ¿por qué?* Obtenido de La Republica : <https://larepublica.pe/sociedad/2023/11/21/juliaca-una-ciudad-inundada-en-basura-por-que-puno-municipalidad-de-san-roman-lrsd-859698>



ANEXOS



ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD
GENERAL: ¿Cuál es el grado de contaminación del aire por plomo y material particulado en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca?	GENERAL: Determinar cuál es el grado de contaminación del aire por plomo y material particulado en el Parque 2 de Vilcapaza.	GENERAL: El grado de contaminación del aire por plomo y material particulado (PM ₁₀) en el Parque 2 de Vilcapaza excede los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental peruana debido a la influencia de fuentes vehiculares y condiciones urbanas desfavorables.	VARIABLE DE CARACTERIZACIÓN Plomo Material particulado (Pm10)	Pb Pm10	(µg) (m3)
ESPECÍFICOS: 1) ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación vehicular que contribuyen a la emisión de plomo y material particulado en el aire del Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024?	ESPECÍFICOS: 1) Determinar cuáles son las principales fuentes de contaminación vehicular que contribuyen a la emisión de plomo y material particulado en el aire del Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024	ESPECÍFICOS: 1) La concentración elevada de plomo y material particulado (PM ₁₀) en el aire del Parque 2 de Vilcapaza está significativamente asociada al alto flujo vehicular los cuales constituyen fuentes primarias e indirectas de emisiones contaminantes.	VARIABLE DE INTERÉS Grado de contaminación en el aire	Pb Pm10	(µg/m3)
2) ¿Cuál es nivel de concentración de plomo y material particulado (PM10) en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024?	2) Determinar el nivel de concentración de plomo y material particulado (PM10) en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024	2) Las concentraciones de plomo y PM ₁₀ en el Parque 2 de Vilcapaza superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por la normativa peruana, evidenciando un riesgo significativo para la salud pública.			
3) ¿Qué acciones se pueden tomar para reducir la contaminación de plomo y material particulado en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024?	3) Determinar las acciones para reducir la contaminación de plomo y material particulado en el Parque 2 de Vilcapaza Juliaca 2024	3) La implementación de medidas como el control de tránsito vehicular, la gestión de emisiones durante actividades de construcción y la incorporación de áreas verdes permitirá reducir significativamente los niveles de plomo y material particulado en el aire del Parque 2 de Vilcapaza.			

ANEXO 2. Panel Fotográfico

Figura 1

Punto 1 del muestreo sacando las coordenadas respectivas



Figura 2

Punto 2 del muestreo sacando las coordenadas respectivas en el parque 2 Vilcapaza



Figura 3

muestreo del punto 4 en el parque 2 Vilcapaza



Figura 4

Punto 5 muestreando la calidad del aire parque 2 Vilcapaza



Figura 5

Punto 5 moviendo el muestreador por la lluvia



Figura 6

Instalación de la máquina de muestreador HIVOL



Figura 7

Colocando el filtro al muestreador HIVOL





ANEXO 3. Resultados de laboratorio.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE MONITOREO DE AIRE

INFORME N° LCA003-24

I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. **Solicitante:** Camila Qquellon Huaman

1.2. **Proyecto :** DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Número de puntos** : 05
- 2.2. **Muestreado por** : El laboratorio
- 2.3. **Departamento** : Puno
- 2.4. **Provincia** : San Román
- 2.5. **Distrito** : Juliaca
- 2.6. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Punto de monitoreo y/o coordenada	Fecha de monitoreo	Hora de monitoreo
P - 1	E: 379369 N: 8287680	18/09/2024	07:00
P - 2	E: 379360 N: 8287702	19/09/2024	08:00
P - 3	E: 379350 N: 8287721	20/09/2024	08:30
P - 4	E: 379321 N: 8287670	21/09/2024	09:00
P - 5	E: 379333 N: 8287680	22/09/2024	09:30

III. RESULTADOS

Código	Material Particulado (µg/m3)	Plomo (µg/m3)
P1	115.6	1.3
P2	118.5	1.7
P3	114.6	1.2
P4	110.5	0.9
P5	99.5	0.7

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Metales: Determinación de plomo por el método de digestión en Absorción Atómica
Material particulado (PM10) método gravimétrico
Normatividad: D.S. N° 003-2017 - MINAM y NTPA 900.030 2003

Juliaca, 26 de setiembre del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mglo. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - IFCP

N°.B.E.: 00302254
Página 1 de 1

ANEXO 4. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

Anexo
Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Criterios de evaluación	Método de análisis ^[1]
Benceno (C_6H_6)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
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	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) ^[2]	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O_3)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM_{10}	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM_{10} (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

^[1] o método equivalente aprobado.^[2] El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 30/09/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: CAMILA QQUELLON HUAMAN

Dirección: Jr la victoria Mz. D lot. 10 espaldar Parque dos de Mayo - Juliaca

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70940101

Teléfono: 927622066 email: camiqh28@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PARQUE 2 DE VILCAPAZA JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): Contaminación del aire, Espectrofotometría de absorción atómica, HiVol, PM10, plomo, tráfico vehicular, calidad del aire, Estándares de Calidad Ambiental

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

Firma de Autor



huella digital

30 de Setiembre del 2025

Fecha