

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y VALORACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD HUMANA - 2019

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Cs. PERCY BALTAZAR LUDEÑA PEREYRA

Asesora:

Dra. CONSUELO PLASENCIA ALVARADO

Cajamarca, Perú

2023

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: Percy Baltazar Ludeña Pereyra
DNI: 10362030
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias.
Programa de Doctorado, Mención: Gestión Ambiental y Recursos Naturales
2. Asesora: Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Material particulado PM₁₀ en el aire de la ciudad de Cajamarca y valoración del
impacto en la salud humana - 2019
6. Fecha de evaluación: **18/05/2024**
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **14%**
9. Código Documento: **3117: 355720702**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO
Fecha Emisión: 18/07/2024

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
DNI: 26717688

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2023 by
PERCY BALTAZAR LUDEÑA PEREYRA
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDUC/D
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las 16:30 horas, del día 21 de julio del año dos mil veintitrés, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el Dr. MARCIAL HIDELSO MENDO VELÁSQUEZ, Dr. JUAN FRANCISCO SEMINARIO CUNYA, Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA y en calidad de Asesora, la Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y VALORACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD HUMANA - 2019**; presentada por el Maestro en Ciencias Mención: Gestión Ambiental **PERCY BALTAZAR LUDEÑA PEREYRA**

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR..... con la calificación de D.I.E.C.T. D.E.T.E. (17)..... la mencionada Tesis; en tal virtud, el Maestro en Ciencias Mención: Gestión Ambiental **PERCY BALTAZAR LUDEÑA PEREYRA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Siendo las 18:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Asesora


.....
Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez
Presidente-Jurado Evaluador


.....
Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
Jurado Evaluador


.....
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador

A:

A Dios por darme la vida y poner en mi camino personas maravillosas.

A mi angelito Guadalupe, gracias por tu magia.

A mi esposa Lupita Haydee, el amor de mi vida, a mi hijo Asdrubalito de la buena suerte.

Agradecer a mi asesora Dra. Consuelo Plasencia, mi gratitud y respeto.

A mi Madre Teresa, mis hermanos y sobrinos.

A todos ustedes que Dios los bendiga siempre.

Un país que deteriora sus propias tierras está cavando su propia ruina. Los bosques actúan como los pulmones de nuestro planeta, limpiando el aire y brindando energía vital a sus habitantes.

- Franklin D. Roosevelt

CONTENIDO

LISTA DE ABREVIACIONES _____	ix
RESUMEN _____	x
ABSTRACT _____	xi
CAPÍTULO I _____	1
INTRODUCCIÓN _____	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general _____	2
1.2.2 Problemas secundarios: _____	2
1.3 Justificación de la investigación	3
1.3.1 Justificación teórica _____	3
1.3.2 Justificación metodológica _____	3
1.3.3 Justificación práctica _____	4
1.4 Objetivos de la investigación	4
1.4.1 Objetivo general _____	4
1.4.2 Objetivos específicos _____	5
CAPÍTULO II _____	6
MARCO TEÓRICO _____	6
2.1 Antecedentes	6
2.1.1 A nivel internacional _____	6
2.1.2 A nivel nacional _____	11
2.2 Marco Legal.	12
2.3 Bases Teóricas.	15
2.4 Definición de términos básicos.	23
CAPÍTULO III _____	26
HIPÓTESIS Y VARIABLES _____	26
3.1 Hipótesis	26
CAPÍTULO IV _____	27
MARCO METODOLÓGICO. _____	27
4.1 Ubicación geográfica	27
4.2 Diseño de la investigación	29
4.3 Método de la investigación	32
4.4 Unidad de análisis, Población y muestra	33

4.5	Unidad(es) de observación.	33
4.6	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	33
4.7	Técnicas para el procesamiento y análisis de información	34
CAPÍTULO V _____		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN. _____		35
5.1	RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM10 EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA.	37
5.2	VALORACIÓN DE LA POSIBLE AFECTACIÓN A LA SALUD HUMANA POR ALTOS NIVELES DE MATERIAL PARTICULADO PM10.	46
CAPÍTULO VI _____		65
PROPUESTA TEÓRICA COMO PARTE DEL MONITOREO DE MATERIAL PARTICULADO PM10 _____		65
CONCLUSIONES _____		70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. _____		71
ANEXOS _____		76
APÉNDICE _____		84

LISTA DE ABREVIACIONES

CO	: Monóxido de carbono
CO ₂	: Dióxido de carbono.
Cr	: Cromo.
EPP	: Equipo de protección personal.
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
NO _x	: Óxidos de nitrógeno
So _x	: Óxidos de azufre
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
VOC	: Compuestos orgánicos volátiles

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, determinar las concentraciones de material particulado PM10 en el aire de la ciudad de Cajamarca y su posible afectación a la salud humana, para lo cual se realizó monitoreos en 5 puntos, con los siguientes resultados: Plaza de Armas, 78,3 ug/m³; Ovalo Musical, 115,4 ug/m³; Mercado San Antonio, 114,6 ug/m³; Paradero salida a la Costa, 138,7 ug/m³; Inmediaciones del Centro Comercial Metro de Angamos, 106,4 ug/m³. Estas concentraciones, al ser evaluadas con el Estándar Nacional de Calidad del Aire, a excepción de la Plaza de Armas, exceden en un 15,4% en el Ovalo Musical, en 14,6% en el Mercado San Antonio, en 38,7% en el paradero salida a la Costa, 6,4% a inmediaciones de Centro Comercial Metro de Angamos. Todos los valores exceden las directrices de la OMS.

La mayor concentración de PM₁₀, se registró en el punto de monitoreo paradero salida a la costa y por lo tanto también la posible mayor afectación a la salud humana.

La posible afectación a la salud humana se evaluó mediante una matriz de Conesa modificada, en la cual se interactuó entre la concentración de material particulado en el punto de monitoreo y las posibles afectaciones a la salud humana, tal como se muestra en las matrices correspondientes.

Palabras clave: Material particulado PM10, calidad del aire, ECA de Aire, directrices de la OMS.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the concentrations of PM10 particulate matter in the air of the city of Cajamarca and its possible affectation on human health, for which monitoring was carried out at 5 points, with the following results: Plaza de Armas, 78,3 ug/m³; Musical Oval, 115,4 ug/m³; San Antonio Market, 114,6 ug/m³; Exit to the Coast, 138,7 ug/m³; Vicinity of the Metro de Angamos Shopping Center, 106,4 ug/m³. These concentrations, when evaluated with the National Air Quality Standard, with the exception of the Plaza de Armas, exceed by 15,4% in the Musical Oval, by 14,6% in the San Antonio Market, by 38,7% in the exit to the Coast, 6,4% in the vicinity of Centro Comercial Metro de Angamos. All values exceed WHO guidelines. The highest concentration of PM10 was recorded at the whereabouts monitoring point exiting the coast and therefore also the possible greatest impact on human health. The possible impact on human health was evaluated using a modified Conesa matrix, in which the concentration of particulate matter at the monitoring point interacted with the possible effects on human health, as shown in the corresponding matrices.

Keywords: PM10 particulate matter, air quality, Air ECA, WHO guidelines.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A partir desde hace 30 años, la Organización Mundial de la Salud (OMS) elabora y actualiza guías para orientar referente a las normativas que salvaguardan el bienestar de la comunidad mediante la regulación de la pureza atmosférica. Estas guías tienen como objetivo principal asistir a los estados y organizaciones no gubernamentales en la mitigación de la contaminación atmosférica y la prevención de sus impactos negativos en la salud. Entre los contaminantes más nocivos se encuentra el material particulado. Sin embargo, aún falta información completa para establecer límites seguros y objetivos específicos para ciertas clases de partículas, incluyendo aquellas relacionadas con el carbono negro y el carbono elemental, así como estrategias efectivas para disminuir su liberación al ambiente. (OMS, 2021).

Durante el 68° encuentro de la OMS en Ginebra, las naciones del globo admitieron que la polución del aire constituye un grave desafío para la salud global. Durante la conferencia, se estimó que las emisiones nocivas al ambiente ocasionan aproximadamente 3.7 millones de fallecimientos cada año, con un 80% de los casos vinculados a problemas cardíacos, un 14% a trastornos pulmonares y afecciones respiratorias, y un 6% a cáncer de pulmón. Además, investigaciones que se han realizado por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer han vinculado el material particulado con aumentos en las tasas de cáncer a nivel mundial, resaltando la importancia de abordar este contaminante en la lucha contra la enfermedad. [CODS], 2019).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2022), la investigación sobre el impacto del Material Particulado (PM) en la salud y el medio

ambiente muestra que hay una correlación de forma directa entre el tamaño de las partículas y la probabilidad de que provoquen daños a la salud. Las partículas finas, con un diámetro de 10 micrómetros (PM10) o menos, resultan particularmente alarmantes por su habilidad para penetrar en las áreas más recónditas de los pulmones y, en ciertas situaciones, para difundirse al sistema circulatorio.

El contacto con partículas finas en el aire tiene consecuencias negativas para el sistema respiratorio y cardiovascular. Esta exposición está asociada con una serie de afecciones adversas, incluyendo fallecimientos prematuros en individuos con patologías cardíacas o respiratorias, infartos no mortales, arritmias cardíacas, exacerbación del asma, reducción en la capacidad pulmonar y un incremento en los síntomas de la vía respiratoria como la irritación, la tos y las dificultades para la respiración. Los grupos más vulnerables a estos efectos son las personas con condiciones preexistentes del corazón o los pulmones, así como los niños y los ancianos. (EPA, 2022).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué concentración de material particulado PM10 existe en el aire de la ciudad de Cajamarca y su posible afectación a la salud humana?

1.2.2. Problemas secundarios:

- a. ¿En qué medida la concentración de material particulado PM10, excede el estándar de calidad de aire en la ciudad de Cajamarca?
- b. ¿En qué medida la concentración de material particulado PM10 en la ciudad de Cajamarca, excede las directrices de la Organización Mundial de la Salud?

- c. ¿Cuál es la posible afectación del material particulado PM10 en la salud de la población de la ciudad de Cajamarca?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación teórica

El contacto con dichas partículas tiene el potencial de comprometer seriamente tanto el sistema respiratorio como el cardiovascular. Se ha observado una serie de afecciones asociadas a tal contacto, incluyendo: fallecimiento anticipado en individuos con patologías cardíacas o respiratorias, episodios cardíacos no mortales, arritmias, exacerbación del asma, reducción en la capacidad pulmonar y se observa un aumento en los síntomas respiratorios tales como la inflamación de los conductos del aire, la tos o las dificultades para inhalar. Aquellos con afecciones respiratorias o cardíacas preexistentes, así como los infantes y los ancianos, son especialmente susceptibles a los efectos nocivos de la polución por partículas.

El equipo conocido como GESTA, establecido en Cajamarca mediante la Ordenanza Municipal N° 479-CMPC, actualmente no está involucrado en la implementación o el desarrollo de planes y acciones enfocados en la administración técnica de la calidad del aire.

1.3.2. Justificación metodológica

Los estudios se enfocan en la medición de partículas PM10 utilizando el método gravimétrico, reconocido por la EPA. Este proceso se lleva a cabo con un muestreador HIVOL equipado con filtros de cuarzo que capturan las partículas. Los filtros se pesan antes y después del monitoreo para calcular la concentración de PM10

basándose en la variación de peso. Además, el equipo utilizado para las mediciones está debidamente calibrado.

En la normativa peruana, específicamente en el Decreto Supremo 003 2017 del MINAM, se ha adoptado el método gravimétrico como el estándar para la recopilación de cada muestra de los materiales particulados. Adicionalmente, se ha reducido el límite aceptable de las concentraciones de PM10 de 150 a 100 microgramos por cada metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a nivel nacional.

Exceder la concentración que exige el estándar nacional de las calidades del aire, son indicadores que es posible que las calidades del aire afecten a la salud humana.

1.3.3. Justificación práctica

Comprender la porción del aire que es respirable es esencial. Esta se refiere a la parte que respiramos y que entra al sistema respiratorio a través de la tráquea, denominada PM10. Estas son partículas suspendidas con un diámetro de 10 micrómetros o menos, las cuales podrían poseer efectos desfavorables en la salubridad de la población.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar la concentración de material particulado PM10 en el aire de la ciudad de Cajamarca y valoración del impacto en la salud humana - 2019.

1.4.2. Objetivos específicos

- a.** Determinar la concentración de material particulado PM10 en el aire de la ciudad de Cajamarca que exceden el Estándar Nacional de Calidad del Aire – ECA Aire. (D.S. 003-2017-MINAM).
- b.** Determinar la concentración de material particulado PM10 que excede los lineamientos de Calidad del Aire establecidos por la OMS.
- c.** Cuál es la posible afectación a la salud humana por la concentración de material particulado PM10 en el aire de la ciudad de Cajamarca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Ramírez (2022), en la tesis titulada “Emisión y composición química del material respirable (PM10) emitido por suelos y caminos de la región semiárida en Argentina”, se concluyó que la cantidad de partículas PM10 en los caminos rurales era comparable o superior a la encontrada en terrenos de cultivo. Este trabajo resalta la relevancia de los caminos rurales en la emisión y dispersión de PM10 y otras sustancias contaminantes en el aire y otros lugares. Se observó que la emisión de PM10 en suelos filtrados con una malla de 2 mm variaba, registrando 2,5 μg en el punto S5 y alcanzando un pico de 15,4 μg en el punto S7, siendo este el valor más elevado. A partir de estos datos, se sugiere que un aumento en los niveles de PM10 podría derivarse de cambios en el uso del suelo hacia prácticas que reduzcan la cobertura vegetal del suelo.

Del Blanco (2021), investigó, “Influencia de la microestructura de la precipitación en las características del aerosol atmosférico”, analizó la concentración de carbono negro (BC) en la zona circundante a León entre enero de 2016 y marzo de 2017. En esta área, el carbón es un combustible común para la calefacción doméstica. Se encontró que al promedio anual de percepción de carbono era de $0,9 \pm 0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el periodo frío el 74% de la quema de biomasa, La estimación que mencionas, $0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los años de diciembre de 2016 y enero de 2017. Este hallazgo concuerda con el Exponente de Absorción de Ångström (AAE), que registró su pico más alto en enero de 2017, con un valor de (1.43 ± 0.37) , atribuido

principalmente a la intensa quema de biomasa y la incineración de carbón.

Arroyo (2020), en su trabajo bajo el título “Influencia de los factores ambientales en variables adversas al nacimiento en España”, reveló que, de un total de 6,105 recién nacidos a lo largo de nueve años, hubo una incidencia de bajo peso al nacer relacionada con altos niveles de PM10 en el ambiente. Asimismo, se registraron 15,860 casos de nacimientos prematuros vinculados a esta misma causa. Se estima que reducir la concentración de PM10 en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ podría resultar en una disminución del 13% en nacimientos con bajo peso y del 17% en partos prematuros. El estudio sugiere que es crucial controlar la exposición a contaminantes ambientales para minimizar la morbilidad y mortalidad perinatal. Se recomienda implementar políticas de salud pública, planes integrados y acciones estructurales enfocadas en disminuir la cantidad de vehículos en áreas urbanas, mitigando así el riesgo de exposición a la contaminación atmosférica en mujeres embarazadas en España.

Tarín (2020), en su estudio presentado como tesis doctoral en la Universidad de Murcia con el título “Estimación de los impactos de la contaminación atmosférica y el cambio climático en la mortalidad en Europa”, sugiere que la contaminación del aire representa una amenaza global debido a sus efectos nocivos. El estudio proyecta un incremento del 71,96% en las defunciones anticipadas para el periodo de 2031 a 2050, lo que equivale a 1540 fallecimientos adicionales en Europa. Además, destaca la preocupación por el envejecimiento demográfico, ya que los mayores son especialmente susceptibles a los riesgos asociados con la polución atmosférica.

Yohannessen (2020), en la investigación titulada “Impacto de la introducción de la reforma al transporte público en la calidad del aire de Santiago de Chile” del año 2020, Yohannessen examinó datos de contaminantes atmosféricos

provenientes de ocho estaciones gubernamentales. Los hallazgos revelaron que los niveles de partículas en suspensión superaron los límites normativos, registrando entre

En el estudio de Soledad (2020) desarrolló y aplicó un método innovador para evaluar y administrar la condición del aire utilizando técnicas de ciencia de información. Este análisis se basó en las informaciones recopiladas de tres temporadas urbanas de monitoreo que registraron niveles de PM10. Los resultados indicaron que las concentraciones promedio de partículas PM10 fueron de 30,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Centenario, 28,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Córdoba y 29,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en La Boca. Utilizando estos datos, se creó un molde predictivo de PM10 específico para el Área Metropolitana de Buenos Aires, revelando un sesgo negativo y destacando el peligro de la contaminación del aire al que está sometida la población local.

Faccioli (2019), en su trabajo titulado “Calidad del aire y ciudad inteligente (Smart City)”, se propone que la preservación de la calidad del aire impulsa el progreso de las urbes hacia un futuro más sostenible. Se anticipa que para el futuro, un 70% de los habitantes del planeta residirá en áreas urbanas, convirtiéndolas en el eje central para la mayoría de la gente. Ante esto, se plantea la necesidad de adoptar un modelo urbano renovado que responda a los retos contemporáneos como el aumento poblacional, las transformaciones demográficas, la degradación de recursos naturales y la disminución de la calidad del aire, entre otros aspectos críticos.

Oyarzún y Valdivia (2021), en la revista médica cuyo título es, “Impactos en la salud por la contaminación del aire”, destacan la función vital del sistema inmunológico y del aparato mucociliar en la defensa de nuestro sistema respiratorio. Estos sistemas trabajan incesantemente para filtrar aproximadamente 9 metros

cúbicos de aire al día, aire que varía en su nivel de contaminantes. Se observa que la presencia de partículas PM10 está directamente relacionada con una elevación en el acontecimiento de enfermedades virales en niños, como la gripe y los resfriados comunes, y un aumento en las hospitalizaciones de estudiantes debido a la gripe en Chile. Por ello, es imperativo que las autoridades implementen estrategias de mitigación de la polución ambiental adaptadas a las condiciones locales. Asimismo, es esencial que la comunidad esté alerta sobre los peligros ambientales y que los investigadores se comprometan a difundir informaciones sobre los peligros a los que se exponen la comunidad.

Megido (2018), en la tesis denominada “Material particulado en el aire ambiente de la zona este de Gijón”, revela que, durante el año 2013, las mediciones de partículas PM10 en Avilés y Gijón excedieron más de 35 veces el umbral diario permitido de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Como respuesta a estos hallazgos, en 2014, el gobierno del Principado de Asturias implementó planes para mejorar la calidad del aire en las áreas centrales de Avilés y en la conurbación de Gijón.

Darío (2018), en su investigación “Material particulado en el aire ambiente de la zona este de Gijón: Niveles, composición y contribución de fuentes”, presentada en la Universidad de Oviedo, aborda un análisis en la Ciudad de Córdoba utilizando datos de una red de monitoreo de la contaminación atmosférica. Este estudio evaluó los riesgos para la salud y proporcionó datos cruciales para la formulación de políticas tanto públicas como privadas. Se destaca un notable incremento en la cantidad de vehículos por habitante entre 2009 y 2015, con un aumento del 186% en la flota vehicular, frente a un crecimiento poblacional de menos del 4%. Si esta tendencia continúa, se proyecta que para 2021 existirán 170 vehículos por cada 100 personas

aptas para conducir. El monitoreo se llevó a cabo siguiendo el protocolo U.S.EPA TO14 apéndice B de 1999, utilizando un dispositivo portátil de la marca RAE Systems.

Barbera (2017), en su estudio titulado “Exposición al humo de incendios forestales y mortalidad en Valencia”, muestra que los incendios forestales han tenido un impacto significativo en la calidad del aire en la región estudiada, con niveles de PM10 que superan los de los días sin incendios. Durante el periodo de 2009 a 2013 en Valencia, se evidenció que los incendios forestales tuvieron consecuencias en la salud pública. La frecuencia de incendios correlacionó con un aumento del 10.9% en la mortalidad no accidental. Específicamente, en personas mayores de 70 años, el riesgo de mortalidad no accidental se elevó en un 9.2% en días de incendio. Por ende, se concluye que el incremento en las concentraciones de PM10 durante el periodo analizado estuvo asociado con un mayor riesgo de mortalidad general y respiratoria, aumentando en 2.2%, 5.5% y 2% por cada incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM10.

Sanfelix (2017), en la tesis exploró métodos para medir las emisiones de partículas en áreas industriales. Su estudio reveló que actividades como el transporte y la manipulación de materiales en polvo al descubierto son causantes significativos de la polución del aire en zonas urbanas, especialmente debido a la construcción. Además, evaluó la efectividad de usar agua y aditivos químicos como el acetato de calcio y magnesio en caminos sin asfaltar. La técnica que propuso es considerada innovadora y vital para reducir la contaminación ambiental.

Izquierdo (2017), en su investigación, *Análisis de la concentración, elementos constitutivos y origen de las partículas suspendidas en el aire en la zona*

sur de Gijón, tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, durante la campaña de monitoreo de material particulado por 9 días, encontró que los valores sobrepasaron los límites permisibles, El límite anual para las partículas PM10, fijado por el Real Decreto 102 de 2011, es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De los nueve días en que se excedió el límite diario, cinco fueron a causa de la llegada de polvo del continente africano, conforme a la información suministrada por las estaciones del Fondo Regional Suburbano en España.

Alsioufi (2017), en su investigación, abordó la caracterización de arsénico y antimonio en partículas atmosféricas en Andalucía. La investigación resalta un método innovador de extracción por microondas para analizar muestras de PM10, demostrando ser una opción preferible frente a la extracción ultrasónica. Este método se aplicó en cuatro estaciones de monitoreo de la calidad del aire en Córdoba y Granada, incluyendo una zona urbana (estación Lepanto), dos áreas con tráfico denso (estaciones Alnasir y Granada Norte) y una región con actividad industrial (Parque Joyero).

2.1.2. A nivel nacional

Mosqueira (2019), en el estudio, Evaluación de las Partículas PM2.5 y PM10 en la construcción de la carretera Chota – Cochabamba (Cajamarca), llevó a cabo un seguimiento de la concentración de partículas en distintos puntos, incluyendo la Plaza de Armas de Lajas y la Plaza de Cochabamba. Se detectó que los niveles de PM2.5 excedían en más del 50% los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental. Además, se registraron niveles de PM10 de 74,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la chancadora Ajípampa y 74,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la cantera El Molino durante diciembre de 2012, superando igualmente el 50% del estándar permitido. La conclusión del estudio

indica que, aunque las mediciones no rebasan los límites de las condiciones ambientales, la aparición de estas partículas da a conocer un peligro fuerte para la salud de los individuos y el medio ambiente.

2.2 Marco Legal.

2.2.1. Constitución Política del Perú.

La Constitución Política del Perú, en el Artículo 1, proclama en su primer artículo la protección de la persona y la dignidad de su ser como objetivo principal de la comunidad y del Estado. Adicionalmente, el segundo artículo enmarca los derechos esenciales del individuo, asegurando su derecho a la existencia, a la identidad personal, a su progreso y bienestar, así como el derecho a vivir en un entorno saludable y propicio para la vida.

En el Capítulo II, artículo 67, La Política Ambiental señala que es responsabilidad del Estado definir la estrategia ambiental del país y fomentar una explotación responsable de los recursos naturales, (Constitución Política del Perú, 1993).

2.2.2. Ley N° 28611 Ley General del Ambiente.

El artículo 31 de la Ley General del Ambiente especifica que el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es el criterio que determina la cantidad permitida de componentes o niveles de indicadores físicos, como químicos y también biológicos en el aire, agua o suelo. Estos estándares aseguran que no exista un peligro notable para la salubridad de individuos o el medio ambiente. Dependiendo del parámetro específico, estos niveles pueden ser definidos como valores máximos, mínimos o dentro de un rango establecido. (Ley General del Ambiente, 2005).

2.2.3. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

Este decreto establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el aire, que compone una guía esencial para la creación y ejecución de políticas de gestión ambiental, responsabilidad de los encargados de sectores productivos, de extracción y de servicios. Por su parte, el Ministerio de Salud tiene la potestad para anunciar Estados de Alerta Nacionales ante la presencia de contaminantes aéreos, con el fin de implementar de manera inmediata acciones preventivas para proteger la salud pública y limitar la exhibición de la población a estos contaminantes se da en ocasiones de elevados niveles de polución. La determinación de los niveles de alerta se realiza en colaboración con el Ministerio del Ambiente.

Tabla 1

Estándares Nacionales de Calidad de Aire para PM₁₀

Parámetro	Período	Valor (ug/m ³)	Criterios de evaluación	Método de análisis
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM10)	24 hrs	100	No exceda más de 7 veces al año	Separación inercial Gravimetría

Nota: Se basa en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM que Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.

Los ECA para aire representan una guía esencial que deben seguir los responsables de operaciones productivas, extractivas y de servicios al implementar herramientas de gestión ambiental. Estos estándares se utilizan específicamente para el control del PM10, un tipo de partícula en el aire, y establecen que la concentración máxima permitida de estas partículas es de 100 microgramos por metro cúbico (ug/m³) durante un periodo de 24 horas de monitoreo ambiental.

2.2.4. Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM.

Mediante Este decreto establece el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Aire Ambiental. Su propósito es recopilar datos que guíen la implementación de estrategias para alcanzar los estándares establecidos en la legislación ambiental. Según el artículo 133 de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, es responsabilidad de la Autoridad Ambiental Nacional definir los lineamientos para las actividades de seguimiento y control ambiental en el territorio nacional.

El documento técnico en cuestión detalla de forma explícita y directa las prácticas de verificación y gestión de calidad necesarias durante las fases de monitoreo. Esto incluye la realización de auditorías en las redes y estaciones de monitoreo, con el objetivo de dirigir las iniciativas hacia la optimización constante de los sistemas de monitoreo existentes en el país.

Por lo tanto, este instrumento se presenta como un recurso integral que proporciona dirección, estructura y estandarización en la supervisión de la calidad del aire. Ofrece apoyo esencial a organismos gubernamentales, entidades privadas e individuos, en cuanto a los procedimientos y metodologías requeridos para llevar a cabo las tareas de monitoreo y seguimiento dentro del marco de la gestión de la calidad del aire ambiental.

2.2.5. Ordenanza Municipal N° 179-2014-CPMC.

El Artículo 1 del decreto de la Municipalidad Provincial de Cajamarca del año 2014 ratifica la implementación del Plan de Trabajo del GESTA Zonal del Aire para el periodo 2014-2016. Este plan, alineado con el ****Plan de Acción para la Mejora de la Calidad del Aire**** en la región, se ejecutará en colaboración con el mencionado grupo técnico. Aunque la municipalidad no ha asignado un presupuesto específico para este fin, se contempla que tanto las entidades miembros del grupo técnico como la propia

municipalidad contribuyan financieramente cuando sea necesario o se reconozca la relevancia de las acciones propuestas.

2.3. Bases Teóricas.

2.3.1. Material particulado y la salud humana.

La discusión sobre las calidades del aire trasciende la mera observación de un cielo nublado, el funcionamiento de estaciones de monitoreo, la administración de situaciones ambientales críticas o la identificación de componentes contaminantes. En esencia, se trata de salvaguardar el bienestar y elevación de los estándares de vida de la gente. Las partículas en suspensión, que son más prevalentes en áreas metropolitanas, emanan principalmente de actividades como la manufactura industrial, el flujo vehicular, procesos de combustión, sistemas de calefacción y operaciones de incineración. Estas partículas se categorizan por su tamaño, un factor determinante en la severidad de su impacto y el riesgo potencial que representan para la salud humana y el medio ambiente.

2.3.2. Efectos del material particulado sobre la salud.

La OMS alerta sobre los peligros que representa la contaminación atmosférica para la salud pública. De manera recurrente, publica informes y alertas sobre la superación de los niveles seguros de contaminantes aéreos, establecidos para proteger la salud humana. Informes de la OMS de 2014, reafirmados en 2016, muestran que cerca del 92% de la población mundial habita en áreas donde cada nivel de calidad del aire no alcanza las recomendaciones de la organización. La alarma se centra en la polución troposférica, especialmente en las partículas PM10, las cuales son consideradas altamente dañinas para la salud si sus concentraciones sobrepasan los umbrales permitidos o las pautas de la OMS.

La exposición a estas partículas puede tener consecuencias graves para los pulmones y el corazón. Estudios científicos han establecido una relación entre las exposiciones a las partículas contaminantes y diversos trastornos de salud. Esto incluye un incremento en la mortalidad prematura de personas con afecciones cardiovasculares o respiratorias, incidentes cardíacos no mortales, irregularidades en el ritmo cardíaco, agudización de casos de asma, reducción en la capacidad pulmonar y un incremento en las manifestaciones de problemas respiratorios, tales como irritación en el sistema respiratorio, tos o dificultades para inhalar. Estos efectos tienden a ser más pronunciados en personas con condiciones cardíacas o pulmonares preexistentes, así como en niños y ancianos.

La OMS sostiene que reducir la contaminación del aire es una medida esencial para disminuir la incidencia de cada enfermedad como accidentes cerebrovasculares, cáncer de los pulmones y alguna enfermedad respiratoria crónica y aguda, incluido el asma. Una disminución en la contaminación atmosférica conlleva a una mejora significativa en la salud del corazón y los pulmones de las personas, beneficiando su bienestar tanto inmediatamente como en el futuro.

Las directrices actualizadas de la OMS de 2021 sobre la calidad del aire proporcionan una valoración detallada de cómo la contaminación del aire afecta la salud y cuáles son los niveles de contaminación considerados nocivos.

Se calculó que, en 2019, prácticamente la totalidad de la población global, un 99%, residía en áreas que no alcanzaban los estándares establecidos por las directrices de la OMS. Según cálculos de 2016, la contaminación atmosférica en áreas urbanas y rurales causa anualmente alrededor de 4.2 millones de muertes prematuras, con un 91% de estas

ocurriendo en países de ingresos bajos y medios, y las tasas más altas de mortalidad se encuentran en las regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental.

La implementación de una política y la inversión en transportes que sean los que menos contaminantes, la mejora en la eficiencia energética de hogares, la producción de energía y la industria, así como una gestión más eficiente de residuos urbanos, podrían mitigar las principales fuentes de contaminación aérea en las ciudades.

Además, la contaminación del aire interior debido al humo generado por la quema de biomasa y carbón para cocinar y calentar representa un riesgo significativo para aproximadamente 2,600 millones de personas.

2.3.3. Contaminación del aire por material particulado y afectación a la salud.

La aparición de partículas finas en el ambiente es un indicio clave de la condición del aire. Estas partículas están compuestas por una variedad de elementos como sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro sódico, carbonilla y minerales en polvo. Se trata de una mezcla compleja de Partículas tanto orgánicas como inorgánicas, que pueden ser sólidas o líquidas, suspendidas en la atmósfera. Estas partículas tienen un diámetro de 10 micrones o inferior (\leq PM10) tienen la capacidad de ingresar profundamente en los pulmones.

Las exposiciones prolongadas a estas partículas incrementan los riesgos de padecer la afección cardiovascular y respiratoria, así como el cáncer pulmonar. Hay un vínculo directo entre la alta exhibición a estas partículas y un incremento en la mortalidad y morbilidad, en periodos breves y también extendidos. De manera inversa, la disminución en los niveles de partículas gruesas y finas se asocia con una reducción en la mortalidad relacionada, siempre que otros factores permanezcan constantes. Con base en esto, las

autoridades pueden prever mejoras en la salud pública como resultado de la disminución de la contaminación por partículas finas.

Incluso en niveles bajos, la contaminación por las partículas finas puede producir cada efecto adverso en la salud, y hasta la fecha, no se ha identificado un umbral seguro por debajo del cual no existan daños a la salud. Por ello, los límites establecidos en las directrices de la OMS de 2021 buscan alcanzar las menores concentraciones posibles de estas partículas. Los lineamientos o directrices establecidos por la OMS sobre la calidad del aire para material particulado (PM10) son:

- 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual
- 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas de media diaria. (OMS, 2021).

2.3.4. Material particulado y la salud humana.

Invisibles a simple vista, numerosos contaminantes del aire tienen diversas consecuencias tanto en la atmósfera como en la salud de las personas. Diariamente respiramos alrededor de 8,000 litros de aire, cantidad que puede aumentar hasta 10,000 litros durante actividades físicas intensas. Este aire está compuesto por una mezcla de elementos dañinos, incluyendo gases, vapores y partículas suspendidas. De todos los contaminantes, las partículas finas son reconocidas por ser extremadamente nocivas para la salud, con efectos que varían según su tamaño y composición química.

Las partículas más pequeñas tienen una mayor capacidad para ingresar al cuerpo, ofrecen una superficie de contacto ampliada con los tejidos biológicos y poseen una reactividad química elevada. Esto se traduce en un riesgo incrementado de daño a los tejidos y órganos, que depende de las sustancias químicas peligrosas que contengan. Por ende, la mejora de la calidad del aire es fundamental para la salud pública. (Boldo, 2018).

2.3.5. Valoración cualitativa del impacto ambiental.

Conesa (2000), La Matriz de Importancia es una herramienta que facilita la valoración de cada posible impacto, tanto directos como indirectos, que proyectos o actividades pueden tener sobre elementos como la población, animales, plantas, suelo, aire y agua. Al determinar las acciones y cada componente ambiental que podrían ser afectados, esta matriz ayuda a realizar una evaluación ambiental cualitativa adecuada para un estudio de impacto ambiental de tipo simplificado. Tras identificar los impactos potenciales, es esencial prever y evaluar dichos efectos, lo cual se expresa mediante la fórmula siguiente:

$$I = - (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC).$$

Cada elemento se describe a continuación:

- **(I) Importancia del impacto**
- **(-) Naturaleza del impacto.** La razón por la que se enfoca únicamente en el aspecto negativo es porque conlleva consecuencias perjudiciales para la salud.
- **(IN) Intensidad.** La escala de valoración del impacto varía de 1 a 12, donde 1 representa el nivel más bajo de afectación.
- **(EX) Extensión.** Este término alude a la zona que será afectada por el impacto, la cual se considerará de magnitud uno debido a su carácter específico y al tipo de estudio realizado.
- **(MO) Momento.** Se entiende por este concepto el intervalo desde la iniciación de la acción hasta que se percibe su efecto. Dicho intervalo se califica con un valor de 3, debido a la prontitud de la respuesta.

- **(PE) Persistencia o duración.** Este concepto hace alusión a la duración del efecto, el cual puede ser efímero con una valoración de 1, de duración limitada con una valoración de 2, y de carácter continuo o prolongado con una valoración de 3.
- **(RV) Reversibilidad.** Este término describe la capacidad de recuperación del impacto. En este análisis, se considera que el impacto es reversible: si es a corto plazo, se le asigna un valor de 1; si es a mediano plazo, un valor de 2; y si es a largo plazo, un valor de 3. Se establece que, en caso de ser un impacto no reversible, se le otorgaría un valor de 4.
- **(SI) Sinergia.** Este enunciado indica que cuando varias causas interactúan y generan un efecto amplificado; sin embargo, en esta situación se ha asignado una valoración de 1, ya que no se anticipa un efecto incrementado.
- **(AC) Acumulación.** Se asignará un valor de ****4**** a este atributo debido a la acumulación progresiva del efecto a lo largo del tiempo.
- **(EF) Efecto.** Este aspecto recibe una calificación de 4 ya que su presencia es evidente y directa.
- **(PR) Periodicidad.** Se le otorga un valor de 4 debido a su naturaleza constante y persistente.
- **(MC) Recuperabilidad.** La evaluación de la capacidad de restauración total del impacto de manera inmediata, o en un periodo corto, medio o extenso, se califica con los números 1, 2, 3 y 4, en ese orden.

2.3.6. Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño.

La contaminación atmosférica afecta a la población de manera generalizada y sin que esta pueda evitarla, provocando desde cambios fisiológicos menores hasta enfermedades graves y fallecimiento. Los infantes constituyen un sector particularmente susceptible debido a que su sistema respiratorio e inmunológico aún está en desarrollo y a comportamientos típicos de su edad. Entre los impactos respiratorios inmediatos más documentados se encuentran el incremento de síntomas respiratorios y visitas de emergencia, el aumento de episodios de asma y la disminución de la capacidad pulmonar. A largo plazo, se ha observado que los niños más afectados por la contaminación presentan un crecimiento reducido de su función pulmonar. La relación entre la contaminación y el aumento en la incidencia del asma es un tema de debate. Es crucial que los médicos estén al tanto de las consecuencias de la contaminación y guíen a los padres para que limiten la exposición de sus hijos a los contaminantes. (Yohannessen, 2019).

2.3.7. Información preventiva sobre calidad del aire.

Numerosas urbes disponen de una previsión del Índice de Calidad del Aire (AQI), que pronostica la calidad del aire en la localidad para el día actual o el siguiente, así como un AQI en tiempo real que refleja la situación atmosférica en el momento. La información se actualiza en páginas web, y en algunos casos, se especifica si los contaminantes de mayor preocupación son el ozono o las partículas en suspensión. Además, es posible suscribirse para recibir actualizaciones por correo electrónico. Para aquellos interesados, está disponible la aplicación AirNow, la cual se puede descargar e instalar. También se ofrece información sobre cómo sumarse y registrar una institución en el Programa de Prevención. (EPA, 2016).

2.3.8. Índice de calidad del aire.

La Resolución Ministerial N° 181 – 2016 – MINAM del MINAM ha implementado el índice de Calidad del Aire (INCA), que se considera óptimo cuando está entre 0 y 100, alineándose así con los Estándares de Calidad Ambiental de Aire. Este índice se categoriza en cuatro niveles. Los valores de INCA de 0 a 50, representados por una banda verde, indican que la calidad del aire es buena. Valores de 51 a 100, mostrados en amarillo, señalan una calidad de aire moderada. La categoría naranja, que va de 101 hasta el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) para cada contaminante, sugiere que la calidad del aire es deficiente. Finalmente, la banda roja indica que la calidad del aire supera el VUEC, momento en el cual se deben aplicar los Niveles de Estados de Alerta Nacionales establecidos por la autoridad sanitaria. (MINAM, 2016)

El informe de SENAMHI, denominado “Vigilancia de Calidad del Aire de noviembre 2022”, señala que los niveles de contaminantes atmosféricos deben mantenerse por debajo de los límites establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental para Aire (ECA-aire). Este control es crucial para prevenir impactos negativos tanto en la salud humana como en el entorno natural.

2.3.9. Determinación de impactos negativos.

En el reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Anexo IV, indica que, para los efectos de la determinación de los impactos negativos significativos, se considerarán si cumple lo siguiente: Criterio 2(b) La producción de gases y partículas contaminantes que excedan los límites de concentración fijados por las normativas nacionales de calidad ambiental.

2.4. Definición de términos básicos.

Estándares de Calidad del Aire (ECA): Se refiere a la norma que determina la intensidad o el nivel de componentes, materiales o criterios físicos, químicos y biológicos que se encuentran en el aire, agua o tierra. Como parte de su estado de receptor, no implica un peligro considerable para el bienestar humano o el ecosistema. (MINAM, 2017)

Impacto ambiental: Representa el efecto que tienen los cambios en los elementos del medio ambiente en la salud y calidad de vida de las personas, utilizados como criterios para evaluar el impacto. (MINAM, 2023)

Impacto negativo: Se refiere a un tipo de impacto en el medio ambiente que resulta en una disminución del valor estético, cultural y natural del paisaje, así como una reducción en la capacidad productiva del ecosistema. Además, conlleva un incremento en los problemas causados por la contaminación, la erosión, la sedimentación y otros peligros ecológicos que no están en armonía con la configuración geográfica y ecológica del área, la emisión de contaminantes puede resultar en daños a la salud de las personas y al medio ambiente. (MINAM, 2023)

Material Particulado PM10: Se trata de un conjunto de partículas diminutas en suspensión en la atmósfera, que se categorizan según su tamaño. Las partículas que tienen un diámetro de 10 micras o menos, generalmente se originan por la quema de combustibles fósiles y pueden emitirse desde fuentes móviles, estacionarias o naturales. (MINAM, 2010)

Monitoreo Ambiental: Se refiere a las tareas realizadas para recolectar, documentar, examinar y manejar los niveles de contaminantes en el aire en una ubicación

específica y por un periodo establecido. Esto se hace con el fin de determinar si se están respetando las normativas nacionales sobre la calidad del aire. En el caso del indicador PM10, se utiliza un método gravimétrico que emplea un muestreador de gran capacidad con un adaptador especial para PM10. (MINAM, 2023)

Monitoreo del aire: Se trata de un conjunto de procedimientos y mediciones que se enfocan en detectar las variaciones en el medio ambiente y la atmósfera, las cuales son consecuencia de las acciones humanas. Este sistema constituye una base esencial de datos, ya sea de una sola disciplina o de varias, que proporciona una visión actualizada sobre las condiciones del medio ambiente. (MINAM, 2023)

Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de Aire: Esta herramienta proporciona una guía integral para la supervisión de la calidad del aire, estableciendo un marco estandarizado que apoya a organizaciones gubernamentales, empresas y ciudadanos en la implementación de prácticas y métodos adecuados para llevar a cabo el seguimiento ambiental. (MINAM, 2019).

Puntos de muestreo: Se refiere a la ubicación específica o a los puntos exactos dentro de un área delimitada donde se recolectan muestras, ya sean de la superficie o subterráneas. (MINAM, 2023)

Valor del Impacto: La evaluación del efecto ambiental se refiere a la medida en que una actividad específica modifica un elemento del medio ambiente. Esta evaluación se basa en la relevancia y la extensión del cambio producido. (Conesa, 2010)

Matriz de impacto ambiental: Cuadro o planilla estructurado en filas y columnas que puede presentarse en diferentes formatos y, que muestra correlaciones entre cada

acción o actividad de los proyectos y cada componente o elemento ambiental y los aspectos y/o impactos ambientales (Sánchez, 2010).

Importancia del impacto ambiental: Las acciones se clasifican como factibles cuando alteran consecuencias que se pueden revertir y como inviables cuando se refieren a consecuencias irreversibles, que son ecológicamente rechazables o no factibles. Se consideran mandatorias cuando rectifican consecuencias reversibles que son ecológicamente rechazables y deben ajustarse hasta cumplir con los estándares legales permitidos. Por otro lado, se juzgan apropiadas cuando mejoran consecuencias reversibles que son ecológicamente aceptables o reducen impactos leves o manejables que son susceptibles de mejora. (Garmendia, 2005).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

La concentración de material particulado PM10 en el aire de la ciudad de Cajamarca supera los estándares de calidad ambiental para aire y representa un impacto en la salud humana.

Hipótesis específicas

H1: Los niveles de concentración de material particulado exceden el Estándar Nacional de Calidad del Aire - ECA Aire.

H2: Los niveles de concentración de material particulado exceden los lineamientos de Calidad del Aire establecidos por la OMS.

H3: Los niveles de impacto negativo de material particulado PM10 generan una posible afectación a la salud de las personas.

3.2. Variables

X: material particulado PM10

Y: Valoración ambiental en la salud humana

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO.

4.1. Ubicación geográfica

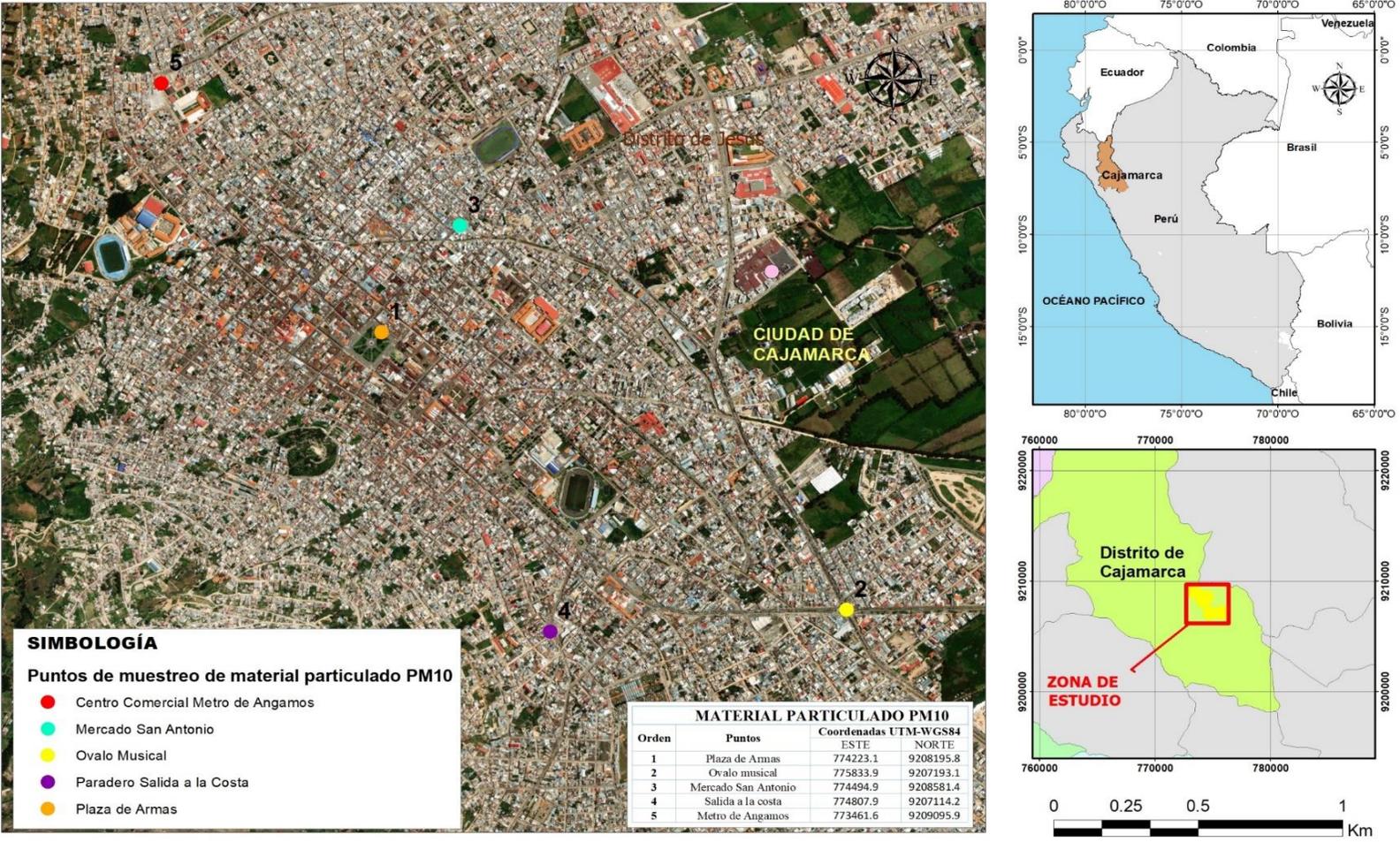
4.1.1. Generalidades de la zona de estudio

La ciudad de Cajamarca, que es la sede administrativa tanto de la provincia como del departamento homónimos, se sitúa al este de la vertiente occidental andina, en un valle formado por los ríos Mashcón y Chonta, a una elevación de 2750 metros sobre el nivel del mar. Esta urbe experimenta un aumento demográfico sostenido y se proyecta la posibilidad de expandirse en el futuro para formar un área metropolitana junto con la ciudad de Baños del Inca, incluyendo la integración de comunidades cercanas. El valle de Cajamarca es reconocido como uno de los más extensos de la región andina peruana.

El sitio seleccionado para el estudio se encuentra en el ecosistema de Bosque Húmedo Montano Tropical (bh-MT), situado entre 2810 y 2910 metros sobre el nivel del mar. Para el monitoreo de la calidad del aire en Cajamarca, se escogieron cinco puntos estratégicos, detallados en la página 37, figura N° 01 del documento de estudio. En dicha figura se muestra un mapa con la ubicación de estos puntos de monitoreo, establecidos para la medición de partículas PM10 en el aire.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



ELABORADO POR: PERCY BALTAZAR LUDEÑA PEREYRA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POS GRADO	UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	MAPA: UBICACION	ESCALA: 1 / 5000 FECHA: Setiembre 2022 FUENTE: ZEE - Gobierno Regional de Cajamarca Google Earth Pro Earth Explorer
------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------	----------------------------------------	---------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

En la Tabla 4, se presenta la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de PM10, georeferenciadas en las coordenadas UTM - WGS 84.

Tabla 4

Puntos de monitoreo de PM-10 en la ciudad de Cajamarca

Código de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM - WGS84 Zona 17S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
		1	Plaza de Armas	
2	Ovalo Musical	775 833, 9	9 207 193, 1	2 696
3	Mercado San Antonio	774 494, 9	9 208 581, 4	2 719
4	Paradero Salida a la Costa	774 807, 9	9 207 114, 2	2 743
5	Centro Comercial Metro de Angamos	773 461, 6	9 209 095, 9	2 745

4.2. Diseño de la investigación

El estudio realizado corresponde a un análisis básico de carácter analítico y descriptivo, de naturaleza no experimental. Esto se debe a que se centró en recopilar datos exactos y recientes acerca de los niveles de partículas PM₁₀ presentes en el aire de Cajamarca, así como en evaluar su potencial impacto en la salud de los pobladores de la zona. Se clasifica como no experimental debido a que no se alteraron variables intencionadamente, sino que se recolectaron los datos en su forma natural conforme se presentaron.

El presente estudio se desarrolló en tres fases:

4.2.1. Primera fase

- Georreferenciación de los 05 puntos de monitoreo de PM10.
- Adquisición de filtros de cuarzo.
- Pesado de cada filtro (peso inicial expresado en g) antes del monitoreo.
- Verificación del óptimo estado de los equipos, tales como muestreador HIVOL, grupo electrógeno, cámara fotográfica.

4.2.2. Segunda fase

- Monitoreo de Material Particulado PM10, desde el 03 y 19 de junio del 2019, el 09 y 24 de julio del 2019, el 02 de agosto del 2019 (Tiempo determinado 24 hrs por cada punto, en época seca), en los días como se muestra en las Tablas 5, Tabla 6 y Tabla 7.

Tabla 5

Monitoreo de PM10, mes de junio 2019

Monitoreo de Material Particulado PM10	DÍAS						
	L	M	M	J	V	S	D
						1	2
JUNIO 2019	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23
	24	25	26	27	28	29	30

* Días de monitoreo de material particulado PM10.

Tabla 6

Monitoreo de PM10, mes de Julio 2019

Monitoreo de Material Particulado PM10	DÍAS						
	L	M	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6	7
JULIO 2019	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	22	23	24	25	26	27
	28	29	30	31	32		

* días de monitoreo de material particulado PM10.

Tabla 7

Monitoreo de PM10, mes de agosto 2019

Monitoreo de Material Particulado PM10	DÍAS						
	L	M	M	J	V	S	D
				1	2	3	4
AGOSTO	5	6	7	8	9	10	11
2019	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	31	

* día de monitoreo de material particulado PM10.

- Utilizando el dispositivo de captura de partículas HIVOL de Thermo Scientific, se succionó aire del entorno a un ritmo fijo hacia un conducto diseñado específicamente para este fin, donde cada partícula con un diámetro de 10 micrómetros o menos se recogió en un filtro de cuarzo.
- Se realizó el registro fotográfico.
- Se elaboró las actas, por cada punto de monitoreo.
- Se rotuló y trasladó las muestras.

4.2.3. Tercera fase

- Se realizó el pesado de cada filtro (peso final expresado en g) para esta fase se utilizó una balanza electrónica.
- Se realizó el registro de la concentración de material particulado PM10, por cada punto de monitoreo.

- Se graficó los niveles de concentración de material particulado PM10, en referencia al Estándar Nacional de Calidad de Aire y los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud.
- Con los valores de concentraciones de material particulado, se realizó la valoración ambiental del impacto por material particulado con la matriz adaptada de Conesa, método cualitativo, para cada punto de monitoreo.
- Se elaboró del informe final.

4.3. Método de la investigación

En la investigación se adoptó el enfoque del método científico, conocido también como Hipotético-Deductivo. Este enfoque implica inicialmente la deducción y planteamiento de una cuestión investigativa dentro del marco teórico que aborda la calidad del aire y su impacto en la salud. Se empleó una matriz basada en el modelo de Conesa, donde se correlacionaron las concentraciones de partículas PM10 detectadas en los puntos de monitoreo con los posibles efectos en la salud, considerando las variaciones de concentración y la información de las fichas de campo. Posteriormente, se formuló una hipótesis preliminar para responder al problema investigado. Esta hipótesis fue luego contrastada con la realidad para verificar su validez y discutirla en el contexto del marco teórico, utilizando para ello generalizaciones inductivas. Además, se aplicaron técnicas y herramientas específicas para la recolección, procesamiento y análisis de datos, lo que facilitó la confirmación de la hipótesis planteada.

4.4. Unidad de análisis, Población y muestra

Unidad de análisis

Punto de monitoreo de material particulado PM10 en el aire de la ciudad de Cajamarca.

Población

El aire de toda la ciudad de Cajamarca.

Muestra

Los 5 puntos de monitoreo, en:

- Plaza de Armas de la ciudad de Cajamarca.
- Óvalo musical
- Mercado central
- Paradero salida a la costa
- Centro comercial Metro de Angamos.

4.5. Unidad(es) de observación.

Aire captado de la Ciudad de Cajamarca.

4.6. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

La técnica es el monitoreo de material particulado PM10, según el Protocolo Nacional de Monitoreo aprobado con Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM.

El instrumento de recopilación de datos es el equipo muestreador de material particulado HIVOL marca Thermo Cientific, principio de funcionamiento gravimétrico, con un horario de monitoreo de 24 horas en cada punto de monitoreo.

4.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

Se utilizó filtros de cuarzo, para recolectar la muestra en cada punto de monitoreo. Para ello se realizó el pesado del filtro antes y después de cada monitoreo, utilizando una balanza electrónica.

El resultado de la diferencia de pesos, se evaluó en referencia al ECA para Aire (DS 003 – 2017 MINAM) y de acuerdo a los lineamientos establecidos por la OMS, con fines de determinar si estas concentraciones superan las normas de calidad ambiental establecidas.

Además, se realizó un análisis ambiental para la determinación el impacto potencial en la salud de la población debido a altas concentraciones de PM10 en el ambiente., para ello se desarrolló una matriz de valoración de impactos ambientales, modelo Matriz de Conesa modificada, la que permitió valorar la importancia del impacto -posible afectación a la salud humana.

El equipo HIVOL cuenta con certificado de calibración.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Aire, se llevaron a cabo mediciones de PM₁₀ en el ambiente de Cajamarca, obteniendo los siguientes niveles: 78,3 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ en la Plaza de Armas; 115,4 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ en el Óvalo Musical; 114,6 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ en el Mercado San Antonio; 138,7 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ en la Salida a la Costa; y 106,4 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ en el Metro de Angamos.

En los sitios de monitoreo del Óvalo Musical, Mercado San Antonio, Salida a la Costa y Metro de Angamos, se registraron concentraciones que superan el Estándar Nacional de Calidad del Aire, siendo solo la Plaza de Armas la que cumple con el Estándar de Calidad de Aire (ECA), según lo establecido por el D.S 003-2017-MINAM.

De forma paralela, un estudio en Santiago de Chile en 2020 reveló que, en ocho puntos de monitoreo, las concentraciones de PM₁₀ sobrepasaron los límites permitidos, fluctuando entre 0,08 y 0,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Yohannessen, 2020). Estos valores también exceden las directrices de la OMS.

Un análisis similar en Asturias identificó que las emisiones de PM₁₀ en las estaciones de Avilés y Gijón superaron el umbral diario de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ más de 35 veces durante el año 2013 (Megido, 2018).

La legislación sobre la calidad del aire ha evolucionado con el tiempo, comenzando con el DS 074-2001 PCM, que fijó un máximo de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM₁₀, y más recientemente, el DS 003-2017 MINAM ajustó este valor a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esto refleja una tendencia hacia regulaciones más rigurosas, en respuesta al incremento de fuentes de contaminación que amenazan tanto la salud pública como el entorno ambiental, ya que frecuentemente se superan los estándares del ECA de aire. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

Así mismo, la OMS (2005) estableció 50 ug/m^3 , como directriz para PM10 y el 2021 reduce este valor a un máximo permisible de 45 ug/m^3 , este criterio se define en las directrices de la OMS para la calidad del aire ambiental, que recomienda que se cumpla en todo el mundo con el fin de reducir significativamente los efectos perjudiciales sobre la salud humana. OMS (2021).

Referente a la valoración ambiental, de la posible afectación a la salud humana, el mayor impacto valorado por grado de importancia, es Bronquitis con -41, asma e irritabilidad de ojos con -44 y la valoración de menor impacto, es ronquera, ardor de ojos y dificultad para respirar.

Una investigación comparable, titulada "Cálculo de los efectos de la polución del aire", señala que las comunidades globales están en riesgo debido a las consecuencias negativas de la polución del aire. Esta indagación cuantifica cómo los agentes contaminantes afectan la salud de las personas, enfocándose principalmente en las repercusiones causadas por las partículas en suspensión. (Tarín, 2020)

5.1. RESULTADOS DEL MONITOREO DE PM10 EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA.

Luego del monitoreo, por cada punto, se realizó el pesado de los filtros de cuarzo, por diferencia entre el peso inicial y el peso final, se obtuvo el peso (g) de material particulado retenido. Luego con este valor se ingresó a una hoja de cálculo propia del equipo HIVOL y se obtuvo el valor de concentración de PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, esta unidad permitió realizar la comparación con el ECA de Aire.

5.1.1. Concentración de PM10, en la Plaza de Armas de la Ciudad de Cajamarca.

Tabla 8

Cálculo del peso del filtro, punto de monitoreo Plaza de Armas de la Ciudad de Cajamarca

CALCULO CONCENTRACIÓN DE PM10															
Punto de Monitoreo	Pesos (gr)			Funcionamiento						Presión	Temp	Q. Real	Q. std	Vol. std	Concentración
	Inicial	Final	Diferencia	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Dif. Horas	Minutos	mmHg	°C	m ³ /min.	m ³ /min.	m ³	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PLAZA DE ARMAS	4.3619	4.4553	0.0934	3/06/2019	12:00	4/06/2019	12:00	24	1440	538.92	17.00	1.207	0.828	1193.033	78.3

Fuente: Hoja de cálculo del HIVOL.

Tabla 9

Concentración de PM10 en el punto de monitoreo, Plaza de Armas de la Ciudad de Cajamarca

Material Particulado	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en 24 horas
PM10	78,3
ECA de Aire ¹	100
Límites de la OMS ²	45

1. Según DS 003 – 2017 – MINAM.

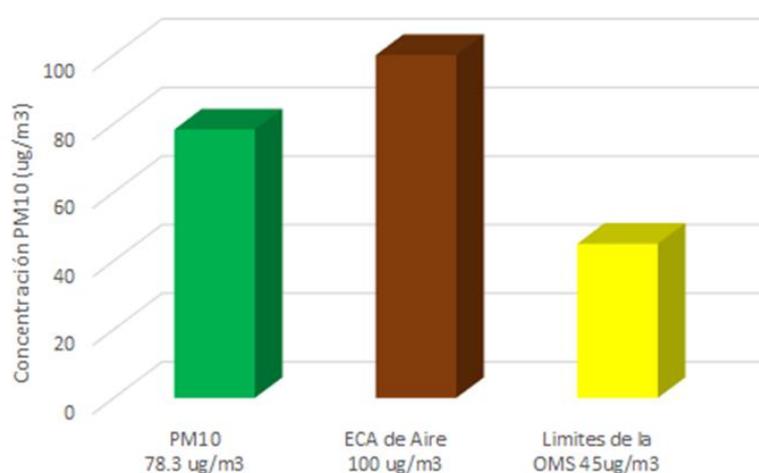
2. Directrices Mundiales de la OMS – 2021.

Luego que se realizó el monitoreo se procedió al pesaje del filtro; se obtuvo 0,0934 g. de diferencia entre el peso final y el peso inicial del filtro.

A partir de esta información, se determinó que la concentración de PM10 era de 78,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dato que se refleja en la Tabla 9. Este nivel se encuentra dentro de los parámetros del Estándar de Calidad Ambiental para Aire, aunque sobrepasa el umbral establecido por las directrices de calidad del aire de la OMS.

Figura 2

Concentración de PM10 en la Plaza de Armas, el 03 de Junio del 2019



Interpretación

La concentración de material particulado PM10 fue 78,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no excede el ECA de Aire, pero si excede lo límites que establece la OMS. Durante el periodo de monitoreo, se observó la presencia vehicular de servicio público, vehículos particulares y vehículos de servicio de turismo, que durante el monitoreo circularon a inmediaciones.

5.1.2. Concentración de PM10, Ovalo Musical.

Tabla 10

Cálculo del peso del filtro en el punto de monitoreo Ovalo Musical

CALCULO CONCENTRACIÓN DE PM10															
Punto de	Pesos (gr)			Funcionamiento						Presión	Temp	Q. Real	Q. std	Vol. std	Concentración
Monitoreo	Inicial	Final	Diferencia	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Dif. Horas	Minutos	mmHg	°C	m³/min.	m³/min.	m³	PM10 µg/m³
OVALO MUSICAL	4.3627	4.5009	0.1382	19/06/2019	12:00	20/06/2019	12:00	24	1440	541.08	17.00	1.207	0.832	1197.815	115.4

Fuente: Hoja de cálculo del HIVOL.

Tabla 11

Concentración de PM10 en el punto de monitoreo Ovalo Musical.

Material Particulado	PM10 (ug/m ³) en 24 horas
PM10	115,4
ECA de Aire ¹	100
Límites de la OMS ²	45

1. Según DS 003 – 2017 – MINAM.

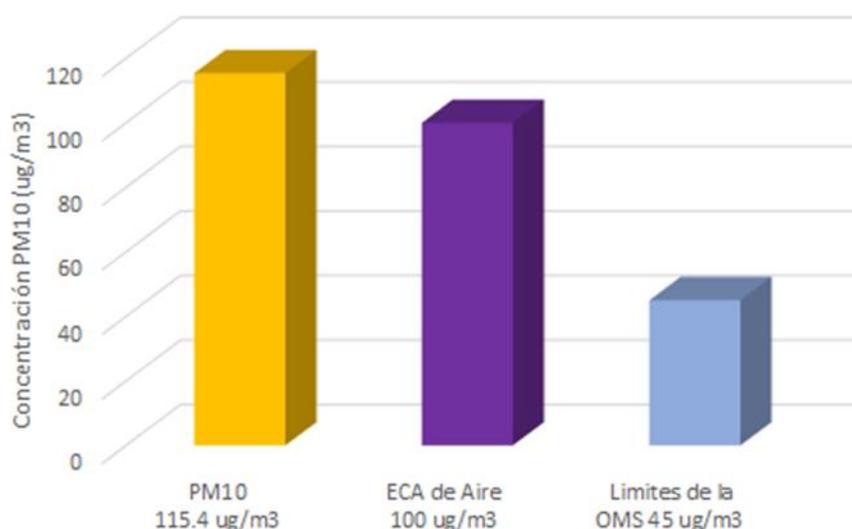
2. Directrices Mundiales de la OMS – 2021.

Después del monitoreo se realizó el pesaje del filtro; se obtuvo 0,1382 g, de la diferencia entre el peso final menos peso inicial del filtro.

Con este dato se obtuvo la concentración de material particulado PM10, de 115,4 ug/m³, lo cual se observa en la Tabla 11 y supera el Estándar de Calidad Ambiental para Aire, así como también excede el límite considerado por la OMS, como se puede apreciar en la figura 8.

Figura 3

Concentración de PM10 en Ovalo Musical el 19 de Junio del 2019



Interpretación

La concentración de material particulado PM10 fue 115,4 ug/m³, el cual excede el ECA de Aire y los límites establecidos por la OMS. Durante el periodo de monitoreo se observó la presencia vehicular de servicio publico, vehiculos particulares, obras de construcción civil particulares y obras publicas como la instalacion de gas natural, ademas de zonas no pavimentadas o pistas en mal estado que con el paso de vehiculos generan gran cantidad de material particulado, en esta zona tambien se pudo observar la presencia de restaurantes y pollerias que utilizan como combustible carbon, leña, gas, la mayoría tienen sistemas de chimena sin ningun sistema de retencion de particulas.

5.1.3. Concentración de PM10, altura Mercado San Antonio.

Tabla 12

Cálculo del peso del filtro en el punto de monitoreo Mercado San Antonio

CALCULO CONCENTRACIÓN DE PM10															
Punto de	Pesos (gr)			Funcionamiento						Presión	Temp	Q. Real	Q. std	Vol. std	Concentración
Monitoreo	Inicial	Final	Diferencia	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Dif. Horas	Minutos	mmHg	°C	m³/min.	m³/min.	m³	PM10 µg/m³
MERCADO SAN ANTONIO	4.3635	4.4993	0.1358	9/07/2019	12:00	10/07/2019	12:00	24	1440	539.19	19.00	1.207	0.823	1185.454	114.6

Fuente: Hoja de cálculo del HIVOL.

Tabla 13

Concentración de PM10 en el Punto de monitoreo Mercado San Antonio

Material Particulado	PM10 (ug/m ³) en 24 horas
PM10	114,6
ECA de Aire ¹	100
Límites de la OMS ²	45

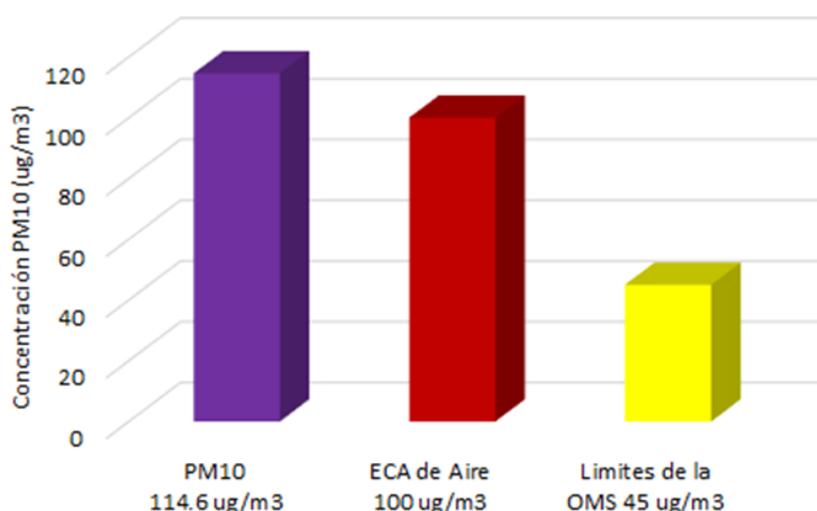
1. Según DS 003 – 2017 – MINAM.
2. Directrices Mundiales de la OMS – 2021.

Después del monitoreo se realizó el pesaje del filtro; se obtuvo 0,1358 g, de diferencia entre el peso final menos peso inicial del filtro.

Con este dato se obtuvo la concentración de material particulado PM10, de 114,60 ug/m³, lo cual se observa en la Tabla 13, supera el Estándar de Calidad Ambiental para Aire, así como también excede el límite considerado por la OMS, como se puede apreciar en la figura 9.

Figura 4

Concentración de PM10 en el Mercado San Antonio el 9 de Julio del 2019



Interpretación

La concentración de material particulado PM10 fue 114,6 ug/m3, el cual excede el ECA de Aire y los límites establecidos por la OMS. Durante el periodo de monitoreo se observó la presencia vehicular de servicio público, vehículos particulares, la presencia de comercio ambulatorio, venta de comidas al paso como anticuchos, salchipapas, entre otros, los cuales son una fuente de generación de PM10.

5.1.4. Concentración de PM10, altura paradero salida a la costa.

Tabla 14

Cálculo del peso del filtro en el punto de monitoreo paradero salida a la costa

CALCULO CONCENTRACIÓN DE PM10															
Punto de	Pesos (gr)			Funcionamiento						Presión	Temp	Q. Real	Q. std	Vol. std	Concentraci
Monitoreo	Inicial	Final	Diferencia	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Dif. Horas	Minutos	mmHg	°C	m³/min.	m³/min.	m³	PM10 µg/m
PARADERO SALIDA A LA COSTA	4.3629	4.5272	0.1643	24/07/2019	12:00	25/07/2019	12:00	24	1440	538.72	19.00	1.207	0.823	1184.417	138.7

Fuente: Hoja de cálculo HIVOL.

Tabla 15

Concentración de PM10 en el punto de monitoreo altura paradero salida a la costa

Material Particulado	PM10 (ug/m ³) en 24 horas
PM10	138,7
ECA de Aire ¹	100
Límites de la OMS ²	45

1. Según DS 003 – 2017 – MINAM.

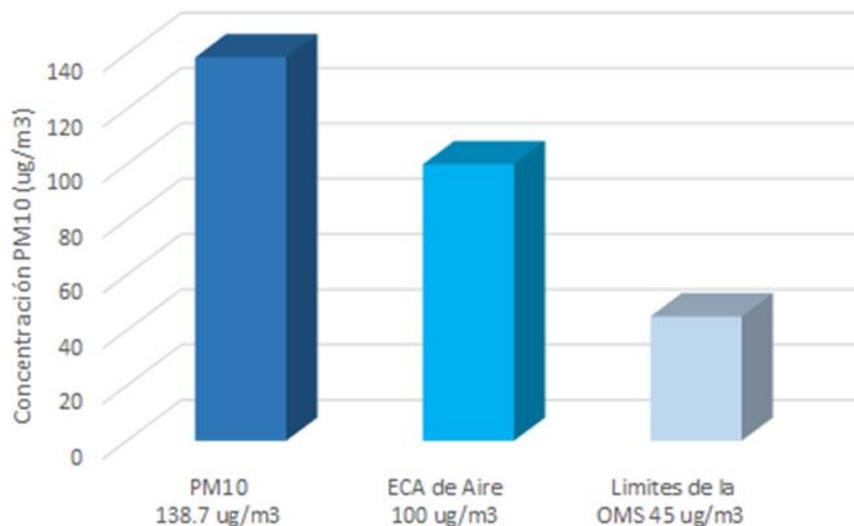
2. Directrices Mundiales de la OMS – 2021.

Después del monitoreo se realizó el pesaje del filtro; se obtuvo 0,1643 g, de diferencia entre el peso final menos peso inicial del filtro.

Con este dato se obtuvo la concentración de material particulado PM10, de 138,70 ug/m³, lo cual se observa en la Tabla 15, el mismo que supera el Estándar de Calidad Ambiental para Aire, así como también excede el límite considerado por la OMS, como se puede apreciar en la figura 10.

Figura 5

Concentración de PM10 en paradero salida a la Costa el 24 de Julio del 2019



Interpretación

La concentración de material particulado PM10 fue 138,7 ug/m³, el cual excede el ECA de Aire y los límites establecidos por la OMS. Durante el periodo de monitoreo se observó la presencia vehicular de servicio público, como taxis, combis, buses de transporte interprovincial, y una gran cantidad de mototaxis, vehículos particulares, obras de construcción civil particulares, además de calles no pavimentadas o pistas en mal estado que con el paso de vehículos generan gran cantidad de material particulado, en esta zona también se puede observar la presencia de restaurantes y pollerías.

5.1.5. Concentración de PM10, altura Centro Comercial Metro de Angamos.

Tabla 16

Cálculo del peso del filtro en el punto de monitoreo Centro Comercial Metro de Angamos

CALCULO CONCENTRACIÓN DE PM10															
Punto de	Pesos (gr)			Funcionamiento						Presión	Temp	Q. Real	Q. std	Vol. std	Concentraci
Monitoreo	Inicial	Final	Diferencia	Fecha Inicial	Hora Inicial	Fecha Final	Hora Final	Dif. Horas	Minutos	mmHg	°C	m ³ /min.	m ³ /min.	m ³	PM10 µg/n
METRO DE ANGAMOS	4.3632	4.4896	0.1264	2/08/2019	12:00	3/08/2019	12:00	24	1440	538.52	18.00	1.207	0.825	1188.042	106.4

Fuente: Hoja de cálculo del HIVOL

Tabla 17

Concentración de PM10 en el punto de monitoreo en el Centro Comercial Metro de Angamos

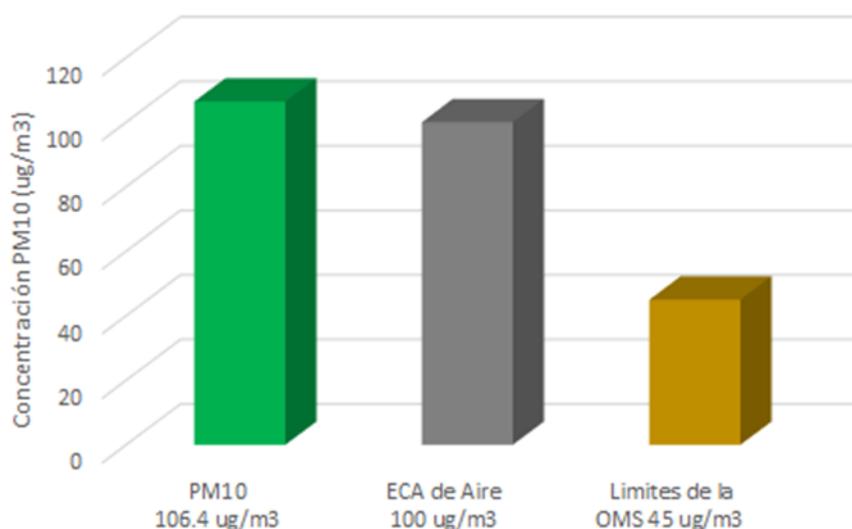
Material Particulado	PM10 (ug/m ³) en 24 horas
PM10	106,4
ECA de Aire ¹	100
Límites de la OMS ²	45

1. Según DS 003 – 2017 – MINAM.
2. Directrices Mundiales de la OMS – 2021.

Después del monitoreo se realizó el pesaje del filtro; se obtuvo 0,1264 g, de diferencia entre el peso final menos peso inicial del filtro. Con este dato se obtuvo la concentración de material particulado PM10, de 106,40 ug/m³, lo cual se observa en la Tabla 17, que supera el Estándar de Calidad Ambiental para Aire, así como también excede el límite considerado por la Organización Mundial de la Salud, como se puede apreciar en la figura 11.

Figura 6

Concentración de PM10 en Centro Comercial Metro de Angamos el 02 de agosto del 2019



Interpretación

La concentración de material particulado PM10 fue 106,4 ug/m³, el cual excede el ECA de Aire y los límites establecidos por la OMS. Durante el periodo de monitoreo se observó la presencia vehicular de servicio público, vehículos particulares, obras de construcción civil particulares, además de zonas no pavimentadas o pistas en mal estado que con el paso de vehículos generan gran cantidad de material particulado, en esta zona también se puede observar la presencia de restaurantes y pollerías. También existe un grifo por lo que la presencia de vehículos es mayor.

5.2. VALORACIÓN DE LA POSIBLE AFECTACIÓN A LA SALUD HUMANA POR ALTOS NIVELES DE MATERIAL PARTICULADO PM10.

5.2.1. Matriz de valoración ambiental de impactos por Material Particulado, en la ciudad de Cajamarca y afectación a la salud humana.

Metodología de evaluación

La evaluación de los impactos ambientales, es un proceso que parte del análisis de las actividades impactantes, las condiciones actuales del entorno natural y social del área de influencia del proyecto, y las características específicas de cada impacto. Este análisis tiene por objetivo definir la significancia de los impactos ambientales del proyecto, permitiendo jerarquizarlos, determinar la necesidad de implementar medidas de prevención, mitigación y/o corrección ambiental, y finalmente, también permite sustentar la categorización propuesta para el proyecto, en el marco de lo establecido por la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (En adelante SEIA), y su reglamento.

Para valorar la posible afectación a la salud humana se realizará utilizando la fórmula de valoración la cual relaciona 11 criterios, bajo la metodología propuesta por Conesa Fernández-

Vítora (1985), con adaptaciones propias. La relevancia de cada impacto Iij, se calcula considerando los criterios de intensidad, alcance y otras propiedades relevantes del impacto dentro del algoritmo correspondiente.

$$I = - (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC).$$

A continuación, se describe cada uno de los criterios de valoración de la importancia del impacto (I):

Tabla 18

Criterios de valoración

NATURALEZA		INTENSIDAD(I): Grado de Destrucción	
Impactos beneficiosos	(+) 1	Baja	1
		Media	2
Impactos perjudiciales	(-) 1	Alta	4
		Muy alta	8
EXTENSIÓN (EX): Área de influencia Directa		MOMENTO (MO): Plazo de manifestación	
Puntuales	1	Largo plazo	1
Parciales	2	Mediano plazo	2
Extensos	4	Inmediato	4
Totales	8	Critico	+4
Críticos	+4		
PERSISTENCIA (PE): Permanencia del Efecto		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (SI)		ACUMULACIÓN (AC) Incremento progresivo	
Sin Sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	3		
EFECTO(EF) (relación causa efecto)		PERIODICIDAD (PR) Regularidad de la manifestación	
Indirecto o secundario	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4

RECUPERABILIDAD (MC)	IMPORTANCIA (I_{ij})
Recuperable de manera inmediata	1
Recuperable a medio plazo	2
Mitigable	4
Irrecuperable	8

Fuente: Conesa 2000.

Luego de valorados, se comparó el valor de la Importancia del impacto, con las categorías mostradas en la siguiente tabla, la cual ha sido modificada, para su concordancia con las categorías de impactos ambientales negativos establecidos en el Reglamento del SEIA.

Tabla 19

Niveles de importancia

Nivel de importancia	Valor del impacto ambiental	
	Impacto perjudicial	Impacto beneficio
	(impacto negativo)	(impacto positivo)
Irrelevante	$II > -25$	$II < 25$
Moderado	$-25 \leq II > -50$	$25 \geq II < 50$
Severo	$-50 \leq II > -75$	$50 \geq II < 75$
Crítico (-) / Muy benéfico (+)	$-75 \leq II$	$75 \geq II$

Fuente: Guía para evaluación de impacto ambiental de CONESA.

Caracterización de impactos potenciales

A continuación, se procede a realizar la caracterización de cada impacto potencial y a valorarlos en base a la metodología descrita, señalando en cada caso, las actividades y/o condiciones que causan los impactos, y justificando el nivel de afectación con el cual se realiza la valoración.

Tabla 20

Identificación de Impactos por Material Particulado

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	Puntos de monitoreo	PM10 Plaza de armas	PM10 Ovalo Musical	PM10 Mercado San Antonio	PM10 Paradero salida a la roquera	PM10 Metro de Angamos
	Afectación a la salud					
SALUD HUMANA (Posible afectación)	Bronquitis		x	x	x	
	Ataques de asma		x	x	x	
	Irritabilidad de los ojos	x	x	x	x	x
	Problemas menores como tos, ronquera, ardor de ojos y dificultad para respirar	x	x	x	x	x
	Resecamiento de la piel	x	x	x	x	x

Tabla 21

Valoración punto de monitoreo Plaza de Armas

Valoración: irritación de los ojos

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	E X	M O	P E	R V	S I	A C	E F	P R	M C			
SOCIAL	SALUD HUMANA	IRRITACIÓN DE LOS OJOS	-	2	2	2	2	2	2	1	4	1	1	-25	Moderado

Tabla 22

Valoración: tos, ronquera, dificultad para respirar

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	E X	M O	P E	R V	S I	A C	E F	P R	M C			
SOCIAL	SALUD HUMANA	PROBLEMAS MENORES COMO TOS, RONQUERA, ARDOR DE OJOS Y DIFICULTAD PARA RESPIRAR	-	2	4		2	1	2	1	1	1	1	-30	Moderado

Tabla 23

Valoración; resecamiento de la piel

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	RESECAMIENTO DE LA PIEL	-	4	2	2	2	2	2	1	1	2	2	-30	Moderado

Valoración punto de monitoreo Ovalo Musical

Tabla 24

Valoración: Bronquitis

Componente	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											Índice de Importancia	Nivel de Importancia del Impacto	
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
Social	Salud humana	Bronquitis	-	2	4	3	2	1	2	4	4	2	3	-35	Moderado

Tabla 25

Valoración: ataques de asma

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	ATAQUES DE ASMA	-	4	2	3	3	3	2	4	4	2	2	-39	Moderado

Tabla 26*Valoración: irritación de los ojos*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M			
		X	O	E	V	I	C	F	R	C					
SOCIAL	SALUD HUMANA	IRRITACIÓN DE LOS OJOS	-	4	2	3	2	2	2	4	4	2	1	-36	Moderado

Tabla 27*Valoración: tos, ronquera, dificultad para respirar*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
		SOCIAL	SALUD HUMANA	PROBLEMAS MENORES COMO TOS, RONQUERA, ARDOR DE OJOS Y DIFICULTAD PARA RESPIRAR	-	4	4	2	2	4	3	4			1

Tabla 28*Valoración: resecaimiento de la piel*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
		SOCIAL	SALUD HUMANA	RESECAMIENTO DE LA PIEL	-	2	2	4	4	4	3	4			4

Valoración punto de monitoreo Mercado Sn Antonio

Tabla 29

Valoración: bronquitis

Componente	POSIBLE AFECTACION	Atributo											Índice de importancia	Nivel de importancia del impacto	
		N	I	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc			
Social	Salud humana	Bronquitis	-	4	2	3	3	3	2	4	3	3	2	-39	Moderado

Tabla 30

Valoración: ataques de asma

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	E X	M O	P E	R V	S I	A C	E F	P R	M C			
SOCIAL	SALUD HUMANA	ATAQUES DE ASMA	-	4	2	3	3	2	2	4	4	2	2	-38	Moderado

Tabla 31

Valoración: irritación de los ojos

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	IRRITACIÓN DE LOS OJOS	-	4	4	4	3	3	2	4	4	2	2	-44	Moderado

Tabla 32*Valoración: tos, ronquera, dificultad para respirar*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO												ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	PROBLEMAS MENORES COMO TOS, RONQUERA, ARDOR DE OJOS Y DIFICULTAD PARA RESPIRAR												-36	Moderado

Tabla 33*Valoración: resecamiento de la piel*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO												ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	RESECAMIENTO DE LA PIEL												-43	Moderado

Valoración punto de monitoreo Paradero Salida a la Costa**Tabla 34***Valoración: bronquitis*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO												ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	BRONQUITIS												-41	Moderado

Tabla 35*Valoración: ataques de asma*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO												ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO
		N	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	C		
SOCIAL	SALUD HUMANA	ATAQUES DE ASMA	-	4	4	3	3	3	2	4	4	2	3	-44	Moderado

Tabla 36*Valoración: irritación de los ojos*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO												ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO
		N	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	C		
SOCIAL	SALUD HUMANA	IRRITACIÓN DE LOS OJOS	-	4	4	4	2	3	2	4	4	2	2	-43	Moderado

Tabla 37*Valoración: tos, ronquera, dificultad para respirar*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO												ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	PROBLEMAS MENORES COMO TOS, RONQUERA, ARDOR DE OJOS Y DIFICULTAD PARA RESPIRAR	-	4	4	2	4	2	2	4	4	2	2	-42	Moderado

Tabla 38*Valoración: resecamiento de la piel*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO		
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC				
SOCIAL	SALUD HUMANA	RESECAMIENTO DE LA PIEL	-	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	-42	Moderado

Valoración punto de monitoreo Metro de Angamos**Tabla 39***Valoración: irritación de los ojos*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	IRRITACIÓN DE LOS OJOS	-	4	2	3	2	1	1	1	2	2	2	-30	Moderado

Tabla 40*Valoración: tos, ronquera, dificultad para respirar*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	PROBLEMAS MENORES COMO TOS, RONQUERA, ARDOR DE OJOS Y DIFICULTAD PARA RESPIRAR	-	2	2	2	2	2	3	1	4	2	2	-28	Moderado

Tabla 41*Valoración: resecamiento de la piel*

COMPONENTE	POSIBLE AFECTACION	ATRIBUTO											ÍNDICE DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
		N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
SOCIAL	SALUD HUMANA	RESECAMIENTO DE LA PIEL	-	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	-27	Moderado

Tabla 42

Matriz de valoración del impacto a la salud humana por niveles altos de material particulado PM10 en la ciudad de Cajamarca

MATRIZ DE VALORACIÓN	Puntos de monitoreo					
	Posible afectación a la salud	PM10 Plaza de armas	PM10 Ovalo Musical	PM10 Mercado San Antonio	PM10 Paradero salida a la costa	PM10 Metro de Angamos
SALUD HUMANA (Posible afectación)	Bronquitis		-35	-39	-41	
	Ataques de asma		-39	-38	-44	
	Irritabilidad de los ojos	-25	-36	-44	-43	-30
	Problemas menores como tos, ronquera, ardor de ojos y dificultad para respirar	-25	-40	-36	-42	-28
	Resecamiento de la piel	-30	-39	-43	-42	-27

La identificación y valoración de impactos, se realizó con la información proporcionada por los pobladores que viven o tienen negocios en la zona donde se realizaron los monitoreos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE IMPACTOS

Importancia del impacto.

Utilizando los datos previamente obtenidos, se procedió a calcular el impacto potencial en la salud humana, y los hallazgos obtenidos son los siguientes:

Bronquitis

La evaluación de la incidencia en la salud en el punto de monitoreo Paradero salida a la costa arrojó un valor de -41. Este número indica la considerable intensidad y persistencia de PM10 observada en el área.

Ataques de asma.

Esta afectación a la salud se valoró con -44, en el punto de monitoreo Paradero salida a la costa. Este valor refleja la alta intensidad y duración del PM10 registrado en esta zona.

Irritabilidad de los ojos.

Esta afectación se valoró con -44 en el punto de monitoreo Mercado San Antonio, donde se registró los niveles más altos PM10 en Cajamarca.

Problemas menores: tos, ronquera, ardor de ojos y dificultad para respirar.

Se valoró en -42, en el Paradero Salida a la Costa, con alta intensidad y duración persistente.

Resecamientos de la piel.

En el punto de monitoreo Mercado San Antonio, esta afectación se valoró con -43.

Los niveles de PM10, se registró satisfactoriamente en el punto de monitoreo Plaza de Armas, el cual no excede el Estándar de Calidad Ambiental de PM₁₀ y en todos los demás se registró valores que exceden el estándar nacional.

También los límites permisibles establecidos por la OMS, son excedidos en 4 puntos de monitoreo ambiental de PM10.

El registro máximo se registró en el Ovalo Musical, Mercado San Antonio, Paradero salida a la costa y en inmediaciones del Metro de Angamos.

DISCUSIÓN

La obtención de datos se desarrolló de acuerdo al proyecto de tesis, donde se planteó como método de monitoreo, el gravimétrico; el mismo que exige la Agency Protection Enviromental EPA, dicha metodología también lo indica el Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Aire, en el artículo C.2.3, orientado a la prevención/evaluación de riesgos en la salud de la población (Minam, 2019). Vale precisar que también dicho protocolo, en la página 54, indica la factibilidad de realizar monitoreo utilizando equipos portátiles que cuenten con certificados de calibración, es así que, en estudios similares, tal como el de Darío (2018), en su investigación utilizó un monitor portátil marca RAE Systems, también (Alsioufi, 2017), quien utilizó sonda de ultrasonidos; además, en Cajamarca (Mosqueira, 2019) utilizó equipo portátil de contador de partículas modelo Handheld 3016 IAQ.

Por el momento, no se ha encontrado información por parte de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, Gobierno Regional, y SENAMHI, entre otros, relacionados con la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Cajamarca, para Monitoreos de Calidad de Aire, Planes de Mitigación o similares. Esto indica que existe despreocupación por parte de las autoridades competentes, pues en la ciudad amerita realizar estudios de identificación de

fuentes contaminantes del aire, como parte de un diagnóstico situacional, que sirva para realizar los respectivos planes de mitigación de la calidad del aire, tomando como recomendaciones las de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2022). De manera similar, lo indican Oyarzún y Valdivia (2021), Megido (2018) y Benhumea (2021), quienes concluyen que no es el principio de garantía del derecho humano a la salud, el que se antepone en las acciones y decisiones políticas del sistema.

Los resultados obtenidos presentan un análisis de la concentración de material particulado en el aire de la ciudad de Cajamarca, el cual se realizó en todos los puntos de monitoreo de PM10 establecidos para el presente estudio. También, de manera similar en el estudio realizado en el área metropolitana de Buenos Aires, en 3 estaciones de monitoreo, se registró concentraciones elevadas de PM10, dicha evidencia queda como registro de la contaminación atmosférica a la cual la población queda expuesta (Soledad, 2020).

La Municipalidad Provincial de Cajamarca, realizaba los monitoreos de Calidad de Aire hasta el 2017, pero por temas presupuestales se dejaron de realizar dichos monitoreos. En ese sentido cabe aclarar que la data fue construida directamente como parte de los estudios de acuerdo con los elementos normativos estipulados por el Estándar de Calidad del Aire del Perú.

Otra de las limitaciones fue la escasez de datos de la posible afectación a la salud por contaminación del aire por material particulado en la ciudad de Cajamarca, pues en los centros de salud, solo se registran como enfermedades respiratorias, mas no tienen registro de la causa, mucho menos relacionado a la contaminación del aire.

En tal sentido, para hacer efectivo dicho monitoreo de calidad de aire para PM10, se tuvo el apoyo de la empresa Geomax EIRL, quien proporcionó el equipo de monitoreo HIVOL, así como también insumos como: filtros de cuarzo, balanza digital micrométrica, equipo

electrógeno y movilidad. Para asegurar la calidad de los datos, dicho equipo de monitoreo cuenta con su respectivo certificado de calibración vigente, el cual se adjunta en anexos.

De los 5 puntos de monitoreo, los valores de concentración de PM10 en 24 horas, en 4 puntos superan el ECA de aire. Como se puede observar en las tablas N° 11, 12, 13, 14; cabe precisar que, superan la normativa en el óvalo musical 15,4 %, en el mercado San Antonio 14,6 %, en salida a la costa 13,8 % y en metro de Angamos 6,4% de concentración diaria de PM10. Estos resultados son similares a los encontrados por Izquierdo (2017).

De los 5 puntos de monitoreo, los valores de concentración de PM10 superan las directrices establecidas por la OMS, en porcentajes que se muestran en las tablas N°: 10, 11, 12, 13 y 14, en plaza de armas 74%, en el óvalo musical 156 %, en el mercado San Antonio 155 %, en salida a la costa 208 % y en metro de Angamos 136% de concentración diaria de PM10.

En el área de influencia de cada punto de monitoreo se pudo observar la presencia de fuentes contaminantes, tales como la concentración del parque automotor y el mal estado de las vías, destacando la presencia de vehículos que transportan agregados para la construcción, vehículos en mal estado que emiten excesiva cantidad de gases, esto se ha podido observar en la salida a la costa y en el óvalo musical. También se ha identificado algunas fuentes que provienen de restaurantes y pollerías por la combustión de carbón. Pero la fuente de mayor emisión, proviene de las obras civiles que en ese momento realizaban movimiento de tierras con fines de mejoramiento de la vía de evitamiento y, además, de las obras civiles para instalación de tuberías y mangueras para instalar gas natural domiciliario. Otros estudios muestran resultados parecidos, como el de Sanfelix (2017), que concluye que los trabajos de construcción son los principales contaminantes en las ciudades. Es necesario resaltar que si bien es cierto dichas obras públicas son de vital importancia para la población, el problema es

que los contratistas que ejecutan obras no cumplen con implementar el Plan de Manejo ambiental, documento que establece las actividades de mitigación ambiental aprobado como parte del expediente, especialmente en lo que respecta a la minimización de emisión de material particulado. Sin embargo, las empresas dan mayor importancia al avance de obra que a la mitigación ambiental, lo cual ocasiona posibles afectaciones en la salud de los trabajadores como también a la población del área de influencia, tal como lo afirma Darío (2018), quien determinó contaminantes atmosféricos, a través de una red de monitoreo de contaminación por partículas.

El punto de monitoreo identificado como el más crítico, es el ubicado en la salida a la costa, cuya concentración fue de 138,7 ug/m³; durante el monitoreo se pudo observar la presencia de volquetes que acarrear agregados para las obras, los cuales deben cubrir sus tolvas a fin de evitar derrame de estos materiales y evitar también que por efecto del viento, el material se disperse y genere material particulado, pero no lo hacen; lo cual también fue observado por Ramírez (2020), quien determinó que la construcción de caminos son fuente de emisión de PM10 y de sustancias contaminantes a la atmósfera.

Así mismo, varios estudios comprobaron que la calidad del aire está relacionada con el parque automotor, con la quema de carbón y en general con diversas actividades antrópicas. Estudios relacionados, como el de Del Blanco (2021), determinaron altas concentraciones de PM10 por la combustión de carbón; y de manera similar, Barbera (2017). Además, Arroyo (2020), en su tesis, determinó que la exposición de mujeres embarazadas a elevadas concentraciones de PM10, genera bajo peso al nacimiento y partos prematuros.

Como se detalló en la tabla N° 18, sobre los criterios de valoración del impacto en la salud humana, se consideran los niveles de importancia para luego caracterizar los impactos potenciales, los cuales tienen relación con la información vertida por los pobladores de las

zonas donde se hizo el monitoreo; quienes, manifestaron las diferentes posibles afectaciones por la presencia de material particulado en la zona. Cabe destacar que los pobladores no accedieron a identificarse, ni firmar algún acta por precaución que sus datos fueran utilizados con fines políticos.

Con la información recabada en las áreas de monitoreo, tal como se detalla en la Tabla 20, se realizó la identificación de impactos. Después de realizar la identificación, con los datos obtenidos del monitoreo de PM10 en cada punto, se estimó la valoración utilizando la fórmula de la matriz de importancia, cuyos criterios se detallan en la Tabla 18. Esta valoración (tabla 42) nos permitió determinar la importancia del impacto; pudiendo ser: leve, moderado o severo. Cabe mencionar que la utilización de la matriz adaptada de Conesa, en el presente estudio, se desarrolló de manera didáctica con fines de que pueda ser utilizada para estudios posteriores.

En estudios desarrollados por Tarín (2020), para estimar de los impactos en salud humana y Darío (2018), mediante red de monitoreo de cada contaminante atmosférico, se evaluó el riesgo para la salud, cuyo estudio sirvió para la toma de decisiones en políticas públicas y privadas.

El estudio se desarrolló desde junio, hasta agosto 2019, en los cuales la presencia de lluvias es escasa y, específicamente, en los días en que se realizó el monitoreo no hubo presencia de lluvias.

Según Benhumea (2021), el derecho humano a la salud no se antepone en cada acción y decisión económica, administrativa y política con que opera el sistema. El crecimiento de las poblaciones sobre todo en las ciudades trae consigo el incremento de actividades antrópicas las cuales repercuten en la salud pública (Faccioli, 2019), quien afirma que el 70% de la población mundial vivirá en las ciudades.

Otras de las limitaciones para realizar el monitoreo de calidad del aire, es el costo del equipamiento que requiere el método gravimétrico que exige la normativa peruana; lo cual no ocurre en los países desarrollados, ya que ellos tienen mecanismos automatizados para realizar las mediciones, por ejemplo: Alsioufi (2017), utilizó el método de microondas, y Mosqueira (2019), en su investigación para determinar material particulado, utilizó equipo de medición automática.

Se ha observado que en el Perú y también en Cajamarca, se recomienda que los trabajadores de construcción civil utilizan equipos de protección personal (EPP); sin embargo, sería muy beneficioso que se utilicen máscaras antipolvo, para evitar accidentes laborales por ingesta de gases o de partículas. En espacios confinados, de alto nivel de concentración, se deberían colocar equipos portátiles de medición automática, con fines de garantizar o salvaguardar la salud de los trabajadores. Además, se debe implementar o innovar otros mecanismos de manejo de material particulado, para que las autoridades competentes estén obligados a implementar mecanismos de protección y de información a la población expuesta. Así, Oyarzún y Valdivia (2021), indican que las autoridades deben disponer de planes de mitigación de la contaminación ambiental, además los ciudadanos tienen derecho a saber de sus riesgos ambientales y los investigadores tienen la obligación de generar información al respecto.

La fortaleza de este estudio es que se ha obtenido información primaria por el propio investigador, quien no solamente se encargó de cuantificar y registrar el material particulado, sino que a la vez observó la dinámica de las fuentes emisoras, que en su mayoría son cambiantes por la misma actividad antrópica que permitió cuantificarlos y la participación directa por parte del investigador y no solamente con fines de registrar el material particulado sino además se observó la dinámica de las fuentes emisoras que en su mayoría son cambiantes

por la misma actividad antrópica y que en su momento podrían ser penalizadas o sancionadas por la entidad correspondiente.

La matriz adaptada de Conesa permitió el desarrollo de la valorización de la importancia del impacto, lo cual refleja la posible afectación a la salud humana lo cual queda como referente a ser usada en otras investigaciones similares.

CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Luego de determinar la concentración de material particulado PM10 y la posible afectación a la salud humana, en la ciudad de Cajamarca, se concluye que, estas concentraciones superan el Estándar Nacional de Calidad de Aire y las directrices de la OMS, lo cual afecta a la salud humana y entonces se da la confirmación de la hipótesis.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA TEÓRICA COMO PARTE DEL MONITOREO DE MATERIAL

PARTICULADO PM10

Objetivo

Proponer criterios técnicos con fines de asegurar los resultados del monitoreo de material particulado PM10.

Objetivo específico

Sugerir con este estudio académico mejoras al sistema de monitoreo ambiental para PM10.

Fundamentos

El Protocolo Nacional de Monitoreo especifica la necesidad de definir estándares técnicos que garanticen la planificación y funcionamiento de sistemas de seguimiento de la calidad atmosférica a nivel nacional. Asimismo, señala la importancia de fijar métodos estándar y alternativos para medir las concentraciones de los indicadores de calidad del aire. Además, subraya la inclusión de directrices que guíen la selección de estos indicadores y suministra lineamientos y recursos para validar y supervisar la precisión de los datos recopilados; este referente, nos permite generar criterios y consideraciones técnicas con fines de la mejorar los procedimientos establecidos, para llevar a cabo los monitoreos ambientales y va dirigido a las instituciones competentes quienes no solamente son responsables para hacer cumplir las normas y emitir procedimientos sancionadores, sino que además deberían implementar planes y programas para la identificación de agentes contaminantes, innovar y aplicar otros métodos de monitoreo, todo ello en referencia lo que indica el Protocolo, con el fin de desplegar

mecanismos de control para asegurar el diseño y operaciones eficientes de las estaciones y redes de monitoreo de calidad de aire.

La propuesta sugiere adicionar una ficha de campo, que permita tomar nota de las características de la observación, actividades y fuentes contaminadoras del aire, en el área de influencia durante el monitoreo. “Las emisiones que generen las fuentes que existen en el entorno del área de monitoreo, podrían ser determinantes en los resultados de la calidad de aire”.

El propósito de la observación y seguimiento del entorno es producir datos que faciliten la implementación de estrategias para adherirse a las normativas ecológicas. Esto se hace con el objetivo de optimizar las condiciones ambientales, preservar los fundamentos esenciales para la existencia humana y promover un avance sostenible. Estas actividades están enfocadas en la supervisión y control ambiental dentro del territorio peruano.

En el Perú, en el año 2001, mediante DS 074-2001-PCM, se aprobaron por primera vez los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, en este instrumento normativo se estableció valores ECA para seis parámetros, tales como: PM10, CO, NO₂, SO₂, O₂, Pb. Cabe indicar que con respecto al PM el ECA fue de 150 ug/m³.

En el año 2017, mediante DS 003-2017-MINAM, con el objetivo de actualizar y uniformizar la normativa en materia de ECA para Aire, estableció valores ECA para diez parámetros, tales como: PM10, PM_{2.5}, CO, NO₂, SO₂, O₃, Pb, C₆H₆, MGT, H₂S. Cabe indicar que con respecto el ECA para PM10 es 100 ug/m³, siendo más exigente en comparación a la norma anterior.

El DS N° 010-2019-MINAM establece el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire con el fin de asegurar métodos estandarizados y fiables para la supervisión y validación

de la calidad de los datos ambientales. Este protocolo busca homogeneizar los principios y directrices técnicas para producir datos pertinentes que apoyen la implementación de acciones de mitigación y prevención, asegurando la adherencia a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el aire en vigor. El propósito central de este protocolo es la generación de información precisa, coherente, compatible y representativa.

En línea con lo establecido en el protocolo, se reconoce la importancia de la información sobre la calidad del aire en la prevención y evaluación de riesgos para la salud. Esta información debe ser sólida, equiparable y representativa para su uso en el desarrollo de políticas o estrategias destinadas a la protección de la salud pública y el medio ambiente.

Adicionalmente, el protocolo permite la creación de redes de monitoreo enfocadas en investigaciones de salud pública. La cantidad de estaciones de monitoreo se determinará basándose en la investigación correspondiente. Se recomienda que la ubicación de estas estaciones se priorice según los riesgos que la calidad del aire representa para la salubridad de las personas. (MINAM, 2019).

Esto nos demuestra su carácter de prevención y de mejora continua, aplicable según el entorno y tipo de actividades que se desarrollan en el tiempo y en el espacio.

A partir del punto de vista, es de importancia que, en cada uno de los escenarios para los monitoreos de calidad de aire para material particulado, la entidad encargada de realizar el monitoreo acorde al Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Aire, se recomienda también registrar información como:

- ✓ Vehículos que circulan con características de desperfectos mecánicos tales como generación de humaredas negras.

- ✓ Vehículos que en la carrocería como en las ruedas traen adherido material particulado por la circulación en trochas carrozables.
- ✓ Vehículos que transportan agregados (Cuentan o no con protector de tolva, para evitar emisión de material particulado por acción del viento).
- ✓ Pollerías o restaurantes que queman leña o carbón.
- ✓ Industrias, como ladrilleras, cementeras.
- ✓ Presencia de obras civiles.

En la realización del presente estudio, fue necesario registrar las diversas fuentes contaminantes, presentes en el escenario del monitoreo y las mismas que varían en los diferentes puntos para monitorear el ambiente.

Esta propuesta podría ser cuestionada, dado que, su aplicación no está indicado en el Protocolo para monitorear la calidad de aire, pero es relevante porque permite al momento de realizar la evaluación, tener en cuenta la principal fuente de emisión de contaminación de la calidad de aire e identificar a los responsables ya sean personas naturales o jurídicas.

En efecto, siguiendo este criterio como parte de procedimiento técnico, la información de campo, permitirá tener mayor referencia para que las instituciones públicas o privadas, desarrollen medidas de mitigación, control e inclusive instruir procedimientos administrativos sancionadores.

Otro punto no menos importante, que las autoridades locales tienen que tomar en cuenta, es la necesidad de la zonificación de la ciudad de Cajamarca, la gestión debe ser al momento de aprobar licencias de funcionamiento otorgadas a las diferentes actividades comerciales, industriales, productivas, educativas, especiales, etcétera.

Análisis Costo Beneficio

La propuesta no ocasionará costo alguno al presupuesto a nivel nacional, sino que, permitirá identificar y/o cuantificar las posibles fuentes de contaminación de calidad de aire, con fines de poder prevenir o mitigar por parte de las entidades competentes.

CONCLUSIONES

1. Se logró determinar la concentración de Material Particulado PM10, en todos los puntos de monitoreo establecidos, cuyos resultados son: Plaza de Armas 78,3 ug/m³; Ovalo Musical 115,4 ug/m³; Mercado San Antonio 114,6 ug/m³; Paradero salida a la Costa 138,7 ug/m³; Centro Comercial Metro de Angamos 106,4 ug/m³, para ello se utilizó un equipo muestreador HIVOL, mediante el método gravimétrico y con respecto a la valoración el mayor impacto por la posible afectación a la salud de las personas, es en la salida a la costa.
2. La concentración de material particulado PM10, a excepción de Plaza de Armas, en todos los puntos de monitoreo, exceden el ECA de Aire: en 15,4% en el Ovalo Musical, en 14,6% en el Mercado San Antonio, en 38,7% en el paradero salida a la Costa, en 6,4% en las inmediaciones del Centro Comercial Metro de Angamos de concentración diaria de PM10.
3. Con respecto a la Directrices establecidos por la OMS para material particulado PM10, todos los puntos de monitoreo exceden los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud, en plaza de armas 74%, en el óvalo musical 156 %, en el mercado San Antonio 155 %, en salida a la costa 208 % y en metro de Angamos 136% de concentración diaria de PM10.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alsiofi, L. (2017). *Arsenic and antimony speciation in atmospheric particulate matter of Andalusia*, Tesis Doctoral, Universidad de Huelva.

<http://hdl.handle.net/10272/15569>

Arroyo, V. (2020). *Influencia de los factores ambientales en variables adversas al nacimiento en España*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, España.

<http://hdl.handle.net/10486/692388>

Barla, R. (2002). *Un diccionario para la educación ambiental*, Glosario ecológico, España.

<http://www.geocits.com>

Barbera, M. (2017). *Exposición al humo de incendios forestales y mortalidad en Valencia*, Tesis Doctoral, Universidad de Jaume.

<http://dx.doi.org/10.6035/14032.2017.24116>

Benhumea, L. (2021). *El sistema de Salud Mexicano una revisión a las contradicciones del Derecho Humano a la Salud a partir de los procesos Sociopolíticos de la Ciudadanía 2000 - 2019*, Tesis Doctoral, Escuela Internacional de Doctorado, México.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=289034>

Boldo, E. (2018). *La contaminación del aire*, Revista Científica del Centro Nacional de Epidemiología del Instituto de Salud Carlos III, España.

Cepal. (2022). Evaluaciones del desempeño ambiental, Revista Ambiental, Naciones Unidas, Perú. [https:// Evaluaciones del desempeño ambiental: Perú | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe \(cepal.org\)](https:// Evaluaciones del desempeño ambiental: Perú | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe (cepal.org))

Congreso de la República del Perú. (2005, 23 de junio), Ley 2861, Por la cual se crea la Ley General del Ambiente. Visto en:

<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>

Constitución Política del Perú, (1993).

Conesa, V. (2010). Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental, 4ª Edición, Madrid, España.

CODS, (2019). Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe, <https://cods.uniandes.edu.co/calidad-del-aire-un-problema-urgente-para-america-latina-y-el-caribe/#entry-content>.

Darío, R. (2018). *Estimación de COV's emitidos por fuentes fijas y móviles en el aire de la ciudad de Córdoba, Argentina*, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

<http://hdl.handle.net/11086/6897>

Del Blanco, C. (2021). *Influencia de la microestructura de la precipitación en las características del aerosol atmosférico, determinó la concentración de carbono negro (BC) desde enero de 2016 hasta marzo de 2017, en los alrededores de la ciudad de León*, Tesis Doctoral, Universidad de León.

<https://portalcientifico.unileon.es/investigadores/97651/tesis>

EPA. (2022). Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos, recuperado el 02 de setiembre del 2022, de <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>.

EPA. (2022). Efectos del Material Particulado (PM) en la Salud y Medio Ambiente, Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos, recuperado el 06 de diciembre del 2022, de <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>.

EPA, (2022). Guía para las escuelas sobre la calidad del aire y las actividades al aire libre, recuperado el 16 de enero del 2023, de <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>.

Estándares de Calidad Ambiental para Aire, Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, Pub. L. N° 003-2017-MINAM (2017).

Faccioli, C. (2019). *Calidad del aire y ciudad inteligente (Smart City). La protección de la calidad del aire como motor del desarrollo urbano sostenible*, Tesis Doctoral, Universidad Rovira y Virgili, España.

<https://www.tdx.cat/handle/10803/668954>

Garmendia, A. (2005). *Evaluación del impacto ambiental*, 1ª Edición, España. Disponible en www.freelibros.me

Guevara, E. (2021). *Fundamentos sobre el estudio de Impactos ambientales*, 1ª Edición, Lima, Perú.

Índices de Calidad del Aire, Resolución Ministerial N°181-2016-MINAM, Pub. RM. N° 181-2016-MINAM (2016).

Izquierdo, J. (2017). *Estudio de los niveles, composición y contribución de fuentes en el material particulado en suspensión en el sur de la Ciudad de Gijón*, Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, España.

<http://hdl.handle.net/10651/45001>

IGN. (2019). Resolución Jefatural N° 112-2006-IGN/OAJ/DGC/J, Recuperado el 28 de abril del 2023, de <https://vlex.com.pe/vid/cartografico-transverse-mercator-utm-31303171>.

Megido, L. (2018). *Material particulado en el aire ambiente de la zona este de Gijón, Niveles, composición y contribución de fuentes*, Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, España.

<http://hdl.handle.net/10651/46388>

MINAM. (2010). *Política Nacional del Ambiente*, Editorial Supergráfica EIRL, Lima Perú.

MINAM. (2012). *Guía para la identificación y caracterización de Impactos Ambientales*. Recuperado el 11 de abril del 2023, de <https://minam.gob.pe>

MINAM. (2015). *Ley General del Ambiente, Ley N°28611*, 75 p. Recuperado el 11 de setiembre del 2022, de <https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/3569-28611>

- MINAM, (2023). Glosario de términos de gestión ambiental peruana, 396 p. Recuperado el 01 de marzo del 2023, en <https://repositoriodigital.minam.gob.pe>
- Mosqueira, H. (2019). *Evaluación de las partículas PM2.5 y PM10 en la construcción de la carretera Chota - Cochabamba (Cajamarca)*, Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2835>
- MINAM, (2019). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de Aire, Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM, Recuperado el 15 de setiembre del 2022, de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad>.
- MPC, (2014). Grupo de estudio técnico ambiental Gesta Zonal de aire de Cajamarca, Ordenanza Municipal, Municipalidad Provincial de Cajamarca.
- OMS. (2021). Organización Mundial de la Salud. Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire de la OMS, Washington DC.
- Oyarzún, M. (2021). *Contaminación atmosférica de Santiago, realidades y proyecciones futuras*, *Revista de Chile Enfermedades Respiratorias*, Chile.
- <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482012000300001>
- Querol, X. (2018). La Calidad del Aire en las Ciudades un reto mundial, 1ª Edición, España.
- Ramírez, N. (2022). *Emisión y composición química del material respirable (PM10) emitido por suelos y caminos de la región semiárida Argentina*, Tesis de Doctorado, Universidad Nacional del Sur, Argentina. Repositorio de la UNS.
- <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5946>
- Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Pub. DS. N° 019-2009-MINAM (2009).
- Sánchez, L. (2010). Evaluación del Impacto Ambiental, 1ª Edición, Brasil.

Soledad, N. (2020). *Elaboración e implementación de una propuesta metodológica para la evaluación y gestión de la calidad del aire mediante el enfoque de la ciencia de datos*, tesis para optar el grado de Doctor, Universidad Politécnica de Valencia, España.

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/94380>

SENAMHI, (2022). *Vigilancia de la Calidad del Aire en el área metropolitana de Lima y Callao*, 2022, Perú.

Tarín, P. (2020). *Estimation of the impacts of air pollution and climate change on mortality over Europe*, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, España.

<http://hdl.handle.net/10201/103566>

Yohannessen, K. (2020). *Impacto de la introducción de la reforma al transporte público en la calidad del aire de Santiago de Chile*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

<https://hdl.handle.net/10803/672004>

ANEXOS

Anexo 1: Directrices de calidad de aire establecido por la Organización Mundial de la Salud 2021.

Tabla 43

Directrices de calidad de aire en referencia al material particulado PM10 establecido por la (OMS).

Directrices de Calidad de Aire para Material Particulado	
Material particulado	Media Diaria en 24 horas
PM10	45 ug/m ³

Fuente: OMS - 2022.

Anexo 2. Certificado de calibración del equipo muestreador PM10 - HIVOL



EQUINLAB

S A C

Equipamiento Instrumentación
Industrias y Laboratorios



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
PATRONES DE TRAZABILIDAD NACIONAL
INACAL E INTERNACIONAL AL NIST
GENAM, DAKKS, ENAC, DKD

INGENIERIA EN METROLOGIA

Empresa de Servicios Meteorológicos de Verificación, Calibración y Emisión de Certificados Ajustando la Trazabilidad de Nuestros Patrones Nacionales e Internacionales

°C | 6.19% | 1.456 kg/m³ | -27.3ad | 8.54m/s | 51.9% | H | 14.0% | 180.4 g/m³ | 0.9mm | 4.900 g/L | 183 ynl | 22.2°C | 26.0 °F | 6.21 % | 1.424 kg/m³ | 79.9°F | 6.19% | 1.456 kg/m³ | -27.3ad | 8.54

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LE-608-2022

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN	: 2022-07-05
EXPEDIENTE	: EIII-0876-2022

1. SOLICITANTE : GEOMAX LABORATORIO AMBIENTAL AIRE AGUA Y SUELO E INGENIERIA E.I.R.L.

DIRECCIÓN : JR. LOS TOPACIOS 484

2. INSTRUMENTO : HI VOL

MARCA : THERMO SCIENTIFIC

MODELO : G10557

SERIE : P9225X

PROCEDENCIA : ESTADOS UNIDOS

METODO DE REFERENCIA : NORMA EPA N°RFP5 1287-063

TIPO : MECÁNICO/ELECTRÓNICO

3. CUMPLIMIENTO : TUBO DE VENTURI CUMPLE CON LA NORMA ASTM EPA RFP5 1287-063

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN: LABORATORIO DE EQUINLAB

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-07-05



Ing. Roger Cueva Zula
Jefe de Metrología





PROHIBIDO SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C.

Av. Universitaria 2786 Mz G LT 43 Los Olivos - Lima - Lima
Telf.: (01) 677-6611 / (01) 336-4538 Cel.: 939294882 / 946480783
E-mail: ventas@equinlabsac.com / metrologia@equinlabsac.com / www.equinlabsac.com

Anexo 3: Panel fotográfico del monitoreo de material particulado PM10

Figura 7

Monitoreo de material particulado PM10 en la Plaza de Armas de la ciudad de Cajamarca



Figura 8

Monitoreo de material particulado PM10 en el Ovalo Musical



Figura 9

Monitoreo de material particulado PM10 en el Mercado San Antonio



Figura 10

Monitoreo de material particulado PM10 en el Paradero salida a la costa



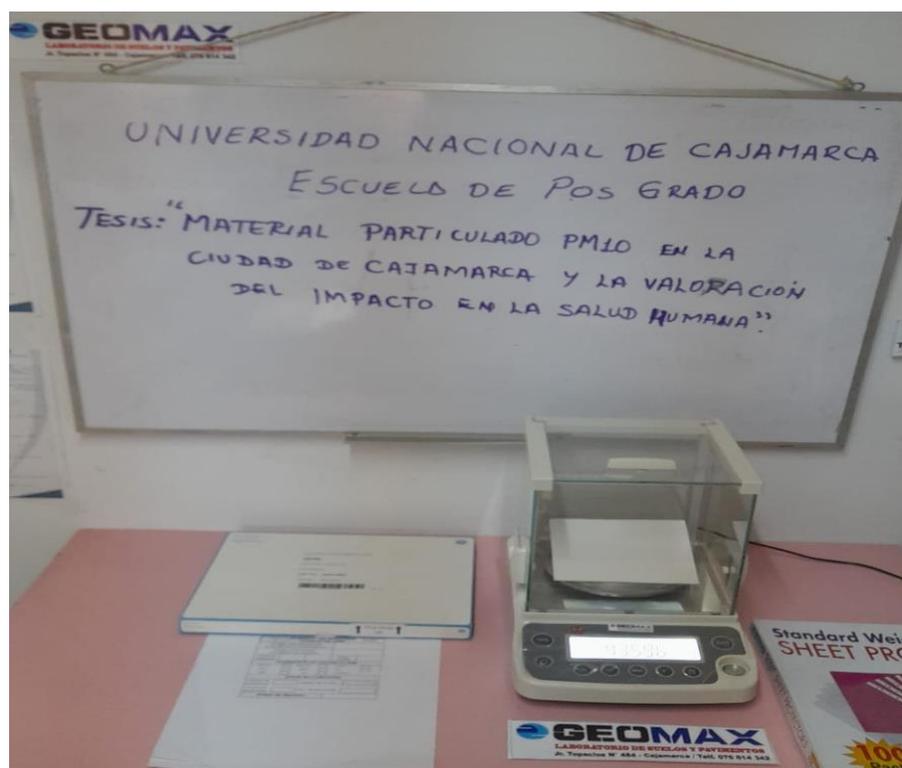
Figura 11

Monitoreo de material particulado PM10 inmediaciones Centro Comercial Metro de Angamos



Figura 12

Pesado de filtros del monitoreo de material particulado PM10



Anexo 4:

Tabla 44

Ficha de registro de condiciones de monitoreo para PM10

Ubicación:

Coordenadas:

Orden	Fuentes Contaminantes	Cantidad	Identificación/Placa de Rodajes	Observaciones
1	Vehículos con desperfectos mecánicos			
2	Vehículos que transportan agregados y presencia de derrame de materiales			
3	Vehículos con abundante polvo adherido a ruedas y carrocería			
4	Pollerías o restaurantes			
5	Industrias			
6	Obras civiles			

FICHA TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS DE CAMPO

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:

Código o Punto de Monitoreo :

Ubicación: Coordenadas U.T.M. (Datum Horizontal UTM WGS84) zona 17s

Norte :

Este :

Zona :

17

(17, 18 o 19)

Altitud :

(metros sobre el nivel del mar)

Fuentes emisoras de PM10:

Por el tráfico vehicular :

Vehiculos transportan agregados :

Obras civiles :

Vehiculos generan humaredas negras :

Otros :

Posible afectación a la salud de las personas que viven a inmediaciones (según la OMS):

Bronquitis :

Ataques de asma :

Irritabilidad de ojos :

Problemas menores :

Resecamiento de la piel :

Comentarios

Elaborado por : Ing. Ms C. Baltazar Ludeña Pereyra

Fecha :

FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO

1. ¿Vive usted por la zona?

.....

2. ¿Qué edad tiene?

.....

3. ¿La presencia de polvo en el aire de la zona, afecta su salud?

.....

4. ¿Cómo siente la afectación?

.....

5. ¿Ha recurrido a algún centro de salud, por la afectación a la salud por polvo?

.....

6. ¿Quiénes cree usted que son los más afectados por la alta presencia de polvo?

Niños

Jóvenes

Adultos

Ancianos

Mujeres embarazadas

Enfermos

Toda la población

APÉNDICE

Apéndice 1: Actas de monitoreo de material particulado PM10.

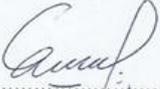
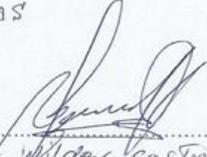
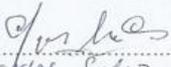
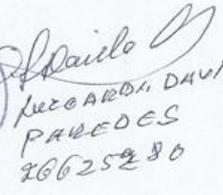
Figura 13

Acta de monitoreo de material particulado PM10 en la Plaza de Armas

 **ESCUELA DE POS GRADO**
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA 

ACTA DE MUESTREO DE MATERIAL PARTICULADO N° 01

En la ciudad de Cajamarca, el Ing. Percy Baltazar Ludeña Pereyra, identificado con CIP N° 90814, realizó el muestreo, para la tesis: "MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y LA VALORACION EN LA SALUD HUMANA - 2019".
Fecha: 03 - Junio - 2019
Punto de muestreo: Plaza de Armas

 Nombre: EDWIN ESCURRA MENESES DNI N°: 26607142 Representante: Docente.	 Nombre: Wilber Castrejón Hernández. DNI N°: 28065305. Representante: Comerciante Docente IST - Jorge Desmayzon Seminario.
 Nombre: Evelyn Daniela Rojas Velca DNI N°: 73143881 Representante: Campaña Tours.	 Nombre: Carlos Salazar Guerrero DNI N°: 20633490 Representante: Jugoría la Florida. Plaza Armas.
 Nombre: Lisbet Corcado Agrícola DNI N°: 47471568. Representante:	 Nombre: RICARDO DAVILA PAREDES DNI N°: 26625280

 PERCY LUDENA PEREYRA
INGENIERO AMBIENTAL
CIP. N° 90814

 Promociones y Evolución
Gerencia General
CAJAMARCA
FUND. MAYO 1908

Figura 14

Acta de monitoreo de material particulado PM10 en el Ovalo Musical

 **ESCUELA DE POS GRADO**
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA 

ACTA DE MUESTREO DE MATERIAL PARTICULADO N° 02.

En la ciudad de Cajamarca, el Ing. Percy Baltazar Ludeña Pereyra, identificado con CIP N° 90814, realizó el muestreo, para la tesis: "MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y LA VALORACION EN LA SALUD HUMANA - 2019".
Fecha: 19 de Junio del 2019
Punto de muestreo: Ovalo Musical

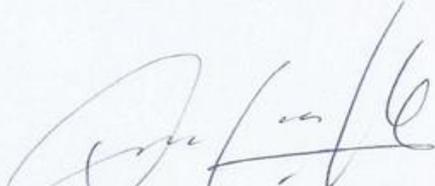
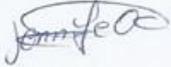
 Nombre: Estefanía Alvarado Chávez DNI N°: 73875534 Representante: Estudiante: UNC.	 Nombre: Juan Carlos Chávez Silva. DNI N°: 41781904 Representante: vecino.
 Nombre: JESÚS GABRIEL JATAHUASI ACUÑA DNI N°: 75613058. Representante: Estudiante UPN Contabilidad.	 Nombre: Jaime Tejada Corra DNI N°: 26605536 Representante: Bodega Linda Ovalo Musical
 Nombre: RAÚL SALVADOR HUMBERTO OROYA. DNI N°: 4604617. Representante: Vecino - Ovalo Musical.	Arny Valera Espinoza DNI: 72604813 Alumno: UPAGU - Derecho
  PERCY LUDENA PEREYRA INGENIERO AMBIENTAL CIP. N° 90814	 Jennifer Ochoa Correa DNI: 74817073 Alumno: UPAGU - Psicología 

Figura 15

Acta de monitoreo de material particulado PM10 en el Mercado San Antonio



**ESCUELA DE POS GRADO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**



ACTA DE MUESTREO DE MATERIAL PARTICULADO N°...03.

En la ciudad de Cajamarca, el Ing. Percy Baltazar Ludeña Pereyra, identificado con CIP N° 90814, realizó el muestreo, para la tesis: "MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y VALORACION DEL IMPACTO EN LA SALUD HUMANA - 2019".
Fecha: 09 de Julio del 2019.
Punto de muestreo: Mercado

<p style="text-align: center;"></p> <p>Nombre: <i>Miriam Ruiz de Ovarara</i> DNI N°: <i>00076961</i> Representante: <i>Botica Jesus Tu Sinator</i></p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Nombre: <i>David Serrano Ramos</i> DNI N°: <i>46813139</i> Representante: <i>Zapataria Miguel Ángel</i></p>
<p style="text-align: center;"></p> <p>Nombre: <i>Pepe Garcia Mendoza</i> DNI N°: <i>075842088</i> Representante:</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Nombre: <i>Jaime Vargas Baicodien</i> DNI N°: <i>40818023</i> Representante:</p>
<p style="text-align: center;"></p> <p>Nombre: <i>Norma flor Vallejos Tautalcan</i> DNI N°: <i>46445739</i> Representante:</p>	



 **PERCY LUDEÑA PEREYRA**
INGENIERO AMBIENTAL
C.I.P. N° 90814

Figura 16

Acta de monitoreo de material particulado PM10 en el paradero salida a la Costa



ESCUELA DE POS GRADO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



ACTA DE MUESTREO DE MATERIAL PARTICULADO N°..04.

En la ciudad de Cajamarca, el Ing. Percy Baltazar Ludeña Pereyra, identificado con CIP N° 90814, realizó el muestreo, para la tesis: "MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y VALORACION DEL IMPACTO EN LA SALUD HUMANA - 2019".

Fecha: 24 de Julio del 2019.

Punto de muestreo: Paradero Salida a la Costa

Nombre: *[Signature]*
DNI N°: 26629942
Representante: *Filtros Cajamarca*

Nombre: *[Signature]*
DNI N°: 76349698
Representante:

Nombre: *[Signature]*
DNI N°: 26638042
Representante:

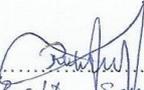
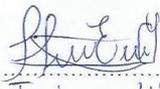
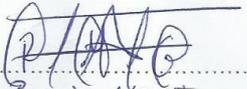
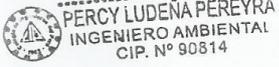
Nombre: *[Signature]*
DNI N°: 75834325
Representante:

Nombre: *[Signature]*
DNI N°: 61667333
Representante:

[Signature]
PERCY LUDENA PEREYRA
INGENIERO AMBIENTAL
CIP. N° 90814

Figura 17

Acta de monitoreo de material particulado PM10 en las inmediaciones Centro Comercial Metro de Angamos

	ESCUELA DE POS GRADO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
ACTA DE MUESTREO DE MATERIAL PARTICULADO N° 05		
<p>En la ciudad de Cajamarca, el Ing. Percy Baltazar Ludeña Pereyra, identificado con CIP N° 90814, realizó el muestreo, para la tesis: "MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y VALORACION DEL IMPACTO EN LA SALUD HUMANA - 2019".</p> <p>Fecha: 02 de Agosto del 2019. Punto de muestreo: Inmediaciones Centro Comercial Metro de Angamos.</p>		
<p> Nombre: <u>Jose Mejia Usigres</u> DNI N°: <u>26 71 9070</u> Representante: <u>DRAC</u> <u>718331090. Dirección Regional</u> <u>Agricultura Cajamarca</u></p>	<p> Nombre: <u>Rosita Sanchez Estela</u> DNI N°: <u> </u> Representante: <u>CE Simón Bolívar.</u> <u>927895311</u></p>	
<p> Nombre: <u>Dayana Sanchez Moreno</u> DNI N°: <u>983824596</u> Representante: <u> </u></p>	<p> Nombre: <u>Jennifer Lico Estrada</u> DNI N°: <u>75847383</u> Representante: <u> </u></p>	
<p> Nombre: <u>Zocío Meztanza Gutierrez</u> DNI N°: <u>75077516</u> Representante: <u> </u></p>	<p> Nombre: <u>Rosa Mirilu Llanos</u> <u>Ramos.</u> DNI <u>45429856</u> Puesto: <u>Intra lot-vendedora.</u></p>	
<p>  PERCY LUDEÑA PEREYRA INGENIERO AMBIENTAL CIP. N° 90814</p>		