



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

**EVALUACIÓN DE METALES TOTALES PRESENTES EN EL AIRE Y SUS
EFECTOS QUE OCASIONA EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL
DISTRITO DE JULIACA**

PRESENTADA POR:

ROGER VILCA NAYRA

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCIÓN EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

AUTOR

**EVALUACIÓN DE METALES TOTALES PR ROGER VILCA NAYRA
ESENTES EN EL AIRE**

RECUENTO DE PALABRAS

20435 Words

RECUENTO DE CARACTERES

105023 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

100 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.1MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 8, 2024 9:23 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 8, 2024 9:24 PM GMT-5

● **6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de dato

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


Ing. CIP 116828 JUSTO LUIS FLORES
Profesora 116828 QUÍMICO

 
M.Sc. Salomón Tito León
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN UPG
MAESTRÍA EN CIENCIAS - INGENIERÍA QUÍMICA

 
Ing. CIP 116828 JUSTO LUIS FLORES
Profesora 116828 QUÍMICO

Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE PORGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS INGENIERIA QUÍMICA

TESIS

**EVALUACIÓN DE METALES TOTALES PRESENTES EN EL AIRE Y
SUS EFECTOS QUE OCASIONA EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL
DISTRITO DE JULIACA**

PRESENTADA POR:

ROGER VILCA NAYRA

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

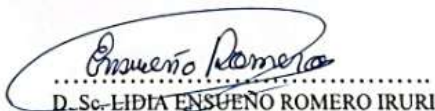
CON MENCIÓN EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE


.....
D. Sc. TEOFILO DONAIRES FLORES

PRIMER MIEMBRO


.....
D. Sc. LIDIA ENSUENO ROMERO IRURI

SEGUNDO MIEMBRO

.....
D. Sc. FERNANDO MISAEL GONZA TIQUE

ASESOR


.....
M. Sc. REMEJISTO QUISPE FLORES

Puno, 04 de agosto de 2023

ÁREA: Investigación
TEMA: Salud pública
LÍNEA: Salud Pública



DEDICATORIA

A **Dios**, por darme la vida y trascender profesionalmente.

A mi esposa **Karen**, y mi hija **A. Belén**.

A mis padres **Vicente** y **Andrea**, hermanos **Rolando**, **Ubaldo** y **Susy**, que siempre cuento con su apoyo, a cumplir mis metas.

ROGER



AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por darme la vida, y poder realizar mis metas.
- A la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Escuela de Posgrado, su plana docente, quienes aportaron sus conocimientos y experiencias en los años de estudio.
- A mis jurados de tesis, mi asesor de tesis por el tiempo, sus correcciones y mejorar el presente trabajo de investigación.
- A la empresa Ecología y Mantenimiento SAC, por gestionar la realización de análisis químico de metales totales en PM_{10} en laboratorio acreditado Alab.
- Demas amigos siempre están dispuestos a mejorar el proyecto.

ROGER

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
ABREVIATURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
REVISIÓN DE LITERATURA	
1.1 Marco Teórico	2
1.1.1 Norma nacional de calidad aire	2
1.1.2 Norma Internacional.	3
1.1.3 Contaminación de aire.	4
1.1.4 Material particulado	5
1.1.5 Principales fuentes de contaminación.	7
1.1.6 Efectos de metales totales en material particulado sobre la Salud.	9
1.1.7 Efectos de material particulado al bienestar social	16
1.1.8 Métodos para evaluación de PM ₁₀	16
1.1.9 Datos de PM ₁₀ América Latina y el Caribe	19
1.2 Antecedentes	20
CAPÍTULO II	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
2.1 Identificación del problema	25
2.2 Enunciados del Problema	26
2.2.1 Problema general	26
2.2.2 Problema específico	26
2.3 Justificación	27
2.4 Objetivos	28
	iii



2.4.1 Objetivo general	28
2.4.2 Objetivos específicos	28
2.5 Hipótesis	28
2.5.1 Hipótesis general	28
2.5.2 Hipótesis específicas	28

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio	29
3.2 Población	30
3.3 Muestra	31
3.4 Método de investigación	32
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	33
3.5.1 Metodología para determinar los niveles de concentración de los metales totales en material particulado PM ₁₀ respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional.	33
3.5.2 Metodología para analizar los metales totales en material particulado PM ₁₀ como influye en el bienestar físico de la población de Juliaca	36
3.5.3 Metodología para analizar los metales totales en material particulado PM ₁₀ como influye en la percepción del bienestar social de la población de Juliaca.	37

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados	39
4.1.1 Calidad de aire	40
4.1.2 Resultado de análisis químico metales totales en material particulado.	41
4.1.3 Resultado de concentración de los metales totales en material particulado PM ₁₀ respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional.	44
4.1.4 Correlación de concentración metales totales y material particulado.	44
4.1.5. Conclusión	48
4.1.6 Encuesta de población por zona	48
4.1.7 Fumadores activos	50
4.1.8 Incidencia de enfermedades por la calidad de aire	51
4.1.9 Asociación entre las variables	51
4.1.10 Conclusión	53
4.1.11 Percepción de contaminación del aire y afectación económica	53



4.1.12 Asociación en entre variables bien estar de salud y molestias respiratorias	54
4.1.13 Conclusión	55
4.2. Discusión	55
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFIA	59
ANEXOS	66



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Estándar internacional PM ₁₀ de calidad de aire	3
2. Directrices de la Organización Mundial de la salud OMS	4
3. Efectos de metales totales en material particulado PM ₁₀ sobre la Salud.	10
4. Ubicación de estación de monitoreo material particulado	30
5. Número mínimo de estaciones de monitoreo, según criterio poblacional	32
6. Protocolo de metodología de análisis de metales totales en PM ₁₀	34
7. Comparación de ECAS nacional e internacional de Metales Totales en PM ₁₀	35
8. Cuestionario para alcanzar el objetivo 2	36
9. Cuestionario para alcanzar el objetivos 3	37
10. Evaluación de calidad del aire y su Implicancia en personas	41
11. Resultado de metales totales en PM ₁₀ - Filtros HV ICP-OES (acreditado IAS - Periodo monitoreo 24 h.)	42
12. Tabla de contingencia de variables Metales totales y afectación al bienestar físico.	52
13. Prueba Chi Cuadrado Asociación entre PM e Incidencia de enfermedades	52
14. Tabla de contingencia entre concentración material particulado y Afectación Económica.	54
15. Prueba de Chi Cuadrado asociación entre material particulado PM y Afectación de pérdidas económicas.	55



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Elementos que puede analizar el ICP-MS	6
2. Comparación de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5}	7
3. Identificación y selección de los principales factores de riesgo a la salud	8
4. Como daña a la salud el material particulado	9
5. Muestreador Hi Vol PM ₁₀	17
6. Liquen Xanthoparmelia y grilla Liquéncia de 20 X 10 cm.	19
7. Concentración de PM ₁₀ en principales ciudades de América Latina.	20
8. Punto de estación de monitoreo en la ciudad de Juliaca	30
9. Estación de monitoreo con equipo Hi-vol – Punto de Av. Marañón salida Puno	34
10. Resultado de PM ₁₀ frente a los ECA nacional e internacional	40
11. Comparación de Metales totales en el aire y ECA Canadá (24 h.- $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	44
12. Correlación de metales totales frente a material particulado PM ₁₀	47
13. Distribución de zona de encuestas realizadas en la ciudad de Juliaca	49
14. Edad de encuestados y años de residencia en Juliaca	49
15. Percepción de fuentes de contaminación y afectación de la polución	50
16. Fumadores activos	50
17. Incidencia de enfermedades de la población y percepción de calidad de aire.	51
18. Percepción de molestias de contaminación del aire y afectación económica	53



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Matriz de consistencia	67
2. Informe analisis de laboratorio ALAB.	68
3. Instrumento de hoja de encuesta	80
4. Protocolo de operación de equipo Hi-Vol	83
5. Panel fotográfico de puntos de monitoreo	86



ABREVIATURAS

Sigla	Denominación
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
EAA	Espectrofotometría por Absorción Atómica
EPA	Agencia de Protección al Ambiente
MINAM	Ministerio del Ambiente
mg/L	Miligramos por litro
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OMS	Organización Mundial de la Salud
PM	Material Particulado.
PM ₁₀	Material particulado con diámetro menor a 10 µg
MT	Metales totales
µg/m ³	Microgramo por metro cúbico
UE	Unión Europea
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
IRA	Enfermedad respiratoria aguda
ICP MS	Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente

RESUMEN

La contaminación del aire afecta la salud de las personas por lo es importante evaluar los metales totales en material particulado presentes en el aire y como afectan a la salud de la población del distrito de Juliaca, la presente investigación es de tipo descriptivo y correlacional, no experimental. Las muestras fueron tomadas intencionadas en 10 puntos de mayor flujo peatonales y vehicular, empleando el Hi-vol de alto volumen, luego ser analizadas por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), para evaluar los efectos sobre la salud, se encuestó al azar 575 habitantes de Juliaca, evaluando estadísticamente con la prueba con χ^2 de Pearson, y programas Statplus, Real Statistics. Los resultados obtenidos de metales totales en material particulado son 10 de 29 elementos detectados, están por encima de estándar de calidad ambiental de Canadá como son el Fe ($1,619 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mn ($103 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Zn ($798 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Al ($2,212 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ba ($1,375 \mu\text{g}/\text{m}^3$), B ($2,665 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ca ($8,831 \mu\text{g}/\text{m}^3$), P ($201 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mg ($1,204 \mu\text{g}/\text{m}^3$), K ($2,295 \mu\text{g}/\text{m}^3$); también se demostró el efecto de los metales totales en material particulado sobre la salud de la población de Juliaca son: neumonía 13%, enfermedad respiratoria aguda (IRA) 13% y enfermedades cardiacas en 13 %; así como el efecto en la percepción de bienestar social, son las vías sin pavimentar 42%, olores ofensivos 28% y ruido excesivo 28%. Por lo que podemos concluir que los metales totales en material particulado si afecta en forma negativa la salud de la población de Juliaca.

Palabras claves: Calidad de aire, material particulado (PM_{10}), Juliaca, metales totales, salud.



ABSTRACT

Air pollution affects people's health, so it is important to evaluate total metals in particulate matter present in the air and how they affect the population health of Juliaca district, the research was descriptive and correlational, not experimental. The samples were intentionally taken at 10 points with the highest pedestrian and vehicular flow, using the high-volume Hi-vol, then analyzed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), to evaluate the effects on health. random survey of 575 inhabitants of Juliaca, statistically evaluating with the Pearson Chi2 test, and Statplus, Real Statistics programs. The results obtained for total metals in particulate matter are 10 of 29 elements detected, they are above the Canadian environmental quality standard, such as Fe ($1,619 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mn ($103 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Zn ($798 \mu\text{g}/\text{m}^3$). m^3), Al ($2.212 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ba ($1.375 \mu\text{g}/\text{m}^3$), B ($2.665 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ca ($8.831 \mu\text{g}/\text{m}^3$), P ($201 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mg ($1.204 \mu\text{g}/\text{m}^3$), K ($2.295 \mu\text{g}/\text{m}^3$); The total metals effect in particulate matter on health of Juliaca population was also demonstrated: pneumonia 13%, acute respiratory disease (ARI) 13% and heart diseases in 13%; as well as the effect on the perception of social well-being, are unpaved roads 42%, offensive odors 28% and excessive noise 28%. Therefore, we can conclude that total metals in particulate matter do negatively affect the health of the population of Juliaca.

Keywords: Air quality, particulate matter (PM_{10}), Juliaca, total metals, health.

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios señalan la inminente contaminación de la atmosfera y su relación a contraer enfermedades (Becerra et al., 2021; Hernández & Vásquez, 2017; Reyes et al., 2016) donde de 1600 ciudades del mundo, el 12 % cumplen los estándares de calidad del aire (M. Cruz et al., 2017; OMS, 2014), hay evidencias epidemiológicas (Rosales et al., 2001), e invisibles (Valls, 2017), que son una amenaza para la salud, las principales afectaciones son asma 8-10%, enfermedades hacia el pulmón (Betetta 2019), al corazón Cruz et al., (2018), incluso la afectación a los sistemas nervioso central y fértil, cáncer y muerte prematura (OMS 2021), envejecimiento prematuro (Espino et al. 2010).

Existe una calidad de aire insatisfactoria de metales en el aire como plomo, cadmio, níquel, cobre, cromo en seis ciudades de Sonora, México durante el año 2010 Cruz et al., (2017), analizaron la calidad del aire respecto a los, resultado una calidad no satisfactoria en partículas totales, pero para realizar una comparación de nivel de concentración, no se tiene un estándar, pero se estableció el requerimiento al estado, por la importancia del estudio. Las partículas suspendidas están 5.6 % encima de la norma en Cananea, México (Herrera 2019).

En ambiente atmosférico urbano presenta un ecosistema bastante influenciado por sistemas naturales y antrópicos (Chung, 2008), características son la densidad de población, diversidad cultural, avance la tecnológico (Machado & García 2008). Donde existe relación directa de empleos como reparación de baterías (Mowla et al., 2021), plomeros, soldadura, odontología (Rodríguez, 2017)

La calidad del medio ambiente es vital para la salud humana. Para ello es importante describir los efectos nocivos de la contaminación, donde está demostrado que existe una correlación significativa entre material particulado y efectos negativos en la salud Machado & García, (2008) y la degradación ambiental y demostrar que un medio ambiente satisfactorio permite la salud y el desarrollo.

El deterioro del medio ambiente ha sido identificado en varios países del mundo y más en latino América que es uno de los problemas más serios que afronta la humanidad Vargas et al., (2008), por lo tanto, es importante realizar estudios de investigaciones a favor de salud de la población, aun mas en regiones existe mayor densidad poblacional, ya que su repercusión en mayor.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco Teórico

1.1.1 Norma nacional de calidad aire

De acuerdo a la Constitución Política de nuestro país, “debemos contar con un ambiente sano y equilibrado para el desarrollo de la vida que es un derecho fundamental” (Constitución política del Perú, 1993), para llegar a este objetivo se requiere la participación activa de los sectores involucrados, tanto como el estado, empresa y población; siendo el Estado el principal promotor de implementar las medidas adecuadas para garantizar el cumplimiento de los instrumentos de gestión ambiental para la preservación los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

La Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente define al estándar de calidad ambiental (ECA) como “grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente” (Ley General del Ambiente, 2005). En el Art. 118 de la Protección de la calidad del aire, que las autoridades, dentro de sus funciones deben de adoptar las medidas para la prevención, vigilancia y control medio ambiental, así como la salud, con el objeto de asegurar la conservación, sostenibilidad de la calidad del aire, según en cada caso, dando prioridad en las zonas de mayor niveles de alerta por la presencia de contaminantes ambientales, pudiendo aplicarse los planes de contingencia para la prevención, reducción de riesgos y perjuicios a la salud y al medio ambiente.

La Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Ley N° 28245, en su Art. 4 señala que “las entidades con competencias ambientales se ejercen en forma coordinada, descentralizada y desconcentrada con sujeción a la Política Nacional del Ambiente, el Plan y la Agenda Nacional y a las normas e instrumentos de carácter transectorial” (Ley N° 28245, 2004)

Estándares de Calidad Ambiental DS N° 003-2017-MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.

Tabla 1

Estándar internacional PM₁₀ de calidad de aire

Región	Directiva	Periodo	Unidad	Valor
ECA PERÚ	D.S. N° 003-2017-MINAM	24 horas	µg/m ³	100
ECA OMS 2021	Air quality guidelines: Global update	24 horas	µg/m ³	45
ECA CANADÁ	Ambient Air Quality Criteria	24 horas	µg/m ³	50
ECA UE	Air Quality Directives (2008/50/EC, 2004/107/EC)	24 horas	µg/m ³	50

1.1.2 Norma Internacional.

En la tabla 1, se aprecia la comparación de normas internacionales y la tabla 2 las perspectivas de la concentración de material particulado la OMS afirmó una guía internacional donde establece que: “límite de concentración de PM_{2.5} sea de 5 µg/m³ como media anual y 15 µg/m³ como media diaria. Sobre el PM₁₀, el límite se encuentra en 15µg/m³ como media anual y 45 µg/m³ como media diaria” (OMS, 2021), basándose en estos límites, más del 90% de la población vive en atmosfera con aire insalubre.

Tabla 2

Directrices de la Organización Mundial de la salud OMS

Contaminante	Tiempo promedio	Meta intermedia				Nivel de las directrices sobre la calidad del aire
		1	2	3	4	
MP _{2.5} µg/m ³	Anual	35	25	15	10	5
	24 horas	75	50	37.5	25	15
MP ₁₀ µg/m ³	Anual	70	50	30	20	15
	24 horas	150	100	75	50	45
O ₃ µg/m ³	Temporada alta	100	70	-	-	60
	8 horas	160	120	-	-	100
NO ₂ µg/m ³	Anual	40	30	20	-	10
	24 horas	120	50	-	-	25
SO ₂ µg/m ³	24 horas	125	50	-	-	40
CO mg/m ³	24 horas	7	-	-	-	4

Fuente (OMS, 2021).

1.1.3 Contaminación de aire.

Se define como “la emisión al aire de sustancias peligrosas a una tasa que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarlos y depositarlos o diluirlos por medio del viento y el movimiento del aire” (Yassi et al., 2002, p. 239) y esto afecta a todos los países desarrollados y mayormente a países en desarrollo. (S. Vargas et al., 2008).

Otra definición es “un cambio en las características físicas, químicas o biológicas del aire, que puede afectar a la vida humana y otras especies, donde las condiciones de vida del ser humano y puede deteriorar así como los recursos naturales renovables”.(García et al., 2020).

El aire conforma distintos componentes como el Oxígeno aproximadamente 21%, Nitrógeno aproximadamente 78% y otros elementos como el Dióxido de Carbono (CO₂), Helio, Hidrógeno, Metano (CH₄), vapor de agua. Pero a la actividad realizada por el hombre y la naturaleza ha modificado la composición base a material particulado (PM), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) (García et al., 2020 y Tsati et al., 2020)

1.1.4 Material particulado

García et al. (2020) lo define como “partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre $PM_{2.5}$ μm y PM_{10} μm ”, que pueden variar según su ubicación y lugar (Suárez et al., 2017). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos, diversos y muy complejos, como sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio, polvo de minerales, cenizas metálicas y agua, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). Se caracterizan por poseer un pH básico debido a la combustión no controlada de materiales (Torres, 2021) y (MINAM, 2014)

Los $PM_{2.5}$ las partículas ultrafinas son las más tóxicas, porque pueden permear las serosas de las vías respiratorias, interactuar con células pulmonares y desplazarse fácilmente a otros tejidos.

Los MP_{10} . Se alojaría en las vías respiratorias, provocando afecciones locales en el sistema respiratorio (Torres, 2021).

a) Metales pesados.

Representan un grupo de elementos químicos con una densidad alta o superior a 4.5 g/cm^3 , mayor peso atómicos que los demás metales, en general son tóxicos para los seres humanos y más susceptibles de presentarse en el agua.

b) Metales ligeros.

Son un conjunto de elementos que tienen densidad menor a 4,5 g/cm^3 . Los más comunes son el aluminio (Al) y el titanio (Ti).

c) Metales totales

Rodríguez (2017) lo define como elementos de elevado peso atómico y potencialmente tóxicos para el ser humano, que se usan mayormente en procesos industriales, tales como el cadmio (Cd), el cobre (Cu), el plomo (Pb), el mercurio (Hg) y el níquel (Ni), que aun en mínimas concentraciones, son riesgosas para las plantas y los animales.

Según los resultados de análisis de las muestras de calidad del aire en laboratorios certificados se centran en la medición de 30 a 44 elementos metálicos, la mayor parte

de los cuales corresponde a metales pesado y ligeros, como vanadio, cobre, cromo, plomo, hierro, aluminio, manganeso, antimonio, litio, oro, plata, platino, cobalto, rodio, cadmio y titanio, entre otros, los cuales estos metales están asociados dentro de las muestras de monitoreo PM_{10} y $PM_{2.5}$, las cuales son nocivos para la salud (Rodríguez, 2017) y causan daño, intoxicación molestias a las personas (Herrera, 2019), estos metales pesados están por encima de niveles permitidos por la normativa de cada país y pueden implicar riesgos para la salud humana (Legarreta et al., 2015).

La espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), Se pueden detectar más de 70 elementos simultáneamente (figura 1) a niveles de traza, guas, químicas, semiconductores, digestiones acidas, alimentos, materiales geológicos, materiales clínicos, muestras forenses, fármacos, petroquímicas, metales (PerkinElmer, 2011)

H																	He																														
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																														
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																														
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																														
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																														
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																														
Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub																																				
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>																		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																	
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																	

Figura 1. Elementos que puede analizar el ICP-MS
Fuente (PerkinElmer, 2011)

d) Características físicas de Metales.

Las Micropartículas o material particulado pueden tener superficies (límite o término de un cuerpo, que lo separa). Donde las superficies de estas partículas tienden a ser esféricas y no esféricas, superficie amorfo o heterogenia.

La clasificación de estos elementos es por su diámetro aerodinámico, existiendo la diversidad de partículas tienen diversas estructuras físicas. Donde la dimensión del diámetro de una esfera uniforme, tiene una densidad unitaria como se ve en la figura 2.

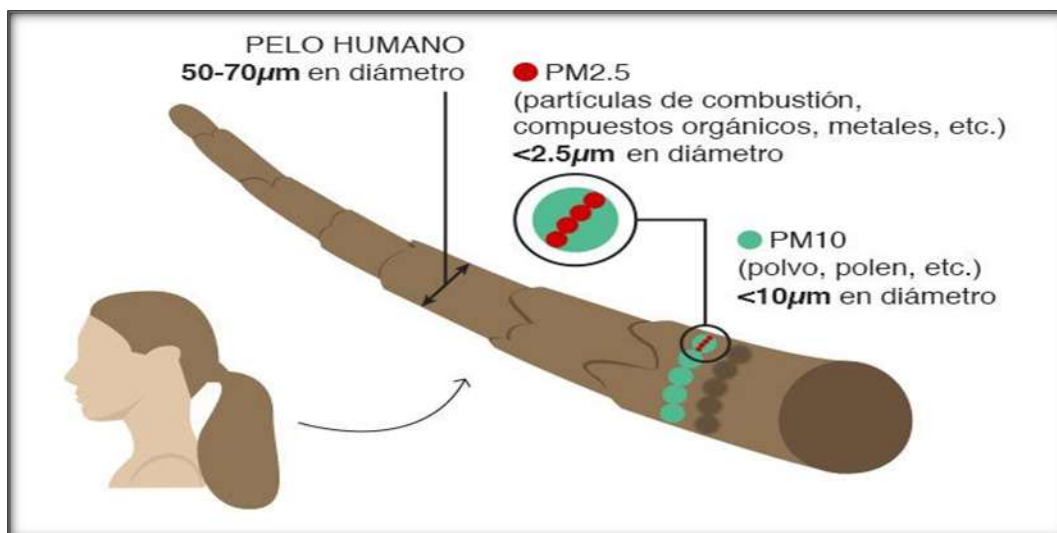


Figura 2. Comparación de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}

Fuente <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48550060>

Las características químicas de los principales componentes del material particulado PM son Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} y Mg^{2+} donde varían estas concentraciones en temporadas estacionales, lluviosas, geográficas, también se encuentra en “nitrato, amonio, agua adherida a las partículas carbono, elementos de la corteza terrestre así como elementos metálicos como el aluminio, silicio, potasio, calcio, hierro, zinc, vanadio, titanio, cadmio, plomo, mercurio y antimonio, etc donde son potencialmente cancerígeno y mutagénico” (Argumedo & Castillo, 2015).

1.1.5 Principales fuentes de contaminación.

Según la OMS, el aire contaminado contiene en su composición: material particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM₁₀), material particulado con diámetro menor o igual a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}), plomo (Pb), dióxido de nitrógeno (NO₂), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO₂), el ozono (O₃), benceno, hidrocarburos totales (HT) e hidrógeno sulfurado (H₂S).

Fuentes naturales, se encuentran las erupciones volcánicas que generan material particulado y el Dióxido de azufre, ácido sulfúrico y metanol, movimiento del viento con los grandes cuerpos de agua salada, incendios forestales, que generan monóxido de carbono, Óxidos de nitrógeno, material particulado y cenizas. (García et al., 2020)

Fuentes antropogénicas (causadas por el hombre), que son fuentes móviles, producción de energía (S. Vargas et al., 2008), y por estar en permanente

desplazamiento como se ve en la figura 3, sus principales fuentes de contaminación son los componentes del combustible fósil; las fuentes fijas permanecen en una misma zona y afecta a la zona cercana de las industrias, mineras, canteras provocando una contaminación de estructura gaseosos y particulados. (García et al., 2020).

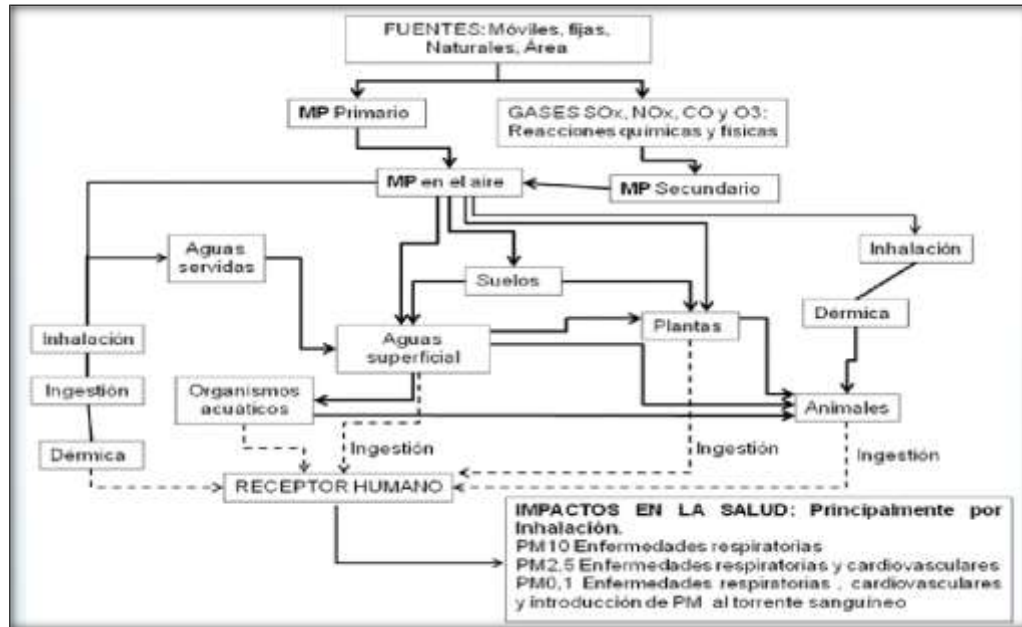


Figura 3. Identificación y selección de los principales factores de riesgo a la salud
Fuente: <http://susanmontenegro2012.blogspot.com/2012/06/exposicion-material-particulado-pm-y.html>

En la figura se aprecia como el MP se desplaza, por diferentes fuentes, teniendo finalmente la recepción del ser humano

La salud

Según la organización mundial de la Salud, esta definición no ha sido modificada desde el año 1948, y se ha disgregado en tres importantes temas “la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” (OMS, 1946, p100).

- **Bienestar físico:** Se define como: “funcionamiento correcto de los diferentes órganos del cuerpo humano para dar una correcta respuesta a las necesidades básicas de nuestra actividad en la vida diaria, donde es fundamental en el bienestar físico, cuidar de nuestro cuerpo”(Alcántara, 2008)

- **Bienestar mental:** Se define como “bienestar mental que permite a las personas hacer frente a los momentos de estrés de la vida, desarrollar todas sus habilidades, poder aprender y trabajar adecuadamente y contribuir a la mejora de su comunidad” (Alcántara, 2008)
- **Bienestar social:** Se define como “la satisfacción conjunta de varios aspectos y se mide a través de los niveles la economía, la educación, la vivienda, los bienes de consumo, el desarrollo urbano, la seguridad y el medio ambiente, entre otros”(Alcántara, 2008)

1.1.6 Efectos de metales totales en material particulado sobre la Salud.

Son los agentes físico, químico, biológico que contienen contaminación de impureza ambiental, donde según las concentraciones de estos elementos son nocivas y tóxicos para la salud, bienestar, físico, metal y psicológico de la población Churquipa, (2018), Vargas et al., (2008), por consiguiente se realizar en la tabla 3, un bosquejo de afectación a la salud de los metales totales en el aire, que son perjudiciales para el crecimiento sostenible de la vida y la salud Rosales et al., (2001), según la figura 4, pueden causar diferentes daños a la salud.

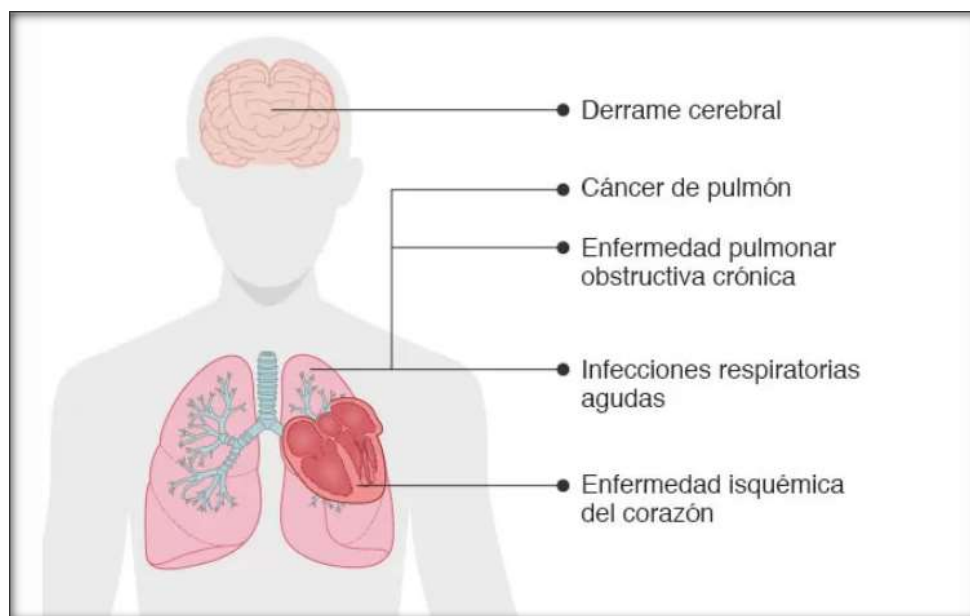


Figura 4. Como daña a la salud el material particulado

Fuente <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48550060>

Tabla 3

Efectos de metales totales en material particulado PM₁₀ sobre la Salud.

Elementos detectados	Ingreso al organismo	Toxicología / efectos a la salud	Fuente de generación / emisión / aplicación
Antimonio (Sb)	ingestión, inhalación o absorción cutánea	“Irritación en la boca, nariz, estómago e intestino, vómitos, deposiciones sanguinolentas y deficiencias en la respiración, crónicos sequedad de garganta, náuseas, cefalea, insomnio, pérdida de apetito y mareos” (Alessio et al., 1998)	Baterías, pigmento, cerámicas, cristal, productos químicos (Rodríguez, 2017), en uso de soldadura, municiones, en zonas mineras como estibina (Sb ₂ S ₃), valentinita (Sb ₂ O ₃), kermesita (Sb ₂ S ₂ O) y senarromtita (Sb ₂ O ₃). (Alessio et al., 1998) semiconductores de diodos, partes eléctricas
Arsénico (As)	Ingestión, inhalación y por vía dérmica	“Cáncer de piel, pulmón, hígado y sistemas hematopoyéticos, crónicos como tumores de piel” (Rodríguez, 2017)	Fundición, pesticidas, pirotecnia, esmaltes, insecticidas, pigmentos, pintura, tintes, venenos, dispositivos electrónicos, celdas fotovoltaicas (Rodríguez, 2017)
Cadmio (Cd)	Ingesta de alimentos contaminados, consumo de tabaco, adsorción gastrointestinal y pulmonar	“Se acumula en los riñones, causa hipertensión arterial, disfunción renal, enfermedades pulmonares (relacionado con el cáncer de pulmón), osteoporosis” (Rodríguez, 2017)	“Baterías, incineradoras municipales, fertilizantes, detergentes, petróleos refinados, pigmentos, estabilizadores en plástico y PVC (cloruro de polivinilo), pinturas, galvanización, catalizadores, aleaciones, refinación del zinc, fuentes naturales minerales, actividades volcánicas, incendios forestales, combustión del carbón y madera” (Rodríguez, 2017)
Cerio (Ce)	Inhalados	Embolias pulmonares, problemas de hígado,	Tierras raras en minerales, televisiones en color, lámparas fluorescentes y cristales, catalizadores
Cobalto (Co)	Inhalación y ingestión	“Tos, dificultad para respirar, falta de aire, Dolor abdominal, vómitos” (Alessio et al., 1998)	Aleaciones, pigmentos, esmaltes, barnices, galvanización. (Rodríguez, 2017)

Cobre (Cu)	bebidas y alimentos contaminados e inhalación	“gripe conocida como la fiebre del metal, irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas, a grandes exposiciones provoca daño al hígado, riñones y la muerte” (Rodríguez, 2017)	Industria eléctrica, automovilística, Cañerías de cobre, minería, concentrado del cobre (Rodríguez, 2017)
Cromo (Cr)	Vía respiratoria de humo del cigarro, ingestión de bebidas y alimentos contaminados	“Trastornos metabólicos, diabetes, erupciones cutáneas, alérgicas, irritación en la nariz, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, problemas respiratorios, alteración del material genético, malestar de estómago y úlceras, cáncer de pulmón y muerte” (Rodríguez, 2017)	“industrias químicas, metalurgia, fundición, construcción de maquinarias e instrumentos, radioelectrónica y otras, efluentes de torres refrigerantes, estaciones generadoras de energía eléctrica, agentes curtientes de pieles” (Rodríguez, 2017), emisión de aceites de motor (Machado & García, 2008)
Estaño (Sn)	Inhalación de humos y polvo de estaño	neumoconiosis nodular benigna, irritante para los ojos y las vías aéreas, vómitos, compuestos orgánicos de estaño pueden producir lesiones en el hígado y los riñones (Alessio et al., 1998)	Alta emisión derivada del desgaste de frenos y ruedas incrementado parque de vehículos (Querol, 2008), soldadura blanda, fontanería, industria eléctrica. (Alessio et al., 1998)
Hierro (Fe)	inhalación de polvo o humos de hierro	Irritante local para los pulmones y el tracto gastrointestinal, afección pulmonar, neumoconiosis, co-cancerígena (Alessio et al., 1998)	Fabricación de piezas de hierro, acero y aleaciones, fundición, soldadura
Manganeso (Mn)	Alimentos contaminados, inhalación de polvos	Afección al sistema nervioso (reacción visual lento, daño en manos y pestañas), efecto manganismo de neuropsiquiátrica (Rodríguez, 2017)	Producción de cemento, plantas de energía, incineración de residuos urbanos, combustibles fósiles, baterías (Rodríguez, 2017)
Mercurio (Hg)	inhalación de vapor, penetración subcutánea, ingestión	Irritación y edema pulmonar, alteración de función renal, sudoración profusa, dermatografismo y cierta inestabilidad emocional, neurosis funcional, gingivitis y	“En la minería, tratamientos de oro y plata, fabricación de amalgamas, la fabricación y reparación de aparatos de medición o de laboratorio, bombillas eléctricas incandescentes, interruptores, baterías, rectificadores,

		un aumento en la salivación, pigmentación azulada en las encías, gastritis y la gastroduodenitis, aringitis, altera el sistema nervioso (parkinsonismo), calambres o contracciones generalizadas, afección a la sangre anemia leve, irritación de la médula ósea, etc (Alessio et al., 1998)	producción de compuestos químicos, pinturas y pigmentos” (Alessio et al., 1998)
Molibdeno (Mo)	Inhalación de polvo y a los humos	“irritación gastrointestinal grave con diarrea, coma y muerte por insuficiencia cardíaca, similares a neumocionosis, y enfermedades pulmonares, irritación ocular y de las mucosas de la nariz y la garganta, anemia” (Alessio et al., 1998)	Minería, aleación de acero, eléctrica, militar, automovilística, electrónica, productos químicos, catalizadores, colorantes y lubricantes (Alessio et al., 1998) Metalurgia, pigmentos, catalizador, fabricación de vidrio, aditivo en aceites y lubricantes (Rodríguez, 2017)
Níquel (Ni)	Alimentos contaminados, respirar el aire contaminado, beber agua, fumar cigarrillos	“Afecciones en la piel, mareos, embolia y cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata; fallos respiratorios, defectos de nacimiento, asma, bronquitis crónica, desórdenes del corazón y reacciones alérgicas como erupciones cutáneas” (Rodríguez, 2017)	“Minería, metalurgia, galvanización, aleaciones de aceros, efluentes líquidos de procesos de recubrimiento, baterías” (Rodríguez, 2017)
Plomo (Pb)	Por consumo de bebida y alimentos	“Alteraciones digestivas, dolores epigástricos y abdominales, vómitos, alteraciones renales, convulsión, crónicos neuropatías, debilidad y dolor muscular, fatiga, cefalea, alteraciones del comportamiento y renales, glucosuria, nefritis crónica, encefalopatía, irritabilidad, temblor, alucinaciones con pérdida de memoria, cólicos y alteraciones hepáticas” (Rodríguez, 2017)	“Fundición de metales, loza, pinturas, manufacturas latas soldadas con plomo, electrónica y cómputo, uso de combustibles, reparación de baterías e incineración de residuos” (Rodríguez, 2017), emisiones vehiculares y desgaste de neumáticos (Machado & García, 2008)
Talio (Tl)	ingestión, inhalación o absorción cutánea.	Intoxicación aguda, astenia, irritabilidad, dolor de piernas y trastornos nerviosos,	Células fotoeléctricas, lámparas, componentes electrónicos, semiconductores, espectrómetros de

		polineuritis y la caída del cabello, alteración del sistema nervioso central (Alessio et al., 1998)	infrarrojos, cristales, sistemas ópticos y coloración del vidrio (Alessio et al., 1998)
Vanadio (V)	Inhalación de gas	Lagrimo, sensación de ardor en la conjuntiva, rinitis, dolor de garganta, tos, bronquitis, expectoración y dolor torácico, neumonía, bronquitis crónica, cambio de coloración de la lengua verdosa, oxidación de la serotonina (Alessio et al., 1998)	El petróleo crudo, combustiones de horno a petróleo, catalizadores en limpieza de caladeros en centrales eléctricas, aleaciones de acero (Alessio et al., 1998) Metalurgia, catalizador, pigmentos (Rodríguez, 2017)
Zinc (Zn)	Ingestión, inhalación, vía dérmica	Afecta negativamente la supervivencia de todos los mamíferos, trastornos neurológicos, hematológico, inmunológico, renal, hepático, cardiovascular, fiebre de los humos metálicos, irritación pulmonar, escalofríos y gastroenteritis (Rodríguez, 2017)	Galvanización, baterías, pintura, productos agrícolas, quemado de residuos hospitalarios (Rodríguez, 2017)
Aluminio (Al)	Inhalación de humos	Fibrosis intersticial, enfermedad de Shaver (alteración pulmonar), asma, daños en el tejido nervioso, daños cerebrales (posible Alzheimer) (Alessio et al., 1998)	Uso en aleaciones con cobre, zinc, silicio, magnesio, manganeso y níquel, fabricación de cables, hilos conductores, fundiciones, automotriz, hojas y papel aluminio para alimentos, (Alessio et al., 1998) Construcción naviera, transporte, envasado, en la industria eléctrica, aerosoles, cosmética (Rodríguez, 2017)
Bario (Ba)	Inhalación de compuestos e ingestión	“Irritación local en ojos, nariz, garganta y piel, deterioro de las gónadas masculinas y femeninas, baritosis en pulmones” (Alessio et al., 1998)	Aleaciones con níquel, automotriz, fabricación de vidrio, papel, cerámica, pigmento en pinturas blancas, tubos de imagen de los televisores, lubricantes, pesticidas, ablandadores de agua, vulcanizadoras de caucho, fabricación de ladrillos, industria textil para teñir y estampar tejidos (Alessio et al., 1998) Alta

			emisión derivada del desgaste de frenos y ruedas del incrementado parque de vehículos (Querol, 2008)
Berilio (Be)	oral, intraperitoneal y dermal	Carcinogénicos, daño oxidativo celular de hígado y el pulmón, dermatitis (Romero, 2008)	Interacción de rayos cósmicos con la atmósfera terrestre, ingresa al suelo por deposición húmeda (lluvia) (Lohaiza et al., 2011)
Boro (B)	ingestión por agua, frutas, y alimentos vegetales	Posible relación con la osteoporosis (A. Vargas et al., 2007)	Aplicaciones excesivas del nutrimento al suelo y al follaje y fertirriego en las plantas (A. Vargas et al., 2007)
Calcio (Ca)	Inhalación, piel Ojos, Ingestión	“Tos, cefalea, dificultad para respirar, Debilidad, enrojecimiento, dolor abdominal, diarrea, vómitos, sensación de ardor detrás del esternón y en la boca” (Alessio et al., 1998), homeostasis del calcio y estrés oxidativo (envejecimiento) (Espino et al., 2010)	Minería en compuesto calcita y dolomita o rocas como el mármol, la caliza, dolomía) o el sulfato cálcico (yeso, alabastro
Estroncio (Sn)	Inhalación Piel Ingestión	Tos, ronquera, enrojecimiento de la piel, ulceraciones, dolor de garganta (Alessio et al., 1998)	Residuo de carbonato de estroncio (López, 1999), pirotecnia, cereales, vegetales de hojas y productos lácteos
Fosforo (P)	Ingesta	Provoca de fosforo blanco la muerte, daño a los riñones y osteoporosis	Raticidas, fertilizantes, detergentes, ablandadores de agua, tratamiento de superficies metálicas, aditivos en metalurgia, plastificantes, insecticidas y aditivos de combustibles.
Litio (Li)	Inhalación de vapor, o aerosol, ingestión	Calambres abdominales, dolor abdominal, sensación de quemadura, Náuseas. Shock o colapso. Vómitos. Debilidad	grasas lubricantes, cerámica, esmaltes para porcelana, soldadura autógena y soldadura para latón
Magnesio (Mg)	Inhalación, ingestión	Tos, dificultad para respirar, Dolor abdominal, diarrea (Alessio et al., 1998)	Uso en forma de aleación aviones, barcos, automóviles y herramientas, instrumentos de precisión, espejos ópticos, militar, pirotecnia, bengalas, balas incendiarias y trazadoras, y en los bulbos del flash, refractarios, fertilizantes, aditivos de petróleo, industria de papel y

Potasio (K)	Ingestión	Perturbación en el ritmo cardiaco,	caucho, extintores de incendio, cerámica, tratamiento de madera, textiliería, Fertilizantes, jabones, vidrio, fósforos, fuegos pirotécnicos, vegetales, frutas, patatas, carne, pan, leche y frutos secos
Selenio (Se)	Ingesta de comida bebida, por contacto tierra o aire.	mareos, fatiga, irritaciones de las membranas mucosas, líquido en los pulmones y bronquitis, pelo quebradizo y uñas deformadas, a sarpullidos, calor, hinchamiento de la piel y dolores agudos, mal aliento	Decoloración de vidrios, pigmento en plásticos, pinturas, barnices, vidrio, cerámica y tintas, erosión de las rocas, combustión de carbón y aceite
Titanio (Ti)	Inhalación de humos y gases	“Bronquitis agudas o crónicas, conjuntivitis y queratitis supurativa, alteraciones pulmonares, disminución de la alcalinidad de la sangre” (Alessio et al., 1998)	Uso en aleaciones de acero, en la construcción de barcos, aviones, naves, plantas químicas, instrumentos quirúrgicos, filamentos de bombillas, pinturas, tintes y varillas de soldadura, pirotecnia, pigmento blanco en pinturas, barnices, en tapicería, electrónica, fabricar adhesivos, tejados y plásticos y en la industria cosmética, vitrificado de cerámicas, aglomerados con alquitrán (Alessio et al., 1998)

1.1.7 Efectos de material particulado al bienestar social

Según Fernández & Gutiérrez (2013) implica la protección del planeta y la permanencia del hombre de manera equitativa, viable y vivible, y está estrechamente ligado a la calidad de vida Pena, (2009) que se sitúa dentro de un entorno donde se desarrolla, también dicho de la siguiente manera: Satisfacción de las necesidades humanas respetando su medio ambiente, como también lo define “bienestar social se llama al conjunto de factores que participan en la calidad de vida de la persona y que hacen que su existencia posea todos aquellos elementos que den lugar a la tranquilidad y satisfacción humana” (Pena, 2009).

Donde al romper el equilibrio de las necesidades del bien estar social, llevaría a un colapso del sistema de una sociedad, sobre todo en países menos desarrollados donde existen brechas de equilibrio entre medio ambiente, economía y tecnología. (Fernández & Gutiérrez, 2013).

Medición del bien estar social:

- a) El enfoque puramente económico, relacionado a la generación de riqueza siguiendo el razonamiento implícito: “Si soy más rico soy más feliz”, forma de medir es el PIB, IDH (índice de desarrollo humano).
- b) El enfoque a través de las funciones de utilidad, en función a la satisfacción de las necesidades, tanto individuales como colectivas.
- c) Bienestar Social a través de los indicadores sociales, relacionado al crecimiento económico y desarrollo.

1.1.8 Métodos para evaluación de PM₁₀

a) HI-VOL

Instalación de Hi-Vol: ver anexo: Protocolo de operación de Hi - Vol

- Primeramente se tiene que evaluar la cantidad de puntos a monitorear, la ubicación de instalación de los equipos Hi-Vol, en la figura 5 se observa el equipo hi-vol.
- Instalar en lugares despejados aproximadamente a 10 metros alrededor del equipo, para que el PM sea fluido y no haya interferencia.

- Identificar fuentes o zonas de mayor concentración de PM o estratégicos para realizar estudios específicos.

Operación de equipo Hi-Vol:

- El Hi-vol cuenta con un calibrador para Muestreadores de Alto Volumen que funciona con sistema de variación de flujo, con un rango entre 1.133 a 1.167 m³/min, el cual es verificado antes de realizar el monitoreo. Además, se dispone de los respectivos manómetros de columna en U marca Dwyer.

La colección de muestras (filtros de fibra de cuarzo):

- Se realiza al finalizar el tiempo de muestreo de 24 horas. Para la determinación de las partículas totales en suspensión menores a 10 micras se efectuó un análisis gravimétrico, determinando el peso constante de los filtros antes y después del monitoreo.

Pesaje de filtro de cuarzo

- Los filtros son pesados en un ambiente con control de humedad y temperatura usando una balanza especial marca Sartorius, modelo LA 130S-7, con sensibilidad de 0.1 mg y % de error de +/- 1 mg.

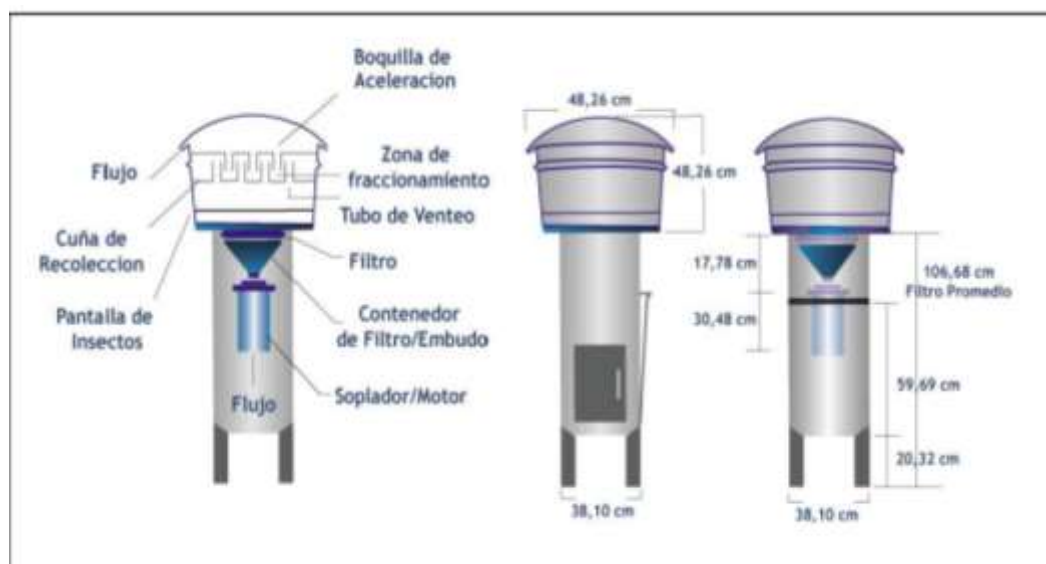


Figura 5. Muestreador Hi Vol PM₁₀

Fuente (Arciniégas, 2012)

b) Método pasivo de partículas atmosféricas

- Este método se caracteriza por precipitación de partículas, usando una placa de vidrio, sacando los precipitados por diferencia del peso del sustrato, se tenga un resultado de la cantidad de material colectado, según un tiempo que pueden ser de dos horas, en laboratorio se realiza el tratamiento de la recuperación del contaminante y mediante proceso gravimétrico, para tener datos cuantitativos de su peso, respecto a un área específica.
- Ventajas: no necesita equipo especializado de succión, sino de una superficie muestreador de peso y medidas conocidas, donde es expuesta al ambiente a estudiar por un tiempo adecuado (aproximado de un mes).
- Desventajas: No se aplica a todos los contaminantes atmosféricos, no tienen gran exactitud, solo como valor referencial.

Análisis de metales pesados en el líquen *xanthoparmelia* sp. (vain.) hale

- “Desde los años 1866 estas especies de Líquenes, son identificados como indicadores de la calidad ambiental de aire” (Lijteroff et al., 2009), donde se extrae una correlación de pendiente negativa entre las especies de líquenes y la concentración colectada de contaminantes.
- **Liquen:** “Es una planta criptógama talofita, constituida por un hongo que vive en estrecha simbiosis con algas clorófitas o cianofitas y que se clasifica dentro del sistema de los hongos” (Lijteroff et al., 2009).

“Otros métodos son para la evaluación de la Calidad del Aire mediante el índice de pureza Ambiental (IPA) se utilizó una Grilla Liquenológica (acetato) 10X50 cm. dividido en 20 cuadros de 5 cm como se ve en la figura 6; seleccionado la especie caducifolia Pino “*Pinus radiata*” para la evaluación, la grilla Liquénica, se superpone a una altura de pecho de 1.20 m como mínimo para que no varíe los datos estimados. La superposición de la grilla Liquénica se efectuará en 4 lados del tronco en relación a los puntos cardinales para lo cual también es indispensable una cinta métrica de campo que mida un diámetro no menor a 1 m” (Villamar, 2018)



Figura 6. Liquen Xanthoparmelia y grilla Liquélica de 20 X 10 cm.

Fuente. (Villamar, 2018)

1.1.9 Datos de PM₁₀ América Latina y el Caribe

Respecto a la información de material particulado PM₁₀ son diversos, por ejemplo en las ciudades de México y Santiago tienen avances significativos en lo relacionado con el monitoreo del aire.

En la figura 7, se observa la concentración de material particulado en algunas ciudades importantes de latino América, las concentraciones de material particulado anual en América Latina no cumplen la norma internacional que según la OMS la media anual de PM₁₀ es 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS, 2021), viendo en la figura todos sobrepasan en estándar internacional.

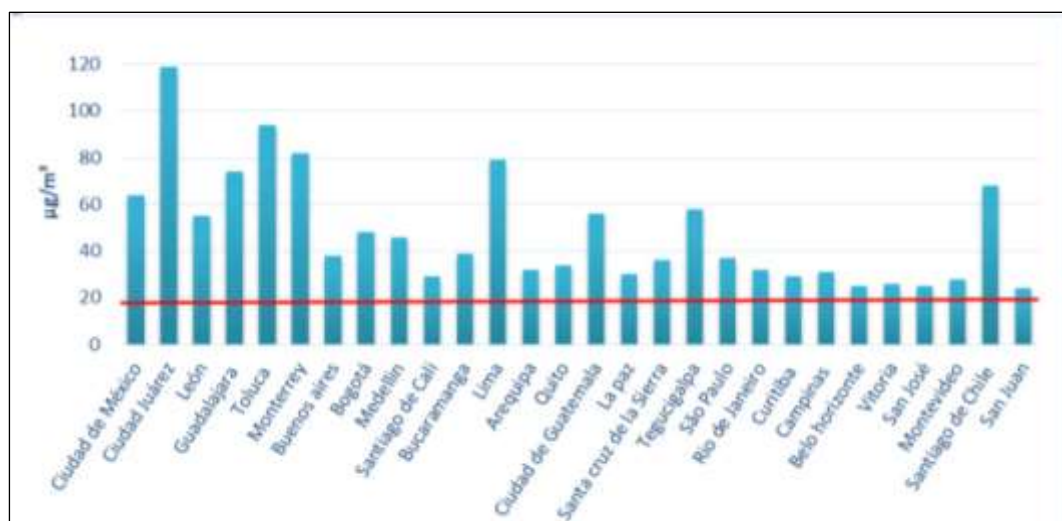


Figura 7. Concentración de PM₁₀ en principales ciudades de América Latina.

Fuente (Murcia et al., 2016)

1.2 Antecedentes

a) Internacional

Cruz et al. (2017) evaluaron la calidad del aire de metales pesados de Pb, Cd, Ni, Cu y Cr, respecto a la salud, usando la metodología muestrearon partículas suspendidas totales por alto volumen, realizadas en seis (06) ciudades (Agua Prieta, Nogales, Puerto Peñasco, Hermosillo, Guaymas y Obregón) del país de México, donde se identificó una correlación significativa, sobre la presencia de metales y el daño a la salud.

Machado & García (2008) realiza el estudio del efecto sobre la salud de las partículas inhalables PM₁₀ y los metales asociados, con la metodología de muestreador de bajo volumen con filtros de fibra de cuarzo, demostrando en las conclusiones que los niveles de Pb y Zn superan los límites de calidad del decreto 2635 de la normativa venezolana y la EPA, denominándola como zona de suelo con alta contaminación por metales pesados.

Reyes et al. (2016) aborda el problema específico de contaminación por Hg, As, Cd y Pb en ambiente y alimentos en Colombia, y algunos países del mundo, donde llega a la siguiente conclusión, nivel global y local se identifica un creciente problema de contaminación por metales pesados, que compromete severamente la salud.

Rosales et al. (2001) analizan las evidencias de estudios epidemiológicos con el objetivo de evidenciar los efectos sobre la salud de la población por la exposición a contaminación del aire por ozono (O₃) y partículas suspendidas, mediante las publicaciones internacionales y mexicana concluyendo el gran impacto negativo que las concentraciones de contaminantes del aire podrían ocasionar en la salud de las poblaciones.

Valls (2017) muestra como objetivo, hacer notar la epidemia invisible de la contaminación atmosférica para la salud, tomando datos de estudios epidemiológicos poblacionales en Barcelona, España, donde la causa principal de la contaminación del aire en las ciudades es el tráfico (fundamentalmente el coche privado). Este suceso se ve agravado por el tipo de combustible que utiliza cada vehículo, con la recomendación de reducir este tipo de combustible y potenciar el uso de coches híbridos y eléctricos.

Herrera (2019) analiza la evaluación de calidad de aire en cananea, considerando partículas suspendidas totales y metales pesados, utilizando el método de alto volumen (Hi-vol), donde se demuestra que existe valores de 5.6% del encima de la norma, del valor máximo permisible.

Rodríguez (2017) realizó un estudio entre la relación de ciertas profesiones que están expuestas y las intoxicaciones por los metales pesados existentes, donde asevero, que las intoxicaciones en trabajadores de la provincia, en el período 2000-2016, estuvieron relacionadas a los tipos de empleos, como soldadura y odontología, reparación de baterías, plomería, principalmente en la ciudad de Cuba.

b) Nacional

Hernández & Vásquez (2017) según su objetivo permiten identificar bibliografías de repositorios confiables en datos y evaluar la información sobre niveles de contaminación atmosférica por PM_{2.5} en el Perú históricos, teniendo un total de 5,833 registros de horarios superaban el límite de riesgo diario de 25 µg/m³.

Montejo (2019) con el fin de determinar las principales consecuencias de la contaminación del aire y elaborar propuestas para su mitigación en el distrito de Tiabaya, Arequipa, utilizando encuestas, fichas de observación y lista de cotejos, donde se concluye que la población sobre el tema percibe efectos negativos de una mala calidad de aire, existe una relación directa entre la contaminación de calidad del aire y el transporte de Tiabaya.

Quispe et al. (2014) la evaluación mediante la presencia o ausencia de líquenes en las principales calles de Tingo María, se realizó con el método de cartografía de líquenes, utilizando líquenes como organismos bioindicadores para calidad del aire, llegando a la siguiente conclusión que existen niveles y relación de contaminación atmosférica directa en la zona urbana de Tingo María con las tasas de flujos vehiculares.

Suárez et al. (2017) determino la característica de la composición química del material particulado atmosférico colectados en una estación de monitoreo localizado en el centro urbano de Huancayo, con equipo de bajo volumen (PARTISOL FRM 2000) y filtros de 47 mm, donde los resultados de PM₁₀ (64,54 ±30,87 µg/m³) y PM_{2.5} (34,47 ±14,75 µg/m³) que resultaron estar por encima de la normativa anual de calidad del aire nacional, siendo el sector transporte la fuente de emisión más importantes.

Chung (2008) determino que las sustancias químicas y biológicas en el ambiente que significan un riesgo para la salud, ya se encuentran en altas concentraciones o debido a su naturaleza tóxica, donde sus efectos son carga de la morbilidad causada por infecciones respiratorias, cardiopatías y que las $PM_{2.5}$, generan mayor peligro porque al inhalarlas, pueden alcanzar las zonas periféricas de los bronquiolos y alterar el intercambio pulmonar de gases y cáncer de pulmón.

Valdivia (2016) realizó un estudio de análisis de variación temporal y espacial de la concentración del $PM_{2.5}$ y PM_{10} en Lima y el Callao, con los datos medidos y analizados por DIGESA y el SENAMHI, de la red de monitoreo fija de calidad del aire de Lima Metropolitana, donde llega a la conclusión, que los promedios anuales de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en todas las estaciones de monitoreo, superan significativamente el ECA y las guías de la OMS.

Betetta (2019) encontró el efecto de la contaminación ambiental por micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en la aparición enfermedades respiratorias, en el distrito de Ate Lima, tomando datos del SENAMHI-INEI para las micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} , tomando como muestra de los 849 pacientes del hospital de Ate, llegando a concluir que el PM_{10} y $PM_{2.5}$ influye directamente las afecciones respiratorias como el asma y la rinitis-faringitis.

Bustíos et al. (2013) realiza un estudio vinculada con la Salud Pública, sobre la participación al ente académico superior, que es responsable en el análisis de información sobre la afectación especialmente a la que vive en condiciones de pobreza, realizando un diagnóstico ambiental en el Perú, en base a la Política Nacional del Ambiente (2009) y en el Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021, concluyendo, que hubo algunos avances normativos las cuales se mostraron hasta el año 2012, y también existe escasa viabilidad de esas políticas ambientales.

c) Local

Chuquija (2021) realiza estudios sobre la contaminación del aire que procede del parque automotor de vehículos de categoría L5, que estas inciden en el impacto vial de la ciudad de Juliaca, teniendo los siguientes resultados, (PTS) impactan el 0.74% del total de contaminantes, seguido del Dióxido de Azufre (SO_2) impactan el 0.33%, seguido del Óxidos de Nitrógeno (NO_x) impactan el 0.49%, finalmente la emisión de Plomo (Pb)

impacta con el 0.01% de porcentaje del total de contaminantes acumulados anual mente por los vehículos menores de categoría L5.

Churquipa (2018) Contrasta la repercusión de la contaminación ambiental en la salud escolar de los estudiantes de la institución educativa primaria N° 70580 de Chilla del distrito de Juliaca-2017, realizando una investigación no experimental, diseño correlacional, llegando a la conclusión que los focos de la contaminación ambiental generan las enfermedades infecciosas, como la gripe, diarrea, tos.

Manzanares (2020) hace un estudio de la concentración de partículas en la atmosfera que sedimenta de acuerdo a las características ambientales de la ciudad de Puno, siguiendo el Protocolo Nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire, mediante el método pasivo, donde se concluye, que se identificó el impacto significativo del material particulado sobre vía pública.

Gómez (2017) hace un estudio de las condiciones de la calidad ambiental de la ciudad de Puno, a través de la percepción del turista extranjero, usando encuestas y escalas de medición tipo Likert en temas de espacios públicos, áreas verdes y entorno urbano, llegando a la conclusión que la percepción del turista observa la calidad ambiental en la ciudad es 50.5%, que significa es favorable, para tener una ciudad ambientalmente atractiva.

Hancco (2017) analiza la concentración del material particulado menores a 10 micrómetros en tres zonas de la ciudad de Juliaca, realizó el monitoreó en 9 estaciones de PM₁₀ por 24 horas, utilizando equipos de Hi-Vol marca THERMO, donde concluye que las concentraciones de material particulado de 10 micras en la ciudad urbana de Juliaca, se encuentran en riesgo por la alta concentración.

Condori & Herrera (2019) evaluaron el nivel dióxido de carbono (CO₂), la densidad de polvo y compuestos orgánicos volátiles (COV), con uso de equipo multiparámetro de calidad de aire (datalogger: CO₂, COV y polvo), usando la programación C++ en placa arduino NANO, con sensores de gas CCS811 y polvo GP2Y1010AU0F, en las principales avenidas de Juliaca, donde se concluye, según datos obtenidos comparando con normatividad extranjera y peruana, existe contaminación a la calidad de aire en los puntos de monitorio realizados.

Quispe (2019) evaluó la percepción pública de la contaminación atmosférica del distrito de Juliaca, para encontrar como estos factores influyen, tomando un diseño de



investigación descriptivo – exploratorio, además el uso de encuestas, para el análisis de la percepción pública, donde concluye, que existe poca conciencia de los participantes, respecto a la contaminación del aire.

Soto (2017) realiza un análisis y planificación vial del tránsito de flujo vehicular en el cercado de la ciudad de Juliaca, usando métodos cuantitativos como son el análisis del HCM 2010 y Synchro 8, donde concluye que existe un alto porcentaje del tránsito de vehículos menores, donde tiene afectación directa a la población como es el tránsito vehicular, lo que implica niveles de movilidad bajos; reducciones de capacidad, impacto visual negativo.

Villamar (2018) realiza un estudio de la calidad de aire, mediante liquen *Xanthoparmelia* sp para determinar el Índice de Pureza Ambiental y analizar la capacidad de absorción de metales pesados del liquen *Xanthoparmelia* sp, donde se obtuvo el siguiente resultado, el Índice de Pureza Ambiental (IPA) indica que hay una relación estadísticamente significativa entre el IPA y las zonas de evaluación en la ciudad de Puno.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

La OMS ha definido la contaminación del aire, como una enfermedad silenciosa en esencia por material particulado, que contiene los metales pesados que representan daños a la salud (Cruz et al., 2017 y Reyes et al., 2016), la contaminación ambiental produce el asma que esta entre 8-10% de la población mundial por las partículas suspendidas (Cruz et al., 2018)

La presencia de partículas en la atmosfera, es un tema ya con rica información a nivel mundial donde hay un agravamiento a adquirir enfermedades pulmonares y cardiovasculares, lo que propicia arritmias, ataques de corazón, afectación a los sistemas nervioso central y reproductivo, incluso podría causar cáncer y con ello, muerte prematura, donde los “metales Ni, Pb, Cr, Zn son emitidos a la atmósfera principalmente por el parque automotor que son riesgo potencial para la salud” (Machado et al., 2008).

Hernández y Vásquez (2017); Bugallo et al. (2014), sostienen que Lima se sitúa como la segunda ciudad con mayor contaminación atmosférica en Latinoamérica, con un valor promedio anual de material particulado (PM_{2.5}) de 48 µg/m³, “se estima que ocurrieron 4 239 muertes atribuibles a la contaminación del aire en Perú durante 2012” (Schnettler et al., 2008). Los niños son un grupo especialmente vulnerable por la inmadurez del sistema respiratorio., donde los principales efectos respiratorios en los niños son aumento de síntomas y consultas de urgencia por causas respiratorias, aumento de exacerbaciones asmáticas y reducción en la función pulmonar (Sans & Combris, 2015).

Las partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ influye en afecciones respiratorias tales como el asma y la rinitis-faringitis en el distrito de Ate, Lima (Betetta, 2019), siendo más significativa en el caso del asma. La contaminación por metales pesados y metaloides en recursos hídricos, suelos y aire Bustillo-lecompte y Mehrvar, (2015). Las fuentes de contaminación de atmosférica antrópica son entre las predominantemente son las motocicletas, automóviles en la ciudad de Tingo María (K. Quispe et al., 2014). Los resultados de PM_{10} y $PM_{2.5}$, dentro de la composición química el 12% representa metales, donde los resultados se sitúan por encima a los ECAS, y por ende dan riesgo a la salud de Huancayo (Suárez-Salas et al., 2017).

Los vehículos menores de categoría L5, son los principales contaminantes del aire en Juliaca, con un total de partículas totales en suspensión (PTS) de 32.91 Ton / año (Chuquiya, 2021), existe contaminación ambiental que generan enfermedades infecciosas, como gripe, diarrea, tos, en los estudiantes de la institución de chilla de la ciudad de Juliaca Churquiya, (2018).

En el distrito de Juliaca por la creciente y rápida índice demográfico, industrialización, comercio y transporte informal, así como la deficiente ejecución de proyectos a favor de la población, que realiza permanentemente huelgas, paralización de actividades, provocando cada vez más desorden, aumentado la contaminación atmosférica por polución, y que estas afectan a la salud y la economía, se nos permite plantear los siguientes enunciados del problema.

2.2 Enunciados del Problema

2.2.1 Problema general

¿De qué manera los metales totales en material particulado en el aire afectan a la salud en la población de Juliaca?

2.2.2 Problema específico

P1: ¿Cuál es el nivel de concentración de metales totales en material particulado en PM_{10} respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional?

P2: ¿De qué manera los metales totales en material particulado PM_{10} afecta en el bienestar físico de la población de Juliaca?

P3: ¿De qué manera los metales totales en material particulado PM₁₀ afecta en el bienestar social de la población de Juliaca?

2.3 Justificación

La calidad de aire y el nivel de contaminación del ambiente es un problema global, que exige tomar medidas de prevención y control, estudiando las fuentes de contaminación, así como riesgos de afectación a la salud de la población de Juliaca, la presente investigación se justifica por lo siguiente:

- a) **Relevancia ambiental:** Determinar los niveles de concentración de los Metales totales (MT) en material particulado PM₁₀ respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional, para tomar acciones de prevención a las autoridades competentes, comparando dichos resultados con los D.S. N° 003-2017-MINAM (MINAM, 2017).
- b) **Conveniencia:** En términos de prevención de seguridad y salud de trabajadores en plantas cementeras, mineras, ladrilleras para tener información disponible, sobre los efectos de metales totales en la salud, debido a la contaminación del aire (Schnettler et al., 2008).
- c) **Relevancia social:** En prevención en la salud pública a comerciantes, conductores, peatones en general y toma de conciencia del nivel de contaminación de la calidad del aire, y las autoridades para tomar acciones en la mitigación de la contaminación atmosférica por causas antropogénicas o naturales, reduciendo los metales pesados en el aire, que proviene de emisiones de procesos antrópicos como de procesos y usos de combustibles en vehículos de gasolina y diésel, generación de energía y procesos industriales y mineros.
- d) **Relevancia teórica.** Desde el punto de vista teórico, coadyuvar a la formación de la comunidad estudiantil, tesisistas, investigadores acerca de la información local de la ciudad Juliaca, ya no se tiene mucha información relevante de acerca de metales totales en el aire y sus efectos en la salud de la población, así como los resultados encontrados se podrán plantear nuevas investigaciones

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Determinar los metales totales presentes en el aire y los efectos que ocasiona en la salud de la población del distrito de Juliaca.

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los niveles de concentración de los metales totales en material particulado PM_{10} respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional.
- Analizar los metales totales en material particulado PM_{10} como influye en el bienestar físico de la población de Juliaca.
- Analizar los metales totales en material particulado PM_{10} como influye en la percepción del bienestar social de la población de Juliaca.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- Los metales totales en material particulado en el aire afectan negativamente en la salud de la población de Juliaca.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Los niveles de concentración de los metales totales en material particulado PM_{10} sobrepasan los estándares de calidad de aire nacional e internacional.
- Los metales totales en material particulado PM_{10} influye negativamente en el bienestar físico de la población de Juliaca.
- Los metales totales en material particulado PM_{10} influye negativamente en percepción de bienestar social de la población de Juliaca.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El presente trabajo de investigación se realizará en el distrito de Juliaca, provincia de San Román Departamento Puno, a 3825 m.s.n.m., tomando las principales avenidas de flujo vehicular del cercado de Juliaca y mayor afluencia de población, como se observa en la figura 8 y la tabla 4.

Climatología

Según el Senamhi para JULIACA, el mes con temperatura más elevada es el mes de noviembre (18.8°C); la temperatura mínima se presenta en el mes de julio (-7.8°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de enero (118 mm/mes), los veranos son cortos, fríos y despejados y seco durante todo el año la temperatura varía entre -5 a 18 °C, la parte más nublada comienza en setiembre y termina en abril, en viento tiene variaciones estacionales, las velocidades promedio están entre 8.8 a 11.3 km/h. Las precipitaciones en la zona altiplánica presentan dos estaciones bastante marcadas, una húmeda (meses de noviembre a marzo), otra seca (meses de junio a agosto), como también presentan los periodos de transición (meses de septiembre – octubre y abril – mayo)

Tabla 4

Ubicación de estación de monitoreo material particulado

Código de Estación / Nro de monitoreo	Coordenadas UTM WGS-84		Ubicación de estaciones
	Este (x)	Norte (y)	
P-1	379001.00	8287891.00	Plaza San José
P-2	379007.00	8285552.00	Av. Martines 4 nov. por el Puente peatonal (salida a Puno)
P-3	379134.8	8285755.66	Mercado Cerro colorado (Av. Tacna frente de comisaria del serenazgo)
P-4	378497.864	8287517.86	Mercado Manco Capac
P-5	379619.062	8283957.667	Av. Marañon cuadra 1 (ingreso al Bosque)
P-6	378510.7	8286858.045	Centro comercial N°2
P-7	378024.88	8288106.27	Ovalo de salida Cuzco (mercado dominical)
P-8	379414.248	8287763.996	Ovalo pedro Vilcapaza (1ra cuadra a la salida Huancañé)
P-9	376845.048	8286167.981	Ovalo circunvalación a salida Arequipa (parque el Triciclista).
P-10	379075.502	8288193.099	Av. El Triunfo con circunvalación

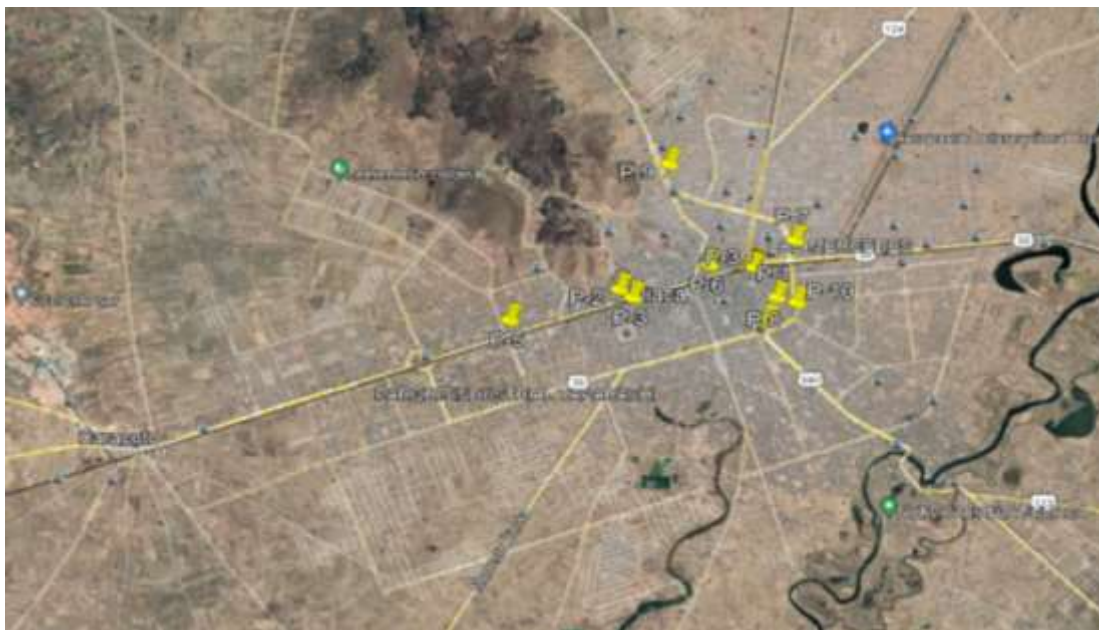


Figura 8. Punto de estación de monitoreo en la ciudad de Juliaca

3.2 Población

El trabajo de investigación toma como población al distrito de Juliaca, de acuerdo al Censo nacional de 2017 cuenta con 228 726 habitantes (INEI, 2018)

3.3 Muestra

El procedimiento fue muestreo probabilística, basados en el cálculo del tamaño de la una muestra para una población finita, mediante la siguiente formula (Sampieri, 2014).

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la Población o Universo

Z = Parámetro estadístico que depende del Nivel de confianza

e = Error de estimación máximo aceptado

p = Probabilidad de que ocurra el evento

q = (1 - p) Probabilidad de que no ocurra el evento

Datos:

N= 228726

Z= 1.96

e= 4%

P= 60%

Resultado: Reemplazando los datos en la ecuación 1, se tiene, como de tamaño de la muestra calculada = **575** Habitantes de Juliaca.

Para toma de muestras fue tomado mediante una selección aleatorio simple intencionada por las zonas de monitoreo de aire.

Determinación del número de estaciones de monitoreo

Según el Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM, se determina la cantidad de estaciones de monitoreo de acuerdo al número de habitantes (MINAN, 2019), donde se realiza el

estudio, de acuerdo al Censo nacional de 2017, la población de Juliaca cuenta con 228 726. Habitantes, por lo que se determinó 10 puntos de monitoreo, ver la tabla 5.

Tabla 5

Número mínimo de estaciones de monitoreo, según criterio poblacional

Población (miles de habitantes)	Número mínimo de estaciones de monitoreo
0-249	1
250-749	2
750-999	3
1000-1499	4
1500-1999	5
2000-2749	6
2750-3749	7
3750-4749	8
4750-5999	9
≥6000	10

Fuente: Directiva 2008/50/CE de la comunidad europea

3.4 Método de investigación

La metodología la el presente estudio tiene un enfoque no experimental, descriptico y correlacional de variables, en donde para el primer objetivo se muestrea mediante el equipo hi-vol según “Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire” (MINAN, 2019, DIGESA, 2005; EPA, 1999), los resultados de análisis de metales totales en material particulado son comparados con los estándares de calidad nacional e internacionales, para el segundo y tercer objetivo se usó la técnica de cuestionario escala semántica diferencial aplicados a la salud de la población (Betetta, 2019), en anexo 1: Matriz de consistencia se observa las variables y dimensiones de estudio, los resultados se correlacionaron entre el material particulado, efectos a la salud y percepción del bienestar social, los datos fueron ordenados con tablas dinámicas de M.S. Excel y evaluando estadísticamente la prueba de hipótesis con χ^2 de Pearson, con los programas Statplus, Real Statistics.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Metodología para determinar los niveles de concentración de los metales totales en material particulado PM₁₀ respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional.

Primeramente se efectuó un diagnóstico de la ciudad de Juliaca, como la densidad poblacional, tráfico vehicular, para instalar las estaciones de monitoreo, las mediciones de calidad de aire consideran como base metodológica los lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica. (EPA, 1999)

- **Materiales y equipos.** Equipos de protección personal: chaleco, casco, zapato de seguridad, guantes, lentes; unidad vehicular para traslado de personal y equipo Hi-Vol PM₁₀ Tich Environmental (Incluye cuerpo, cabezal, Venturi, trapecio y porta filtro), desecador, balanza analítica de precisión 0.0001g, Slak tuve, termohigrómetro, GPS.
- **Materiales para trabajo de gabinete.** Laptop, ficha de Campo, útiles de escritorio, materiales de laboratorio: filtro de fibra de vidrio, bolsa ziploc de cierre hermético, pinza.

a) Fase de monitoreo ambiental de aire.

• Uso de Hi-Vol

El método para monitoreo de PM₁₀ aplicado se basó en lo señalado en el protocolo de monitoreo de calidad de aire del ministerio el ambiente (MINAN, 2019), y para para el análisis de metales en laboratorio, se aplicó el método EPA Compendium Method IO-3.5:1999; Determination of Metals in Ambient Particulate matter using inductively Coupled Plasma/mass spectroscopy (ICP/MS) (tabla 6). El Hi-vol cuenta con un calibrador para Muestreadores de Alto Volumen que funciona con sistema de variación de flujo, con un rango entre 1.133 a 1.167 m³/min, el cual es verificado antes de realizar el monitoreo. Además, se dispone de los respectivos manómetros de columna en U marca Dwyer. La colección de muestras (filtros de fibra de cuarzo), se realizó al finalizar el tiempo de muestreo de 24 horas. Para la determinación de las partículas totales en suspensión menores a 10 micras se efectuó un análisis

gravimétrico, determinando el peso constante de los filtros antes y después del monitoreo. Los filtros son pesados en un ambiente con control de humedad y temperatura usando una balanza especial marca Sartorius, modelo LA 130S-7, con sensibilidad de 0.1 mg y % de error de +/- 1 mg.

Tabla 6

Protocolo de metodología de análisis de metales totales en PM₁₀

Parámetro	Unidad	Metodología
Metales en material particulado PM-10 Alto Volumen	µg/m ³	EPA Compendium Method IO-3.5:1999; Determination of Metals in Ambient Particulate matter using inductively Coupled Plasma/mass spectroscopy (ICP/MS).
Material Particulado PM-10 Alto Volumen	µg/m ³	EPA CRF PART 50 APPENDIX J:1990; Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere.
Material Particulado PM-10 Alto Volumen	µg/m ³	EPA CRF PART 50 APPENDIX J:1990; Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere.
Metales Totales - Filtros HV icp-oes	EPA Compendium Method IO-3.4 1999	Determination of Metals in Ambient Particulate Matter using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy



Figura 9. Estación de monitoreo con equipo Hi-vol – Punto de Av. Marañón salida Puno

En la tabla 7, se realiza la comparación de los estándares internacional en calidad ambiental para aire en material particulado PM₁₀ con el fin de analizar y comparar

las muestras analizadas para determinar el nivel de estándar de calidad ambiental de elementos de metales totales en el aire.

Tabla 7

Comparación de ECAS nacional e internacional de Metales Totales en PM₁₀

Elemento (unidad)	Perú (A)	UE (B)	OMS (C)	Canadá (D)
Aluminio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	2180 (5)
Antimonio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	25 (5)
Arsenic (As) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	0.006 (6)	0.006 (6)	0.3 (5)
Barium - total water soluble ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	10 (5)
Beryllium ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	0.01 (5)
Boro ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	120 (5)
Cadmio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	0.005 (6)	0,005 (6)	2 (5)
Calcium carbide	-	-	-	35 (5)
Cerio	-	-	-	- -
Cobalto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	0.1 (5)
Cobre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	50 (5)
Cromo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	0.0035 (5)
Estaño ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	10 (5)
Estroncio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	120 (5)
Fosforo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	12 (5)
Hierro ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	4 (5)
Litio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	20 (5)
Magnesio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	35 (5)
Manganeso ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	0.2 (5)
Mercurio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	2 (5)
Molibdeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	120 (5)
Nickel (Ni) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	0.02 (6)	0.02 (6)	0.1 (5)
Plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.5 (8), 0.5 (6)	0.006 (6)	1.5 (7), 0.5 (6)	2 (5)
Potasio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	120 (5)
Selenio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	10 (5)
Talio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	-
Titanio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	120 (5)
Vanadio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	2 (5)
Zinc ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	120 (5)

Fuente: (A) D.S. N° 003-2017-MINAM (MINAN, 2017); (B) EU Air Quality Directives (2008/50/EC, 2004/107/EC), (C) WHO, 2006, Air quality guidelines: Global update 2005. (D) Ambient Air Quality Criteria – Canadá (AAQCs, 2012). Donde: (5) Promedio de 24 h; (6) Promedio Anual; (7) Promedio de 3 meses, (8) promedio mensual.

3.5.2 Metodología para analizar los metales totales en material particulado PM₁₀ como influye en el bienestar físico de la población de Juliaca

a) Ordenamiento y búsqueda de información.

Primeramente se buscó la información bibliografía, para poder relacionar el material particulado frente a la afectación del bien estar físico (asociado a las enfermedades respiratorias), donde escogió el instrumento de cuestionario según la escala semántica diferencial aplicados a la salud (Villa et al., 2013, Cuadrado-Barreto, 2020 y Andrade et al., 2002), como se aprecia en la tabla 8.

Tabla 8

Cuestionario para alcanzar el objetivo 2

Item	Cuestionario	Alternativas
4	¿En los últimos cinco años, usted o algún residente de su casa ha padecido alguna de estas enfermedades?	<ul style="list-style-type: none"> a Asma b Neumonía c IRA (enfermedad respiratoria agua) d Cáncer de Pulmón e enfermedades cardiacas f Ninguno
5	¿Ha sentido molestias respiratorias por la contaminación ambiental debido a la presencia de polvo en el aire del medio ambiente durante los últimos 03 meses?	<ul style="list-style-type: none"> a Leve b Moderado c Alto
6	¿En el último año usted ha sufrido de algún problema de salud con un diagnóstico médico que lo relacione a la contaminación del aire?	<ul style="list-style-type: none"> a Si b No

Fuente (Betetta, 2019 y Becerra et al., 2021).

b) Fase encuesta en campo

Se realizó la encuesta al azar por el centro de la ciudad de Juliaca con personal de apoyo, por los sectores de monitoreo de aire tomados

Materiales y equipos. chaleco, gorro, hojas de cuestionario, lapicero, laptop, escritorio, unidad vehicular

c) Fase tabulación de datos

Las encuestas realizadas se ordenaron en oficina, y luego se pasaron a la computadora para evaluarlas estadísticamente, utilizando las tablas dinámicas y Excel, para validar la prueba de hipótesis se aplicó chi cuadrado de Pearson.

3.5.3 Metodología para analizar los metales totales en material particulado PM₁₀ como influye en la percepción del bienestar social de la población de Juliaca.

a) Ordenamiento y búsqueda de información.

Primeramente se buscó la información bibliografía, para poder relacionar el material particulado frente a la afectación del bien estar social (asociado a la afectación económica), donde escogió el instrumento de cuestionario según la escala semántica diferencial aplicados a la salud (Villa et al., 2013, Cuadrado-Barreto, 2020 y Andrade et al., 2002), como se observa en la tabla 9.

Tabla 9

Cuestionario para alcanzar el objetivo 3

Item	Cuestionario	Alternativas
1	¿Siente que la contaminación atmosférica (polvos, MP) afecta a la económica o al negocio	a No b Si
6	¿En el último año usted ha sufrido de algún problema de salud con un diagnóstico médico que lo relacione a la contaminación del aire?	a Si b No
9	¿Usted ha sufrido alguna de las siguientes molestias por contaminación atmosférica en el último año?	a Olores ofensivos b Ruido excesivo c MP por transporte automotor d MP por vías y canchas sin pavimentar e chimeneas e industrias f polvo de ceniza y quema de basura g ninguna

Fuente (Betetta, 2019 y Becerra et al., 2021).

b) Fase encuesta en campo

Se realizó la encuesta al azar por el centro de la ciudad de Juliaca con personal de apoyo, por los sectores de monitoreo de aire tomados



Materiales y equipos. chaleco, gorro, hojas de cuestionario, lapicero, laptop, escritorio, unidad vehicular

c) Fase tabulación de datos

Las encuestas realizadas se ordenaron en oficina, y luego se pasaron a la computadora para evaluarlas estadísticamente, utilizando las tablas dinámicas y Excel, para validar la prueba de hipótesis se aplicó chi cuadrado de Pearson

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Resultados de niveles de concentración de los metales totales respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional

Respecto a los resultados de monitoreos de metales totales en material particulado PM_{10} , se tiene de 10 punto de monitoreo de la ciudad de Juliaca mostraron valores por encima 08 puntos y debajo 02 puntos del Estándar de Calidad Ambiental de Aire nacional e internacional, ECA 24 horas de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (figura 10).

Los punto de monitoreo: Mercado San José, Cerro Colorado, Mercado Manco Capac, salida Puno Av. Marañón, Centro Comercial Nro. 3, salida Cusco ovalo, Pedro Vilcapaza, San José Av. circunvalación, las concentraciones de PM_{10} en la ciudad de Juliaca se encuentran por encima de la norma nacional el D.S. N° 003-2017-MINAM (ECA Aire $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), y adicionado los puntos de monitoreo de salida Puno – IE Comercio 32 y salida Arequipa, los 10 puntos de monitoreo están por encima de las normas internacionales de Canadá y EU Air Quality Directives (OMS $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y OMS, 2006, Air quality guidelines (OMS $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$), por lo que se demuestra la hipótesis: los niveles de los Metales totales (MT) en PM_{10} sobrepasan los estándares de calidad de aire de las normas nacionales e internacionales, como se aprecia en la siguiente figura 10.

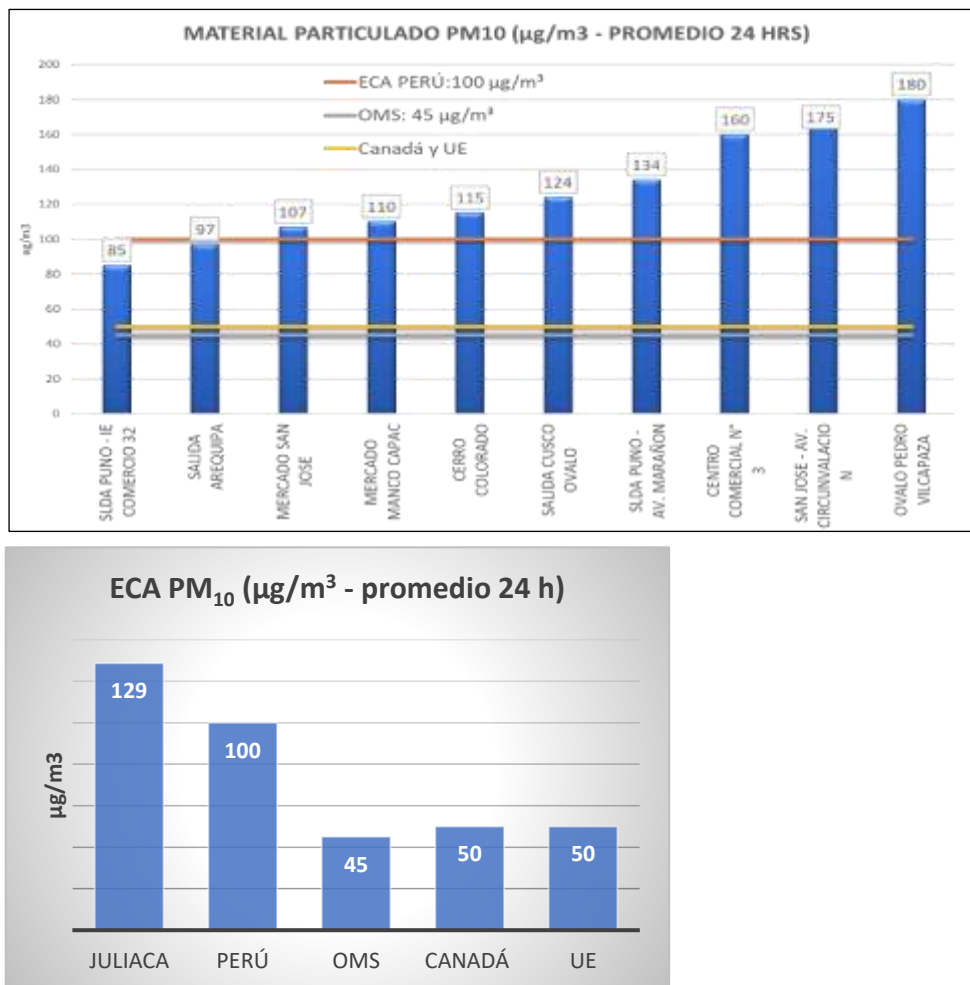


Figura 10. Resultado de PM₁₀ frente a los ECA nacional e internacional

4.1.1 Calidad de aire

El índice de calidad del aire (ICA), los datos están establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA por sus siglas en inglés). El ICA son datos que nos brinda información del estado de la calidad del aire, y que efectos podría causar en la salud.

De acuerdo a la tabla 10, muestra la concentración promedio de 24 horas para PM₁₀ es de $129 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para evaluar el estado de la calidad de aire, de acuerdo a la tabla 10, se tiene como resultado que el aire es “insalubre para grupos sensibles”.

Tabla 10

Evaluación de calidad del aire y su Implicancia en personas

Índice de calidad del aire	Estado	PM ₁₀ (µg/m ³) 24- horas	PM _{2.5} (µg/m ³) 24- horas	¿Quién se debe preocupar?	Medidas a tomar por la población
0 – 50	BUENA	0 - 54	0.0 – 12.0	Ninguno, No existe riesgo	La calidad del aire es aceptable se puede realizar actividades al aire libre
51 – 100	MODERADA	55 - 154	12.1 - 35.4	Personas que podrían ser excepcionalmente sensibles a la contaminación por partículas	Personas excepcionalmente sensibles: Contemplar reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso al aire libre. Prestar atención a la aparición de síntomas como tos o dificultad para respirar. Esto indica que se debe reducir el esfuerzo. Para el resto de las personas: ¡Es un buen día para realizar actividades al aire libre!
101 – 150	INSALUBRE PARA GRUPOS SENSIBLES	155 - 254	35.5 - 55.4	Los grupos sensibles comprenden a personas con cardiopatías o enfermedades pulmonares, adultos mayores, niños y adolescentes.	Grupos sensibles: Reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Está bien realizar actividades al aire libre, pero descanse a menudo y realice actividades menos intensas. Prestar atención a la aparición de síntomas como tos o dificultad para respirar. Las personas asmáticas deben seguir sus planes de acción y tener a mano medicamentos de acción rápida. Si padece de una cardiopatía: Síntomas como palpitaciones, dificultad para respirar o fatiga inusual pueden indicar un problema grave. Si sufre cualquiera de estos síntomas, comuníquese con su proveedor médico
151 – 200	INSALUBRE	255 - 354	55.5 - 150.4	Todos	Grupos sensibles: Evitar actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Tener en cuenta la posibilidad de realizar las actividades al interior de sus casas. Para el resto de las personas: Reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Descansar a menudo durante las actividades al aire libre.

Fuente: (SENAMHI, 2021)

4.1.2 Resultado de análisis químico metales totales en material particulado.

Respecto a los resultados de monitoreos de metales totales en material particulado PM₁₀, realizados en los 10 punto de monitoreo de la ciudad de Juliaca, se detecta 29 elementos como metales totales en el aire como se observa en la tabla 11

Tabla 11

Resultado de metales totales en PM_{10} - Filtros HV ICP-OES (acreditado IAS - Periodo monitoreo 24 h.)

item	Elementos detectados	unidad	I.d.m.	I.c.m.	Código de puntos de monitoreo en Juliaca										Promedio				
					P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10					
1	Antimonio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	8,90	29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	NC
2	Arsénico	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	8,90	29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	<29,50	NC
3	Cadmio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,80	5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	<5,90	NC
4	Cerio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	17,20	56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	<56,90	NC
5	Cobalto	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,40	17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	<17,70	NC
6	Cobre	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,60	11,80	13,07	12,24	11,80	30,71	27,45	26,98	24,32	22,00	25,58	20,16	23	23	23	23	23
7	Cromo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,20	14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	<14,00	NC
8	Estañio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	15,00	49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	<49,40	NC
9	Hierro	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	12,20	40,30	2000,03	859,38	809,12	471,33	3398,69	692,06	2209,79	2135,81	1178,11	2432,50	1619	1619	1619	1619	1619
10	Manganeso	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,50	4,80	71,83	33,27	47,32	21,49	404,41	35,41	125,44	117,52	62,87	108,30	103	103	103	103	103
11	Mercurio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	19,70	65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	<65,00	NC
12	Molibdeno	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,10	10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	<10,20	NC
13	Niquel	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,00	16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	<16,60	NC
14	Plomo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	11,40	37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	<37,60	NC
15	Talio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	54,30	179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	<179,30	NC
16	Vanadio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,40	8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	<8,10	NC
17	Zinc	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	43,00	141,80	<141,80	<141,80	827,52	398,54	396,27	2524,01	496,03	434,03	628,21	676,01	798	798	798	798	798
18	Aluminio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	22,00	72,50	2074,30	1302,53	976,77	1752,07	3324,76	1238,09	2915,84	2594,25	2719,33	3224,21	2212	2212	2212	2212	2212
19	Bario	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,10	3,80	1303,92	1499,76	2581,06	679,32	478,57	3953,61	805,43	612,59	899,42	936,53	1375	1375	1375	1375	1375
20	Berilio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,65	2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	<2,15	NC
21	Boro	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10,70	35,40	3078,39	2316,50	1725,03	2414,39	2158,52	2444,22	2709,05	2472,28	3523,61	3803,22	2665	2665	2665	2665	2665
22	Calcio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	36,90	121,90	5	2951,64	2483,55	7471,24	12570,50	2913,57	12441,96	13006,57	11607,30	14028,36	8831	8831	8831	8831	8831
				506,63															
23	Estroncio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,33	1,07	77,79	54,50	41,98	19,87	30,40	60,62	40,39	29,45	27,80	36,11	42	42	42	42	42

24	Fosforo	µg/m ³	37.30	123.00	154.46	<123,00	<123,00	316.94	<123,00	205.63	180.61	<123,00	149.66	201
25	Litio	µg/m ³	1.10	3.80	<3.80	<3.80	<3.80	<3.80	<3.80	<3.80	<3.80	<3.80	<3.80	NC
26	Magnesio	µg/m ³	8.60	28.50	682.35	407.47	219.76	3219.77	263.77	3 311.42	2 972.81	3 595.34	3 948.80	1204
27	Potasio	µg/m ³	73.40	242.20	3763.76	2787.28	2276.87	1864.42	2759.89	2143.57	1750.95	1946.68	2239.24	2295
28	Selenio	µg/m ³	55.80	184.20	<184,20	<184,20	<184,20	<184,20	<184,20	<184,20	<184,20	<184,20	<184,20	NC
29	Titanio	µg/m ³	1.10	3.80	21.45	<3.80	4.00	64.62	<3.80	37.53	33.59	27.70	48.52	34

Se observa en la tabla los 29 elementos detectados y cuantificados como metales totales. Empresa acreditada por INACAL de razón social ANALYTICAL LABORATORY E. I. R. L. - (ALAB) N° RUC: 2060065190, Donde el Límite de detección del método = L.D.M. y Límite de cuantificación del método = L.C.M., donde P-1 al P-10 son los puntos de monitoreo (tabla 4)

4.1.3 Resultado de concentración de los metales totales en material particulado PM₁₀ respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional.

En la figura 11 se muestra 10 elementos como son: Fe (1,619 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Mn (103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Zn (798 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Al (2,212 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ba (1,375 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), B (2,665 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ca (8,831 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), P (201 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Mg (1,204 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), K (2,295 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), valores de concentración se encuentran por encima del Estándar de Calidad Ambiental de Aire de Canadá ECA 24 horas (AAQC, 2020) y los elementos Cu (23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Sn (429 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ti (34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) debajo del Estándar de Calidad Ambiental de Aire de Canadá.

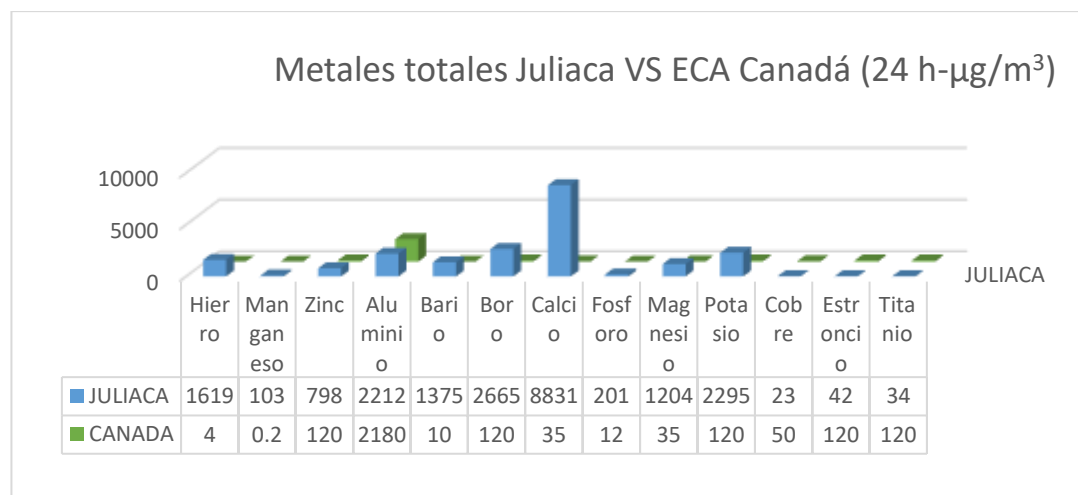
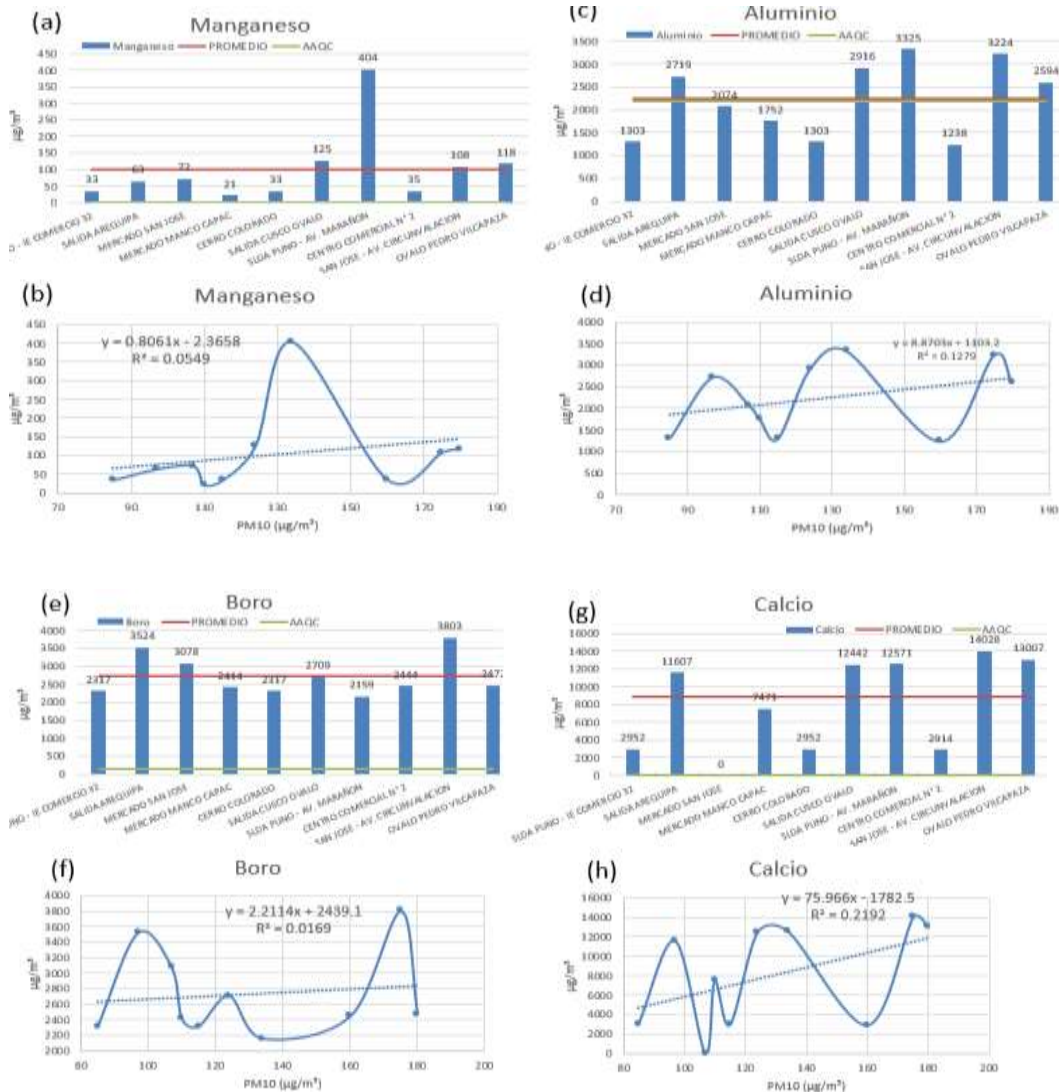


Figura 11. Comparación de Metales totales en el aire y ECA Canadá (24 h.- $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

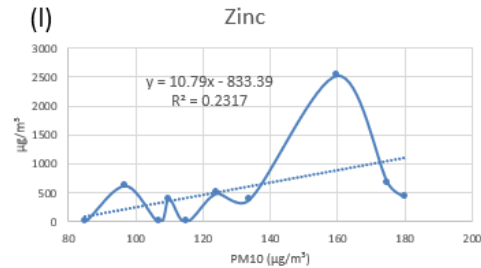
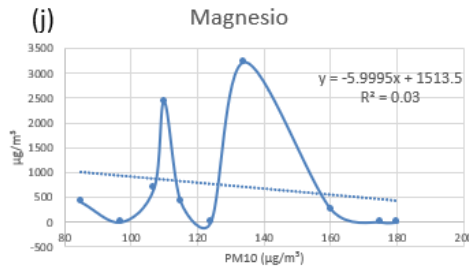
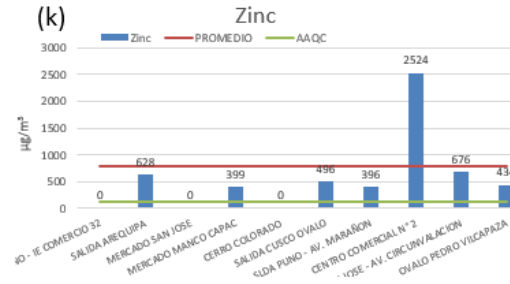
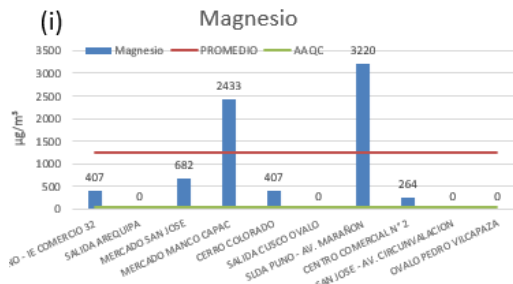
4.1.4 Correlación de concentración metales totales y material particulado.

Se presenta los resultados en la figura 12 donde la correlación de metales totales frente al material particulado son: en el punto (a) el elemento manganeso supera el límite de ECA Canadá, sobre todo en la estación de la Av. Marañón mayor concentración PM₁₀ (404 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), por lo que podemos presumir por la zona la carretera en trocha carrozable y es uso frecuente por unidades pesadas como volquetes hacia canteras de lastre de relleno; (b) se observa la tendencia positiva leve 5%, donde a mayor PM₁₀ aumenta la concentración de manganeso; (c) el elemento aluminio supera el límite de ECA Canadá, en varios puntos de monitoreo, por lo que podemos presumir que el aluminio se encuentra en forma natural provenientes de la polvareda de la tierra; (d) el elemento aluminio la tendencia positiva leve 12%, donde a mayor PM₁₀ aumenta la concentración de aluminio; (e) el elemento boro supera el límite de ECA Canadá, en varios puntos de monitoreo, por lo que podemos presumir

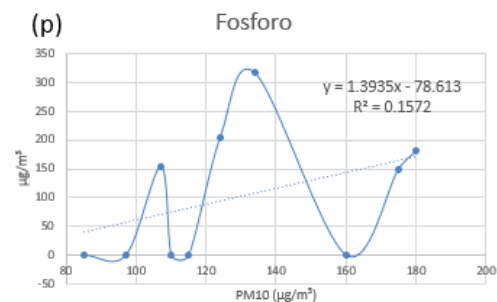
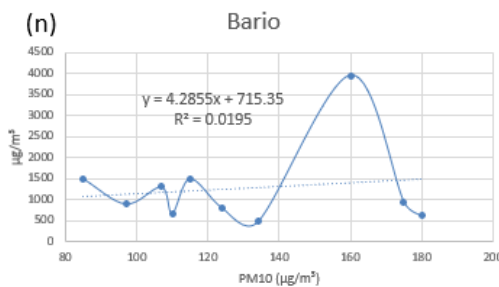
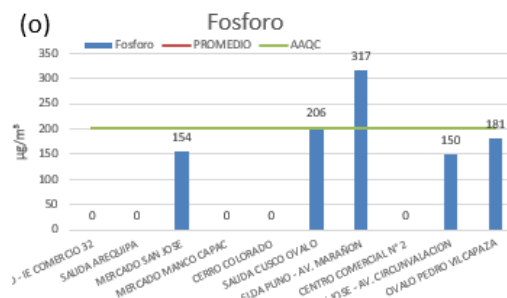
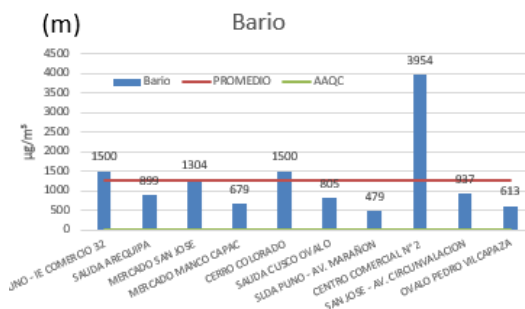
que el boro se encuentra en forma natural provenientes de las plantas y polvareda de la tierra; (f) el elemento boro tiene la tendencia positiva leve 16%, donde a mayor PM_{10} aumenta la concentración de boro; (g) el elemento calcio supera el límite de ECA Canadá, en varios puntos de monitoreo, por lo que podemos presumir que el aluminio se encuentra en forma natural provenientes de la cantera de caliza; (h) el elemento calcio la tendencia positiva leve 21%, donde a mayor PM_{10} aumenta la concentración de calcio.



(i) el elemento magnesio supera el límite de ECA Canadá, en varios puntos de monitoreo, por lo que podemos presumir que el magnesio se encuentra en la combustión de petróleo, pirotécnicos, talleres de soldadura; (j) el elemento magnesio tiene la tendencia positiva leve 3%, donde a mayor PM_{10} aumenta la concentración de aluminio, mayormente por el mercado manco Capac y la salida puno.



(k) el elemento zinc supera el límite de ECA Canadá, en un punto de monitoreo centro comercial N° 3, por lo que podemos presumir que el zinc se encuentra en los productos cosméticos / hospitalarios; (l) el elemento zinc tiene la tendencia positiva leve 23%, donde a mayor PM₁₀ aumenta la concentración de zinc, mayormente por el centro comercial número 2.



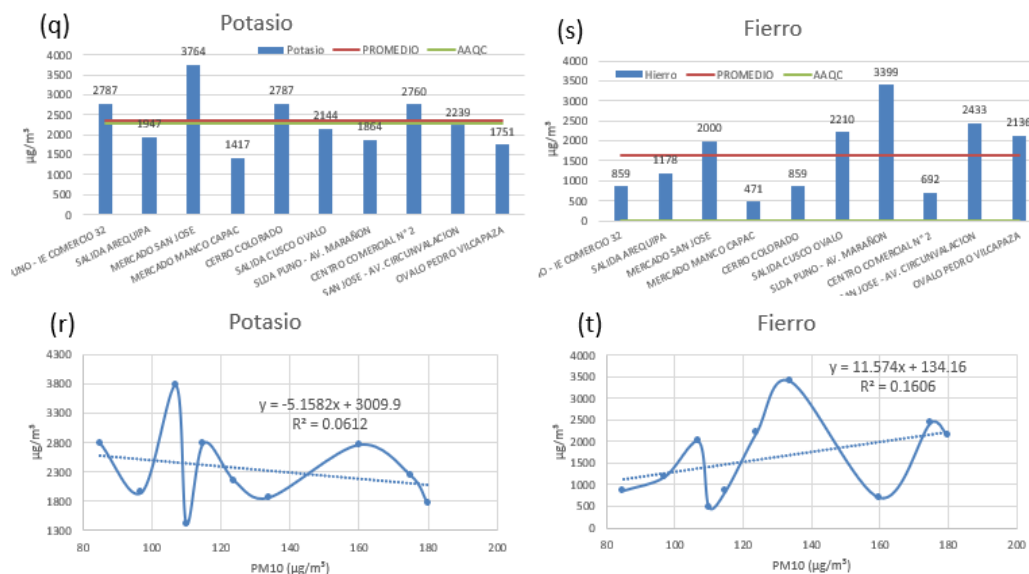


Figura 12. Correlación de metales totales frente a material particulado PM₁₀

(m) el elemento bario supera el límite de ECA Canadá, en varios puntos de monitoreo, sobre todo en centro comercial número 2, por lo que podemos presumir que el bario se encuentra la alta congestión de vehículos en la combustión de combustibles y autopartes como frenos y ruedas; (n) el elemento bario tiene la tendencia positiva leve 1%, donde a mayor PM₁₀ aumenta la concentración de bario; (o) el elemento fosforo supera el límite de ECA Canadá, en algunos puntos de monitoreo, por lo que podemos presumir que el fosforo se encuentra en los aditivos de combustibles del parque automotor, fertilizantes detergentes; (p) el elemento fosforo tiene la tendencia positiva leve 15%, donde a mayor PM₁₀ aumenta la concentración de fosforo; (q) el elemento potasio supera el límite de ECA Canadá, en algunos puntos de monitoreo, por lo que podemos presumir que el potasio se encuentra en fertilizantes, pirotécnicos, vegetales; (r) el elemento potasio tiene la tendencia negativa leve 6%, donde a mayor PM₁₀ disminuye la concentración de potasio; (s) el elemento fierro supera el límite de ECA Canadá, en algunos puntos de monitoreo, por lo que podemos presumir que el fierro se encuentra en la naturaleza, desgaste de piezas metálicas, fundiciones, soldadura; (t) el elemento fierro tiene la tendencia positiva leve 16%, donde a mayor PM₁₀ aumenta la concentración de fierro.

4.1.5. Conclusión

Según la figura 11, se tiene 10 elementos de metales totales en material particulado que sobrepasan los niveles de límites de los estándares de calidad ambiental nacional e internacional como Canadá a 24 h de monitoreo, como son el Fe ($1,619 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mn ($103 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Zn ($798 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Al ($2,212 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ba ($1,375 \mu\text{g}/\text{m}^3$), B ($2,665 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ca ($8,831 \mu\text{g}/\text{m}^3$), P ($201 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mg ($1,204 \mu\text{g}/\text{m}^3$), K ($2,295 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 03 elementos por debajo de ECA Canadá con la concentración de Cu ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Sr ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ti ($34 \mu\text{g}/\text{m}^3$), como también se puede indicar según la tabla 11, se ha detectado en total 29 elementos como metales totales elementos que están debajo del límite de cuantificación del equipo ICP-MS, como son Sb, As, Cd, Ce, Co, Cr, Sn, Hg, Mo, Ni, Pb, Ta, V, Be, Li, Se.

Resultado de metales totales en PM_{10} como influye en el bien estar físico de la población de Juliaca

4.1.6 Encuesta de población por zona

El número de personas encuestadas 575 pobladores de Juliaca, donde se muestra a continuación los resultados de acuerdo a los objetivos planteados.



Figura 13. Distribución de zona de encuestas realizadas en la ciudad de Juliaca

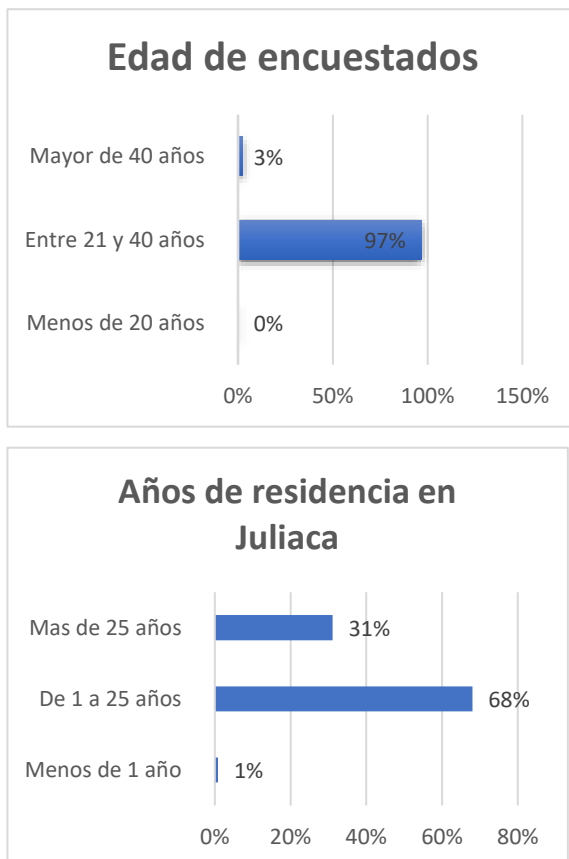


Figura 14. Edad de encuestados y años de residencia en Juliaca

Se aprecia en las figuras el 97 % de encuestados están entre 21 y 40 años, y residen mayormente más de 25 años (31%) y entre 1 a 25 años (68%).

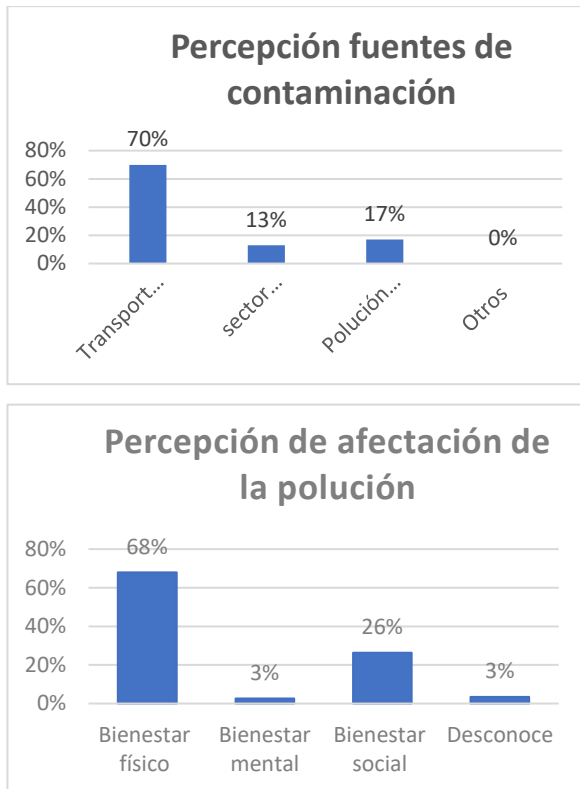


Figura 15. Percepción de fuentes de contaminación y afectación de la polución

Se observa en las figuras el transporte pesado 70% y polución por viento contaminan más y la mayor afectación es el bien estar físico 68% seguido de bien estar social 26%.

4.1.7 Fumadores activos



Figura 16. Fumadores activos

Se observa el 13% de la población de Juliaca son fumadores activos, estas a su vez son más susceptibles a contraer enfermedades respiratorias.

4.1.8 Incidencia de enfermedades por la calidad de aire

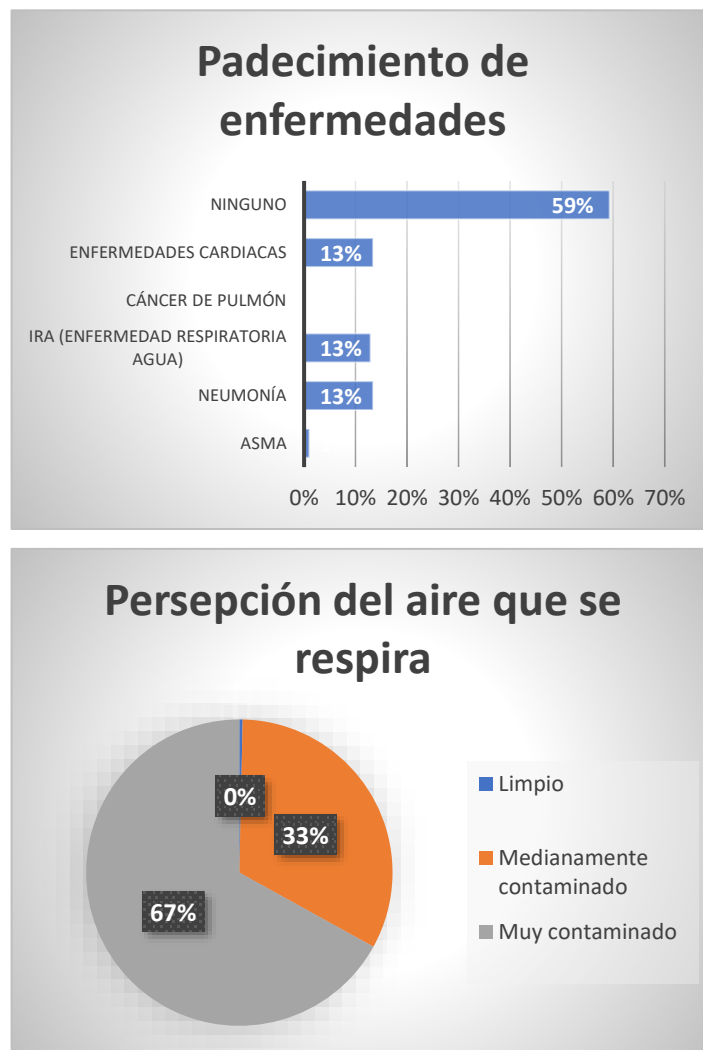


Figura 17. Incidencia de enfermedades de la población y percepción de calidad de aire.

Se puede observar en la figura 19, la incidencia de enfermedades, donde el 13 % de la población tiene enfermedades cardiacas, enfermedad respiratoria agua (IRA) y neumonía; como también la percepción del aire que se respira en la ciudad de Juliaca un 76 % indica en muy contaminado.

4.1.9 Asociación entre las variables

Para establecer la asociación entre las variables (tabla 12) de analizar los metales totales en material particulado PM_{10} que influye negativamente a la salud población de Juliaca, se aplicó una prueba de Coeficiente Chi-Cuadrado (X^2) de Pearson, con un nivel de confianza del 95%. Se tomaron los resultados obtenidos sobre la encuesta

de percepción de molestias por contaminación atmosférica y percepción por afectación de enfermedades respiratorias

Tabla 12

Tabla de contingencia de variables Metales totales y afectación al bienestar físico.

Enfermedades	Material Particulado			Total general	
	Leve	Moderado	Alto		
Asma	3		2	1	6
Neumonía	74			3	77
IRA (enfermedad respiratoria agua)	73			1	74
enfermedades cardiacas	74		2	1	77
Ninguno	256		81	4	341
Total general	480		85	10	575
SUMMARY		Alpha		0.05	
<i>Count</i>	<i>Rows</i>	<i>Cols</i>	<i>df</i>		
575	5	3	8		

a) Planteamiento de hipótesis

H₀: La concentración de metales totales en material particulado NO influye negativamente en el bienestar físico de la población de Juliaca.

H_a: La concentración de metales totales en material particulado SI influye negativamente en el bienestar físico de la población de Juliaca.

b) Nivel de significancia

$$\alpha=5\% (0.05)$$

c) Prueba de chi cuadrado (x²) de Pearson

Tabla 13

Prueba Chi Cuadrado Asociación entre PM e Incidencia de enfermedades

	chi-sq	p-value	x-crit	sig	Cramer V
Pearson's	77.02	0.00	15.51	yes	0.25
Max likelihood	96.60	0.00	15.51	yes	0.28

Se muestra el resultado de la prueba de chi cuadrado.

d) Valor de P-value

El valor p-value es $0.00 < 0.05$

4.1.10 Conclusión

Según el resultado de la prueba estadística del chi cuadrado de Pearson donde el p-value es $0.00 < 0.05$, por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_i , demostrando que hay efecto entre variables, por lo que podemos concluir que la variable de concentración de metales totales en material particulado SI influye negativamente en el bienestar físico de la población de Juliaca

Resultado metales totales en PM_{10} como influye en la percepción del bienestar social de la población de Juliaca.

4.1.11 Percepción de contaminación del aire y afectación económica

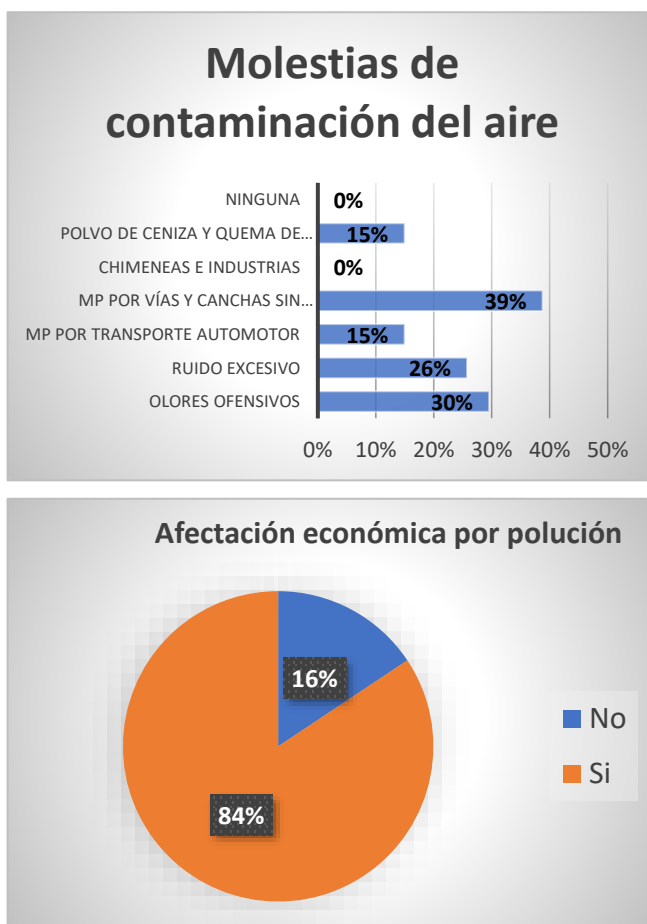


Figura 18. Percepción de molestias de contaminación del aire y afectación económica
Se observa en la figura izquierda hay mayor molestia que genera son el material particulado de vías y canchas sin pavimentar en 39%, seguido de olores ofensivos 30%; así como una afectación económica de 84 %.

4.1.12 Asociación en entre variables bien estar de salud y molestias respiratorias

Para establecer la asociación entre las variables (tabla 14) de analizar los metales totales en material particulado PM_{10} influye negativamente en percepción de bienestar social de la población de Juliaca, por razones de cantidad de quejas, molestias de la ciudadanía, donde se aplicó una prueba de Coeficiente Chi-Cuadrado (X^2) con un nivel de confianza del 95%. Se tomaron los resultados obtenidos sobre la encuesta de percepción de contaminación atmosférica.

Tabla 14

Tabla de contingencia entre concentración material particulado y Afectación Económica.

Aire que respira	Afectación económica		Total general
	No	Si	
Limpio	81	399	480
Medianamente contaminado	8	77	85
Muy contaminado	1	9	10
Total general	90	485	575
SUMMARY		Alpha	0.05
<i>Count</i>	<i>Rows</i>	<i>Cols</i>	<i>df</i>
575	3	2	2

a) Planteamiento de hipótesis

H_0 : La concentración de metales totales en material particulado NO influye negativamente en percepción de bienestar social de la población de Juliaca.

H_a : La concentración de metales totales en material particulado SI influye negativamente en percepción de bienestar social de la población de Juliaca.

b) Nivel de significancia

$$\alpha=5\% (0.05)$$

c) Prueba de chi cuadrado (x^2) de Pearson

Tabla 15

Prueba de Chi Cuadrado asociación entre material particulado PM y Afectación de pérdidas económicas.

	<i>chi-sq</i>	<i>p-value</i>	<i>x-crit</i>	<i>sig</i>	<i>Cramer V</i>
Pearson's	17.86	0.00	5.99	yes	0.17
Max likelihood	20.36	0.00	5.99	yes	0.18

d) Valor de P-value

El valor p-value es $0.00 < 0.05$

4.1.13 Conclusión

Según el resultado de la prueba estadística del chi cuadrado de Pearson donde el p-value es $0.00 < 0.05$, por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , demostrando que hay efecto entre variables, por lo que podemos concluir que la variable de concentración de metales totales en material particulado SI influye negativamente en el bienestar físico de la población de Juliaca

4.2. Discusión

Elemento **plomo**: Cruz et al., (2017) determinó 0.22 a 0.115 0.237 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en 6 ciudades de Sonora México, Noriega et al., (2008) determinó 0.44 a 3.86 mg/m^3 en 20 sectores de la ciudad de Quito, en Juliaca no se detectó por que se asumiría que esta debajo del ECA nacional, **Niquel**: M. Cruz et al., (2017) determino 0.013 a 0.062 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Juliaca 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que este elemento lo encontraríamos en el medio ambiente, por emanación de taller de soldadura, fábricas de pintura, aparatos eléctricos; **Cobre**: Cruz et al., (2017) determinó 0.76 a 2.083 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Herrera, (2019), determino 0.23 a 1.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Cananea México, donde estos resultados están debajo de ECA Canadá, existiendo en la naturaleza naturalmente, **Cromo**: Se realizo estudios en Mexico M. Cruz et al., (2017) y Herrera, (2019) y Bangladesh Mowla et al., (2021) todos se llegaron a detectar, mas no a cuantificar, porque se puede identificar este elemento en su mínima concentración; Pachón & Sarmiento, (2008) determinaron en puente Aranda, Colombia: cadmio 1,83 a 0,84 ng/m^3 , cobre, cromo 13,96 a 6,67 ng/m^3 , plata 1,04 a 0,22 ng/m^3 , hierro y plomo 4.000 ng/m^3 , manganeso 49,61 a 17,35 ng/m^3 , cinc y níquel 50 y 700 ng/m^3 en comparación de Juliaca, se pude indicar que las concentraciones están por debajo de los

ECA de Canadá, estos metales están asociados al parque automotor, la industria, así como corrobora que el plomo y otros contaminantes provienen de vehículos menores L5 supera los ECAS de aire en Juliaca Chuquiija, (2021), pero existe una variabilidad del nivel de concentración de material particulado PM en distintas zonas de Juliaca, por efecto de estaciones del año Hanco, (2017), principales zonas urbanas de Europa están en el rango de 20-25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Berlín, Londres o Ámsterdam en 30-35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en México entre 50 y 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en mega ciudades Pekín o Wuhan 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Querol, 2008), Suárez et al., (2017) caracteriza el MP como Na^+ (1.98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Cl^- (0.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), SO_4 (0.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ca^{+2} (0.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Mg^{+2} (0.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), que provienen de fuentes naturales y trópicas.

Cruz et al., (2018); se ha detectado químicos tóxicos en el ambiente (suelo, aire, polvos) y en el ser humano como metales pesados (sangre, orina, placenta, suero, cabello, tejido) (Mowla et al., 2021) determinó relación positiva y significativa entre IRAS y Cu, así como irritación de nariz y la garganta; a inhalación de níquel produce bronquitis crónica, afección pulmonar y cáncer de los pulmones y los senos nasales. Machado & García, (2008) determina la relación directa a las enfermedades respiratorias por la polución de Asma, seguido de rinitis y faringitis en el distrito de Ate-Lima, existiendo una relación directa en tráfico vehicular.

Respecto al analizar los Metales totales (MT) en material particulado que influyen directamente en percepción de afectación al bien estar de social en la ciudad de Juliaca, que está relacionado a la calidad de vida, economía Pena, (2009), donde existe poca conciencia a la contaminación del aire y el bajo conocimiento y practica para reducir la contaminación del aire (Quispe, 2019)

CONCLUSIONES

1. Los niveles de concentración, según la figura 12, se tiene 10 elementos de metales totales en material particulado sobrepasan los niveles de límites de los estándares de calidad ambiental nacional e internacional como Canadá a 24 h de monitoreo, como son el Fe ($1,619 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mn ($103 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Zn ($798 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Al ($2,212 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ba ($1,375 \mu\text{g}/\text{m}^3$), B ($2,665 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ca ($8,831 \mu\text{g}/\text{m}^3$), P ($201 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mg ($1,204 \mu\text{g}/\text{m}^3$), K ($2,295 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 03 elementos por debajo de ECA Canadá con la concentración de Cu ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Sr ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ti ($34 \mu\text{g}/\text{m}^3$), como también se puede indicar según la tabla 11, se ha detectado en total 29 elementos como metales totales elementos que están debajo del límite de cuantificación del equipo ICP-MS, como son Sb, As, Cd, Ce, Co, Cr, Sn, Hg, Mo, Ni, Pb, Ta, V, Be, Li, Se.
2. Los metales totales en material particulado PM_{10} influyen negativamente en el bienestar físico de la población de Juliaca, de acuerdo a la asociación de variables y prueba de chi cuadrado (tabla 12 y 13), según el resultado de encuesta realizada se tiene una afectación de contraer enfermedades respiratorias como neumonía 13%, enfermedad respiratoria aguda (IRA) 13% y enfermedades cardíacas en 13 %, asma 1% (figura 17).
3. Los metales totales en material particulado PM_{10} influyen directamente en percepción de bienestar social de la población de Juliaca, de acuerdo a la asociación de variables y prueba de chi cuadrado (tabla 14 y 15), según el resultado de encuesta se tiene el 67% de la población indica, que la contaminación del aire por material particulado afecta su economía (figura 18), así como la afectación por las vías sin pavimentar 39%, olores ofensivos 30% y ruido excesivo 26%, quema de basura y parque automotor 15% (figura 18).

De acuerdo las conclusiones específicas que se llevó el presente estudio de investigación, podemos determinar que metales totales en material particulado en el aire si afectan negativamente en la salud de la población de Juliaca, y más relevantemente según el grado de concentración de material particulado podría contraer mayores problemas en la salud de la población de Juliaca.

RECOMENDACIONES

1. Las autoridades competentes como ministerio del ambiente, fiscalizadores regionales y distritales tienen dentro de sus funciones, responsabilidad y obligaciones, principalmente la autoridad local debería implementar estaciones de monitoreo permanente, planes de acción en reducir el tráfico vehicular como restringir ingreso de vehículos al centro de la ciudad, restringir el uso de unidades menores motorizados.
2. Las entidades de salud público y privadas, deberían dar acceso a la información sobre la incidencia de las enfermedades, atenciones médicas, por medios virtuales, con fines de estudio de investigación, e información hacia la ciudadanía, las instituciones superiores como las universidades deberían sensibilizar a la población sobre los riesgos asociados de los metales toles en el aire.
3. A las autoridades locales, creas planes, incentivos para reverdecer parques, arborizar los cerros, para reducir la contaminación por material particulado y los efectos en el bienestar social.

BIBLIOGRAFIA

- AAQC. (2020). *Human Toxicology And Air Standards Section technical Assessment And standards Development Branch Ontario Ministry Of The Environment, Conservation And Parks*. <https://www.ontario.ca/page/ontarios-ambient->
- AAQCs. (2012). *Ontario's Ambient Air Quality Criteria*.
- Alcántara, G. (2008). La definición de salud de la Organización Mundial de la Salud y la interdisciplinariedad. *Red de Revistas Científicas de América Latina*.
- Alessio, L., Antero, A., Aspostoli, P., Berlin, M., Clarkson, T. W., Elinder, C.-G., Friberg, L., & Lee, B.-K. (1998). *Enciclopedia de seguridad salud en el trabajo, Capítulo de propiedades químicas y toxicidad*.
- Andrade, E., Arce, C., & Seaone, G. (2002). Adaptación al español del cuestionario «Perfil de los Estados de Ánimo» en una muestra de deportistas. *Universidad de Oviedo de España*.
- Arciniégas, C. A. (2012). *Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10*.
- Argumedo, C. D., & Castillo, J. F. (2015). *Química Aplicada y Analítica* (Vol. 44, Issue 3).
- Becerra, D., Ramirez, L. F., Plaza, L. F., Oviedo, C. H., & Niño, M. V. (2021). Relación entre la Calidad del Aire y la Incidencia de Enfermedades Respiratorias en el Municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *ingeniería y Competitividad*, 23(2), e2029698. <https://doi.org/10.25100/iyc.v23i2.9698>
- Betetta, J. L. (2019). *Los efectos de la contaminación ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10 en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate*. Inca Garcilazo.
- Bustillo-lecompte, C. F., & Mehrvar, M. (2015). Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. *Journal of Environmental Management*, 161, 287–302. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.07.008>

- Bustíos, C., Martina, M., & Arroyo, R. (2013). *Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú actual*. 17(1), 1–9.
- Chung, B. (2008). Control de los contaminantes químicos en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 25(4), 413–418.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2008.254.1307>
- Chuquija, I. C. (2021). *Contaminación del aire producido por el parque automotor de vehículos menores de la categoría l5 y su incidencia en el impacto vial en la ciudad de Juliaca* Air pollution produced by the vehicle fleet of minors of category 15 and its impact on the road imp. 1–10.
- Churquipa, C. (2018). Contaminación ambiental y su repercusión en la salud escolar de los estudiantes de la Institución Educativa Primaria N° 70580 de Chilla del distrito de Juliaca. In *Universidad Nacional de San Agustín*.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9318/EDCchpac.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Condori, M., & Herrera, V. (2019). Evaluación de los niveles de dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y la densidad total del polvo con sensores de calidad de aire en la ciudad de Juliaca, Puno, 2018. *UPeU*, 174.
- Constitución política del Perú. (1993). *Constitución Política del Perú de 1993*.
- Cruz, M., Gómez, Á. A., Ramírez, L. R., Villalba, A. G., Monge, O., Varela, J., Quiroz, J. M., & Duarte, H. F. (2017). Calidad del aire respecto de metales (Pb, Cd, Ni, Cu, Cr) y relación con salud respiratoria: Caso Sonora, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(Special Issue 1), 23–34.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp02.02>
- Cruz, M. J., Romero-Mesones, C., & Muñoz, X. (2018). Can Environmental Pollution Cause Asthma? *Archivos de Bronconeumologia*, 54(3), 121–122.
<https://doi.org/10.1016/j.arbres.2017.08.008>
- Cuadrado-Barreto, G. (2020). Gestión del conocimiento en la universidad: cuestionario para la evaluación institucional. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 11(30), 201–218. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2020.30.596>

- DIGESA. (2005). *Protocolo de monitoreo de la calidad y gestión de datos*.
- EPA. (1999). *Determination of metals in ambient particulate matter using inductively coupled plasma (ICP) spectroscopy Method IO-3.4*.
- Espino, J., Bejarano, I., Paredes, S. D., González, D., Barriga, C., Reiter, R. J., Pariente, J. A., & Rodríguez, A. B. (2010). Melatonin counteracts alterations in oxidative metabolism and cell viability induced by intracellular calcium overload in human leucocytes: Changes with age. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, 107(1), 590–597. <https://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2010.00546.x>
- Fernández, L., & Gutiérrez, M. (2013). Bienestar social, económico y ambiental para las presentes y futuras generaciones. *Información Tecnológica*, 24(2), 121–130. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000200013>
- García, V., Acosta, L., & Fernández, J. (2020). *Relación del Contaminante PM10 con Enfermedades Respiratorias en el Municipio de Rionegro*.
- Gómez, E. (2017). Análisis de la Calidad Ambiental de la Ciudad de Puno desde la Percepción del Turista Extranjero. In *Tesis*. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hanco, A. M. (2017). *Concentración de material particulado menores a 10 micrómetros y gestión ambiental con áreas verdes en la ciudad de Juliaca*. 163. [file:///C:/Users/HP/Downloads/Hanco_Vilavila_Alí_Maycol\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Hanco_Vilavila_Alí_Maycol(1).pdf)
- Hernández, A., & Vásquez. (2017). *Contaminación ambiental y repositorios de datos históricos de contaminantes atmosféricos en Perú*. 59(5), 2016–2017.
- Herrera, E. A. (2019). *Evaluación de la calidad de aire ambiente respecto de partículas suspendidas totales (PST) y metales pesados (Cu, Pb y Mo), para un periodo anual en la ciudad de Cananea, Sonora México*.
- Legarreta, P. A., Corral, A. A. Y., Delgado, R. M., Pérez, J. T., & Marguez, J. P. F. (2015). *Material particulado y metales pesados en aire en ciudades mexicanas*.
- Ley General del Ambiente, ley 28611. (2005). *Ley General del Ambiente*.

- Ley N° 28245. (2004). Ley marco del Sistema de Nacional de Gestión Ambiental. *Congreso de La República Del Perú.*
- Lijteroff, R., Lima, L., & Prieri, B. (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.*
- Lohaiza, F., Juri, A. J., Rizzotto, M., & Gregorio, D. (2011). Depósito atmosférico de Berilio - 7 en suelo. In *ANALES AFA* (Vol. 23).
- López, S. (1999). *Integración de un residuo proveniente de la producción de carbonato de estroncio en a la fabricación de bloques para la construcción.*
- Machado, A., & García, N. (2008). Contaminación por Metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en Aire, Sedimentos Viales en una Zona de Alto Tráfico Vehicular. *Rev. Int. Contaminación Ambiental.*
- Machado, A., García, N., García, C., Acosta, L., Córdova, A., Linares, M., Giraldoth, D., & Velásquez, H. (2008). Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 24(4), 171–182.
- Manzanares, R. (2020). Determinación de la Concentración de Partículas Atmosféricas Sedimentables en Función a las Características Socio Ambientales de la Ciudad de Puno. In *Universidad Privada San Carlos-Puno*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4523>
- MINAM, 2014. (2014). *Informe nacional de la calidad del aire 2013-2014*. www.minam.gob.pe
- MINAN, 2017. (2017). *Estándares de calidad ambiental (ECA) para Aire*.
- MINAN, 2019. (2019). *Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire*. www.peru.gob.pe
- Montejo, A. (2019). Estudio de la Calidad de Aire para un Desarrollo Sostenible de los Pobladores del Distrito de Tiabaya -Arequipa. In *Ayay* (Vol. 8, Issue 5).

- Mowla, M., Rahman, E., Islam, N., & Aich, N. (2021). Assessment of heavy metal contamination and health risk from indoor dust and air of informal E-waste recycling shops in Dhaka, Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 4, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2021.100025>
- Murcia, L. G., Ortiz, E., Martins, J., Morais, M., Ardiles, L., Urbina, V. G., & Martins, L. (2016). SITUACÃO ATUAL DA QUALIDADE DO AR DAS PRINCIPAIS CIDADES DA AMÉRICA LATINA. *Ciência e Natura*, 38, 523. <https://doi.org/10.5902/2179460x20290>
- Noriega, P., Medeci, A., & Murillo, A. (2008). *Estudio de la concentración de cadmio y plomo en el aire de la ciudad de Quito, empleando briofitas como biomonitores*. 8(2), 17–24. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047392004>
- OMS. (1946). *Official Records of the World Health Organization N° 2*.
- OMS. (2014). *67.a Asamblea Mundial de la salud*.
- OMS. (2021a). *Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire*.
- OMS. (2021b). *Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire*.
- Pachón, J. E., & Sarmiento, V. H. (2008). Análisis espacio temporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá-Colombia. In *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º* (Vol. 43).
- Pena, B. (2009). *La Medición del Bienestar Social*. www.revista-eea.net,
- PerkinElmer. (2011). *Guide to ICP-MS*.
- Querol, X. (2008). Calidad del aire, partículas en suspensión y metales. *Rev. Esp. Salud Pública*.
- Quispe, J. C. (2019). *Factores determinantes de la percepción pública sobre la contaminación atmosférica urbana de la ciudad de Juliaca*.
- Quispe, K., Nique, M., & Chuquilin, edilnerto. (2014). Líquenes como Bioindicadores de la Calidad del Aire en la Ciudad de Tingo María, Peru. *Антибиотики И Химиотерапия*, 59(9–10), 99–104.

- Reyes, Y. C., Vergara, I., & Torres, O. E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en la salud, ambiente y seguridad alimentaria. *The Indian Journal of Pediatrics*, 24(1), 14. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, 21(12), 3372–3385. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012
- Rosales, J. A., Torres, V. M., Olaiz, G., & Borja, V. H. (2001). *Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos*. 43(6).
- Sampieri, H. (2014). *Metodología de la Investigación: Vol. Sexta Edición* (Sexta edición). 2014.
- Sans, P., & Combris, P. (2015). World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961-2011). *Meat Science*, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.012>
- Schnettler, M. B., Silva, F. R., & Sepúlveda, B. N. (2008). Consumo de carne en el sur de Chile y su relación con las características sociodemográficas de los consumidores. *Revista Chilena de Nutrición*, 35(1), 262–271.
- SENAMHI. (2021). *Vigilancia de la calidad del aire enero 2021*. https://moovitapp.com/insights/es/Moovit_Insights_%C3%8Dndice_de_Transporte_%C3%BAblico-countries.
- Soto, D. E. (2017). *Análisis y Planificación Vial del Tránsito Vehicular en el Cercado de la Ciudad de Juliaca*.
- Suárez, L., Álvarez, D., Bendezú, Y., & Pomalaya, J. (2017). Caracterización Química Del Material Particulado Atmosférico Del Centro Urbano De Huancayo, Perú. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(2), 187–199. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i2.197>
- Torres, M. R. (2021). *Estándares de Calidad del Aire*.



- Tsati, E., Ruggeri, G., Shairsingh, K., Cervantes, K., Mothe, J., Gumy, S., Health, W., Malkawi, M., Moh'd Safi, H. A., Salter, J., Shaddick, G., Thomas, M., & Krzyzanowski, M. M. (2020). *WHO ambient air quality database*.
- Valdivia, S. A. P. (2016). Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2.5 en Lima Metropolitana. *Anales Científicos*, 77(2), 273–283.
- Valls, J. M. (2017). *Efectos de la calidad del aire sobre la salud*. 24(9), 511–514.
- Vargas, A., Arias, F., Serrano, E., & Arias, O. (2007). *Toxicidad de Boro en plantaciones de Banano (Musa AAA) en Costa Rica*.
- Vargas, S., Onatra, W., Osorno, L., Páez, E., & Sáenz, O. (2008). *Contaminación Atmosférica y Efectos Respiratorios en Niños, Mujeres embarazadas y en Adultos Mayores*.
- Villa, I. C., Zuluaga, C., & Restrepo, L. F. (2013). *Propiedades psicométricas del Cuestionario de Salud General de Goldberg GHQ-12 en una institución hospitalaria de la ciudad de Medellín*.
- Villamar, O. G. (2018). Evaluación de la calidad del aire mediante el índice de pureza ambiental y el análisis de metales pesados en el líquen *Xanthoparmelia* sp. (Vain.) Hale en la ciudad de Puno. *Tesis*, 1–13.
- Yassi Annalee, Kjellström Tord, KokTheo, & Guidott, T. L. (2002). *Salud ambiental básica* (Primera edición). Oficina Regional de Cultura para América Latina y el Caribe.



ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL Y ESPECIFICO	OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICO	HIPOTESIS GENERAL Y ESPECIFICO	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				METODOLOGIA
			VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES	
			VARIABLE INDEPENDIENTE				
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿De qué manera los metales totales en material particulado en el aire afectan a la salud en la población de Juliaca?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar los metales totales presentes en el aire y los efectos que ocasiona en la salud de la población del distrito de Juliaca</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>Los metales totales en material particulado en el aire afectan negativamente en la salud de la población de Juliaca</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Metales totales en material particulado en el aire</p>	<p>Elementos de elevado peso atómico, potencialmente tóxicos</p>	<p>a) Metales totales en material particulado PM10.</p>	<p>Indicadores</p> <p>a) Concentración de material particulado PM10 (ug/m3)</p> <p>b) Concentración metales totales en material particulado en el aire (ug/m3)</p>	<p>a) Tipo de Investigación</p> <p>El Tipo de investigación es NO experimental, con un enfoque cualitativo y cuantitativo, con un nivel descriptivo y correlacional entre variables</p> <p>c) Población y muestra</p> <p>La población es el distrito de Juliaca, realizando un muestreo aleatorio, simple, donde el tamaño muestra es 575 personas.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>1. ¿Cuál es el nivel de concentración de metales totales en material particulado en PM10 respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>1. Determinar los niveles de concentración de los metales totales en material particulado PM10 respecto a los estándares de calidad de aire nacional e internacional.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECIFICAS</p> <p>1. Los niveles de concentración de los metales totales en material particulado PM10 sobrepasan los estándares de calidad de aire nacional e internacional.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Salud de la población de Juliaca</p>	<p>OMS: la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social</p>	<p>a) ECA de aire nacional e internacional</p>	<p>a) Concentración de elementos de metales totales en el aire (ug/m3)</p>	<p>d) Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuestionario - Monitoreo ambiental - Hivol - Analisis de laboratorio
<p>2. ¿De qué manera los metales totales en material particulado PM10 afecta en el bienestar físico de la población de Juliaca?</p>	<p>2. Analizar los metales totales en material particulado PM10 como influye en el bienestar físico de la población de Juliaca</p>	<p>2. Los metales totales en material particulado PM10 influye negativamente en el bienestar físico de la población de Juliaca.</p>			<p>b) Percepción de bienestar físico</p>	<p>a) % Percepción de calidad del aire</p> <p>b) % de percepción de la incidencia de enfermedades respiratorias</p> <p>c) Índice de calidad de aire. (ug/m3)</p>	<p>e) Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuestionario escala semántica diferencial aplicados - Fichas de campo de monitoreo - Hoja de cadena custodia (envio de muestras)
<p>3. ¿De qué manera los metales totales en material particulado PM10 afecta en el bienestar social de la población de Juliaca?</p>	<p>3. Analizar los metales totales en material particulado PM10 como influye en la percepción del bienestar social de la población de Juliaca</p>	<p>3. Los metales totales en material particulado PM10 influye negativamente en percepción de bienestar social de la población de Juliaca</p>			<p>c) Percepción de bienestar social</p>	<p>a) % de percepción de pérdidas económicas.</p>	

Anexo 2 Informe analisis de laboratorio ALAB.



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15298

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL	: ECOLOGIA Y MANTENIMIENTO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
2.-DIRECCIÓN	: AV. MARAÑÓN NRO. 123 (A MEDIA CDRA DE LA BACKUS) PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
3.-PROYECTO	: EVALUACION DE METALES TOTALES Y EFECTOS DE LA POBLACION EN LA CIUDAD DE JULIACA
4.-PROCEDENCIA	: JULIACA
5.-SOLICITANTE	: ECOLOGIA Y MANTENIMIENTO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000005689-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CUENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-12-03

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Aire(Sólo Análisis)
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 2
3.-FECHA DE RÉCEP. DE MUESTRA	: 2021-11-22
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-11-22 al 2021-12-03

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15298

III. METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales - Filtros HV icp-oes ^(*)	EPA Compendium Method IO-3.4 1999	Determination of Metals in Ambient Particulate Matter using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy

^(*) EPA: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

^(*) Ensayo acreditado por el IAS

^(*) El Ensayo Indicado no ha sido acreditado



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15298

IV. RESULTADOS

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-57672	M-21-57673
CÓDIGO DEL CLIENTE:				P-1	P-2
COORDENADAS:				E:3797532.42	E:3784138.48
UTM WGS 84:				N:8287564.83	N:828456.13
PRODUCTO:				AIRE(SOLO ANALISIS)	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				18-11-2021 09:00	19-11-2021 09:00
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				18-11-2021 18:00	19-11-2021 18:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Metales Totales - Filtros HV icp-oes					
Aluminio ¹	µg/muestra	22,00	72,50	2 074,30	1 302,53
Antimonio ²	µg/muestra	8,90	29,50	<29,50	<29,50
Arsénico ²	µg/muestra	8,90	29,50	<29,50	<29,50
Bario ²	µg/muestra	1,10	3,80	1 309,92	1 499,76
Berilio ¹	µg/muestra	0,65	2,15	<2,15	<2,15
Boro ¹	µg/muestra	10,70	35,40	3 078,38	2 316,50
Cadmio ²	µg/muestra	1,80	5,90	<5,90	<5,90
Calcio ¹	µg/muestra	36,90	121,00	5 506,63	2 951,64
Cenicienta ¹	µg/muestra	17,20	56,90	<56,90	<56,90
Cobalto ²	µg/muestra	5,40	17,70	<17,70	<17,70
Cobre ²	µg/muestra	3,60	11,80	13,07	12,24
Cromo ²	µg/muestra	4,20	14,00	<14,00	<14,00
Estaño ¹	µg/muestra	15,00	49,40	<49,40	<49,40
Estroncio ¹	µg/muestra	0,33	1,07	77,79	56,50
Fósforo ²	µg/muestra	37,30	123,00	154,46	<123,00
Hierro ¹	µg/muestra	12,20	40,30	2 000,03	859,38
Litio ¹	µg/muestra	1,10	3,80	<3,80	<3,80
Magnesio ²	µg/muestra	8,60	28,50	682,35	407,47

¹ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

** No ensayado

NA: No Aplica



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15298

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-57872	M-21-57873
CÓDIGO DEL CLIENTE:				P-1	P-2
COORDENADAS:				E:3797532.42	E:3784138.48
UTM WGS 84:				N:8287564.63	N:828456.13
PRODUCTO:				AIRE(SOLO ANALISIS)	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				18-11-2021 09:00	19-11-2021 09:00
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				18-11-2021 18:00	19-11-2021 18:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Manganeso ²	µg/muestra	1,50	4,80	71,83	33,27
Mercurio ²	µg/muestra	19,70	65,00	<65,00	<65,00
Molibdeno ²	µg/muestra	3,10	10,20	<10,20	<10,20
Níquel ²	µg/muestra	9,00	16,60	<16,60	<16,60
Plomo ²	µg/muestra	11,40	37,80	<37,80	<37,80
Potasio ²	µg/muestra	73,40	242,20	3 783,76	2 787,28
Selenio ²	µg/muestra	55,80	184,20	<184,20	<184,20
Talio ²	µg/muestra	54,30	179,30	<179,30	<179,30
Tiario ²	µg/muestra	1,10	3,80	21,45	<3,80
Vanadio ²	µg/muestra	2,40	8,10	<8,10	<8,10
Zinc ²	µg/muestra	43,00	141,80	<141,80	<141,80

El Ensayo indicado no ha sido acreditado.

Ensayo acreditado por el IAS.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

..: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió, saliendo no acreditado ya que no cumplen con las condiciones mínimas de muestreo con respecto al tiempo de recolección de las muestra.

"FIN DE DOCUMENTO"



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15302

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-57680	M-21-57681
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P-3	P-4
COORDENADAS:	E:378495.165	E:378497.864
UTM WGS 84:	N:8267518.06	N:8267517.86
PRODUCTO:	AIRE(SOLO ANALISIS)	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA	
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	20-11-2021 09:00	22-11-2021 09:00
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	20-11-2021 18:50	22-11-2021 18:50

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Metales Totales - Filtros HV					
Icp-oes					
Aluminio ¹	µg/muestra	22,00	72,50	976,77	1 750,07
Antimonio ²	µg/muestra	0,90	29,50	<29,50	<29,50
Arsénico ²	µg/muestra	0,90	29,50	<29,50	<29,50
Bario ²	µg/muestra	1,10	3,60	2 581,06	679,32
Berilio ²	µg/muestra	0,05	2,15	<2,15	<2,15
Boro ²	µg/muestra	10,70	35,40	1 725,03	2 414,39
Cadmio ²	µg/muestra	1,80	5,90	<5,90	<5,90
Calcio ²	µg/muestra	36,90	121,90	2 483,55	7 471,24
Cerio ²	µg/muestra	17,20	56,90	<56,90	<56,90
Cobalto ²	µg/muestra	5,40	17,70	<17,70	<17,70
Cobre ²	µg/muestra	3,60	11,80	<11,80	30,71
Cromo ²	µg/muestra	4,20	14,00	<14,00	<14,00
Estaño ²	µg/muestra	15,00	49,40	<49,40	<49,40
Estroncio ²	µg/muestra	0,33	1,07	41,96	19,87
Fósforo ²	µg/muestra	37,30	123,00	<123,00	<123,00
Hierro ²	µg/muestra	12,20	40,30	809,12	471,33
Litio ²	µg/muestra	1,10	3,60	<3,60	<3,60
Magnesio ²	µg/muestra	0,60	28,50	219,76	2 432,54

¹ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15302

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-57680	M-21-57681
CÓDIGO DEL CLIENTE:				P-3	P-4
COORDENADAS:				E:378485.165	E:378487.864
UTM WGS 84:				N:8287518.06	N:8287517.88
PRODUCTO:				AIRE(SOLO ANALISIS)	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				20-11-2021 09:00	22-11-2021 09:00
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				20-11-2021 18:00	22-11-2021 18:50
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Manganeso ²	µg/muestra	1,50	4,80	47,32	21,49
Mercurio ²	µg/muestra	19,70	65,00	<65,00	<65,00
Molibdeno ²	µg/muestra	3,10	10,20	<10,20	<10,20
Níquel ²	µg/muestra	5,00	16,60	<16,60	<16,60
Plomo ²	µg/muestra	11,40	37,60	<37,60	<37,60
Potasio ²	µg/muestra	73,40	242,20	2 278,87	1 417,01
Selenio ²	µg/muestra	55,80	184,20	<184,20	<184,20
Silicio ²	µg/muestra	131,80	435,00	-	-
Talio ²	µg/muestra	54,30	179,30	<179,30	<179,30
Titanio ²	µg/muestra	1,10	3,80	4,00	<3,80
Vanadio ²	µg/muestra	2,40	8,10	<8,10	<8,10
Zinc ²	µg/muestra	43,00	141,80	1 827,52	386,54

¹ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

¹/: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15421

IV. RESULTADOS

ITEM		1		
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-21-56288		
CÓDIGO DEL CLIENTE:		P-5		
COORDENADAS:		E:3796'9.062		
UTM WGS 84:		N:8283957.667		
PRODUCTO:		AIRE(SOLO ANALISIS)		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA		
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):		23-11-2021 10:00		
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):		23-11-2021 19:00		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales - Filtros HV icp-oes				
Aluminio ²	µg/muestra	22,00	72,50	3 324,76
Antimonio ²	µg/muestra	0,90	29,50	<29,50
Arsenico ²	µg/muestra	0,90	29,50	<29,50
Bario ²	µg/muestra	1,10	3,60	478,57
Berilio ²	µg/muestra	0,65	2,15	<2,15
Boro ²	µg/muestra	10,70	35,40	2 158,52
Cadmio ²	µg/muestra	1,80	5,90	<5,90
Calcio ²	µg/muestra	36,90	121,90	12 570,50
Cerio ²	µg/muestra	17,20	56,90	<56,90
Cobalto ²	µg/muestra	5,40	17,70	<17,70
Cobre ²	µg/muestra	3,60	11,80	27,45
Cromo ²	µg/muestra	4,20	14,00	<14,00
Estaño ²	µg/muestra	15,00	49,40	<49,40
Estroncio ²	µg/muestra	0,33	1,07	30,40
Fosforo ²	µg/muestra	37,30	123,00	316,94
Hierro ²	µg/muestra	12,20	40,30	3 398,69
Litio ²	µg/muestra	1,10	3,60	<3,60
Magnesio ²	µg/muestra	8,60	28,50	3 219,77

El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "²<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "²<"= Menor que el L.D.M.

²": No ensayado
NA: No Aplica



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15421

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-58288
CÓDIGO DEL CLIENTE:				P-5
COORDENADAS:				E:379619,062
UTM WGS 84:				N:8283957,667
PRODUCTO:				AIRE(SOLO ANALISIS)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				23-11-2021 10:00
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				23-11-2021 19:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M	L.C.M	RESULTADOS
Manganeso ¹	µg/muestra	1,50	4,80	404,41
Mercurio ¹	µg/muestra	19,70	65,00	<65,00
Molibdeno ¹	µg/muestra	3,10	10,20	<10,20
Níquel ¹	µg/muestra	5,00	16,60	<16,60
Plomo ¹	µg/muestra	11,40	37,60	<37,60
Potasio ¹	µg/muestra	73,40	242,20	1.864,42
Selenio ¹	µg/muestra	55,90	184,20	<184,20
Silice ¹	µg/muestra	131,80	435,00	-
Yodo ¹	µg/muestra	54,30	179,30	<179,30
Titanio ¹	µg/muestra	1,10	3,60	64,62
Vanadio ¹	µg/muestra	2,40	8,10	<8,10
Zinc ¹	µg/muestra	43,00	141,90	396,27

¹ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15794

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-09913	M-21-09914	M-21-09910			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P-6	P-7	P-8			
COORDENADAS:	E:378510.7	E:378024.88	E:379414.248			
UTM WGS 84:	N:8286858.045	N:8288105.27	N:8287763.966			
PRODUCTO:	AIRE (SALO ANALISIS)					
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	27-11-2021 07:15	28-11-2021 08:30	29-11-2021 08:40			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	27-11-2021 17:30	28-11-2021 17:15	29-11-2021 18:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Metales Totales - Filtros HV icp-oes						
Metales Totales - Filtros HV icp-oes						
Aluminio ²	µg/muestra	22.00	72.50	1 236.09	2 915.84	2 594.25
Antimonio ²	µg/muestra	8.90	29.50	<29.50	<29.50	<29.50
Arsénico ²	µg/muestra	8.90	29.50	<29.50	<29.50	<29.50
Bario ²	µg/muestra	1.10	3.80	3 953.61	805.43	612.59
Berilio ²	µg/muestra	0.65	2.15	<2.15	<2.15	<2.15
Boro ²	µg/muestra	10.70	35.40	2 444.22	2 709.05	2 472.28
Cadmio ²	µg/muestra	1.80	5.90	<5.90	<5.90	<5.90
Calcio ²	µg/muestra	36.90	121.90	2 913.57	12 441.95	13 005.57
Cerio ²	µg/muestra	17.20	56.90	<56.90	<56.90	<56.90
Cobalto ²	µg/muestra	5.40	17.70	<17.70	<17.70	<17.70
Cobre ²	µg/muestra	3.60	11.80	26.98	24.32	22.00
Cromo ²	µg/muestra	4.20	14.00	<14.00	<14.00	<14.00
Estaño ²	µg/muestra	15.00	49.40	<49.40	<49.40	<49.40
Estroncio ²	µg/muestra	0.33	1.07	60.52	40.39	29.45
Fosforo ²	µg/muestra	37.30	123.00	<123.00	205.63	180.61
Hierro ²	µg/muestra	12.20	40.30	692.06	2 209.79	2 135.81
Litio ²	µg/muestra	1.10	3.80	<3.80	<3.80	<3.80

El Ensayo Indicado no ha sido acreditado

Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15794

ITEM				1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-59913	M-21-59914	M-21-59915
CÓDIGO DEL CLIENTE:				P-6	P-7	P-8
COORDENADAS:				E:378510.7	E:378024.88	E:379414.248
UTM WGS 84:				N:828658.045	N:8288106.27	N:8287783.998
PRODUCTO:				AIRE (SOLO ANALISIS)		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA		
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				27-11-2021 07:15	28-11-2021 08:30	29-11-2021 09:40
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				27-11-2021 17:00	28-11-2021 17:15	29-11-2021 18:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Magnesio ¹	µg/muestra	6,00	20,50	263,77	3 311,42	2 972,01
Manganeso ²	µg/muestra	1,50	4,80	35,41	125,44	117,52
Mercurio ²	µg/muestra	19,70	65,00	<65,00	<65,00	<65,00
Moibdeno ²	µg/muestra	3,10	10,20	<10,20	<10,20	<10,20
Niquel ²	µg/muestra	5,00	16,60	<16,60	<16,60	<16,60
Plomo ²	µg/muestra	11,40	37,60	<37,60	<37,60	<37,60
Potasio ²	µg/muestra	73,40	242,20	2 759,88	2 143,57	1 790,85
Selenio ²	µg/muestra	55,80	184,20	<184,20	<184,20	<184,20
Silice ³	µg/muestra	131,80	435,00	-	-	-
Talio ²	µg/muestra	54,90	179,30	<179,30	<179,30	<179,30
Titanio ²	µg/muestra	1,10	3,80	<3,80	37,53	33,59
Vanadio ²	µg/muestra	2,40	8,10	<8,10	<8,10	<8,10
Zinc ²	µg/muestra	43,00	141,80	2 524,01	496,03	434,03

¹ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15988

IV. RESULTADOS

ITEM	1		2		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-60622		M-21-60623		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P-9		P-10		
COORDENADAS:	E.378845.048		E.379075.502		
UTM WGS 84:	N.8286167.981		N.8286163.099		
PRODUCTO:	AIRE(SOLO ANALISIS)				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA				
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	30-11-2021 08:00		01-12-2021 08:10		
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	27-11-2021 18:00		01-12-2021 18:10		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Metales Totales - Filtros HV isp-oes					
Aluminio ¹	µg/muestra	22,00	72,50	2 719,33	3 254,21
Antimonio ²	µg/muestra	8,90	29,50	<29,50	<29,50
Arsenico ²	µg/muestra	8,90	29,50	<29,50	<29,50
Bario ²	µg/muestra	1,10	3,80	899,42	936,53
Berilio ³	µg/muestra	0,65	2,15	<2,15	<2,15
Boro ²	µg/muestra	10,70	35,40	3 523,61	3 903,22
Cadmio ²	µg/muestra	1,80	5,90	<5,90	<5,90
Calcio ²	µg/muestra	36,90	121,90	11 607,30	14 026,36
Ceño ²	µg/muestra	17,20	56,90	<56,90	<56,90
Cobalto ²	µg/muestra	5,40	17,70	<17,70	<17,70
Cobre ¹	µg/muestra	3,60	11,80	26,58	20,16
Cromo ¹	µg/muestra	4,20	14,00	<14,00	<14,00
Estano ¹	µg/muestra	15,00	49,40	<49,40	<49,40
Estroncio ²	µg/muestra	0,33	1,07	27,80	36,11
Fosforo ²	µg/muestra	37,30	123,00	<123,00	149,66
Hierro ¹	µg/muestra	12,20	40,30	1 176,11	2 432,50
Litio ²	µg/muestra	1,10	3,80	<3,80	<3,80
Magnesio ²	µg/muestra	8,60	28,50	3 595,34	3 948,80

¹ Ensayo acreditado por el IAS.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado.

NA: No Aplica.



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15988

ITEM	1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-60622	M-21-60623
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P-9	P-10
COORDENADAS:	E:376845.048	E:379075.502
UTM WGS 84:	N:8286167.981	N:8286193.099
PRODUCTO:	AIRE(SILO ANALISIS)	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA	
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	30-11-2021 08:00	01-12-2021 08:10
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	27-11-2021 18:00	01-12-2021 18:10

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Manganeso ²	µg/muestra	1,50	4,80	62,87	108,30
Mercurio ²	µg/muestra	19,70	65,00	<65,00	<65,00
Molibdeno ²	µg/muestra	3,10	10,20	<10,20	<10,20
Níquel ²	µg/muestra	5,00	16,60	<16,60	<16,60
Plomo ²	µg/muestra	11,40	37,60	<37,60	<37,60
Potasio ²	µg/muestra	73,40	242,20	1 946,68	2 238,24
Selenio ²	µg/muestra	55,80	184,20	<184,20	<184,20
Talio ²	µg/muestra	54,30	179,30	<179,30	<179,30
Titanio ²	µg/muestra	1,10	3,80	27,70	48,52
Vanadio ²	µg/muestra	2,40	8,10	<8,10	<8,10
Zinc ²	µg/muestra	43,00	141,80	628,21	676,01

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió, saliendo no acreditado ya que no cumplen con las condiciones mínimas de muestreo con respecto al tiempo de recolección de la muestra

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 3. Instrumento de hoja de encuesta

(Villa et al., 2013) y (Betetta, 2019)

1.- ¿Siente que la contaminación atmosférica (polvos, PM) afecta a la económica o al negocio?

a) No

b) Si

2.- ¿Usted es fumador activo?

a) Si

b) No

3.- ¿Usted ha fumado en algún momento de su vida?

a) Si

b) No

4.- ¿En los últimos cinco años, usted o algún residente de su casa ha padecido alguna de estas enfermedades?

a) Asma

b) Neumonía

c) IRA (enfermedad respiratoria agua)

d) Cáncer de Pulmón

e) enfermedades cardiacas

f) Ninguno

5.- Ha sentido molestias respiratorias por la contaminación ambiental debido a la presencia de polvo en el aire del medio ambiente durante los últimos 03 meses?

a) Leve



b) Moderado

c) Alto

6.- ¿En el último año usted ha sufrido de algún problema de salud con un diagnóstico médico que lo relacione a la contaminación del aire?

a) si

b) No

7.- ¿Siente que el aire que respira es?

a) Limpio

b) Medianamente contaminado

c) Muy contaminado

8.- ¿Cuál es la fuente más importante de contaminación atmosférica que usted VE a diario?

a) Transporte pesado y liviano

b) sector industrial (chimeneas) y comercio

c) Polución por viento

d) Ninguno

9.- ¿Usted ha sufrido alguna de las siguientes molestias por contaminación atmosférica en el último año?

a) Olores ofensivos

b) Ruido excesivo

c) PM por transporte automotor

d) PM por vías y canchas sin pavimentar;

e) chimeneas e industrias



f) polvo de ceniza y quema de basura

e) ninguna

10.- ¿El material particulado como polvos o humos o como le afecta desde el punto de vista de bienestar de la salud?

a) Bienestar físico

b) Bienestar mental

c) Bienestar social

d) Ninguna

11.- ¿Años de residencia en esta ciudad?

a) Menos de 1 año

b) De 1 a 25 años

c) Mas de 25 años

12.- ¿Edad?

a) Menos de 20 años

b) Entre 21 y 40 años

c) Mayor de 40 años

Muy agradecido por su tiempo prestado.

Anexo 4 Protocolo de operación de equipo Hi-Vol

Operación de Hi-Vol

- Un equipo hi-vol capta una cantidad medible de aire hacia una caja de muestreo, a través de un filtro por 24 h.
- El filtro es pesado antes y después para determinar en peso neto acumulado
- El volumen total de aire muestreado se determina a partir de la velocidad promedio de flujo y el tiempo de muestreo. La concentración total de partículas en el aire ambiente se calcula como la masa recolectada dividida por el volumen de aire muestreado, ajustado a las condiciones de referencia. Existen dos muestreadores de este tipo que se diferencian en su controlador de flujo, pueden ser de sistema MFC (controlador de flujo de tipo másico) o VFC (controlador de flujo de tipo volumétrico).

Desarrollo de muestreo:

- Registrar datos iniciales del muestreo entre los que se encuentran fechas de instalación, monitoreo y retiro de filtros; nombre de la estación; tipo de equipo; número de filtro; marcador del Horómetro inicial y hora de instalación
- Eliminar cualquier partícula o suciedad adherida al equipo, utilizando una brocha y bayeta.
- Antes de la instalación, verificar que el suministro de voltaje (220 V) corresponda a la del equipo, por medio de un medidor de voltaje o si el regulador marca normal en su indicador voltaje.
- Verificar que el equipo se encuentre sobre una plataforma elevada garantizando que la entrada de aire del equipo quede a una altura entre 2 y 15 metros.

Procedimiento de instalación del filtro nuevo en el cartucho porta filtros

- Colóquese unos guantes que se encuentren limpios.

- Retire el filtro limpio de la bolsa Ziploc con mucho cuidado.
- Con las manos limpias y utilizando los guantes, deposite suavemente el filtro sobre la base del cartucho.
- Centre el filtro sin dejar aberturas visibles en el enmallado.
- Coloque suavemente el soporte del filtro haciendo coincidir los agujeros de éste con los pernos de la base porta filtros.
- Presione suavemente y centre el soporte.
- Asegure el filtro con las tuercas, tenga precaución al apretar, porque el filtro debe quedar lo suficientemente firme para evitar fugas, pero no demasiado apretado pues esto lo podría dañar.

Programación del equipo para muestreo de 24 horas

- Con el filtro limpio instalado y en cabezote cerrado, marque una carta de registro nueva al reverso con el nombre de la estación y la fecha del muestreo e instálela con mucho cuidado en el registrador de flujo. Mientras instala la carta, no doble el brazo del lapicero del registrador de flujo más allá de sus límites de extensión. Asegúrese que la carta esté centrada en la unidad perforada para permitir una rotación completa de 360° en 24 ± 1 hora. Finalmente baje el brazo del lapicero y asegúrese que éste se encuentra en cero (la pluma descansa sobre la parte más interna del círculo de la carta); si no está, ajústela hasta que llegue a cero
- Para la programación del muestreo es necesario haber tomado los registros previos del Horómetro inicial para determinar al final del muestreo el tiempo de operación real del equipo. La programación del Timer se hará de tal manera que el muestreo comience a las 00:00 horas y termine a las 24:00 horas.

Retirada de filtro con la muestra

- Verifique que el equipo trabajó el tiempo establecido en el método (24 ± 1 hora). Para esto verifique las diferencias entre el Horómetro final y el



Horómetro inicial; también puede observarse en la carta de registro entendiéndose que una vuelta completa a la carta se realiza en 24 horas de muestreo.

- Tome registro del Horómetro final, hora de retiro, temperatura, presión y lectura de la carta (tenga en cuenta que la carta está en escala logarítmica por lo cual si la gráfica está en el medio de dos valores pares se registrará el mayor valor; por ejemplo, si está entre 36 y 38 CFM se registra 38 CFM).
- Registre cualquier observación relevante de actividades que pudieron influir sobre el estado de la calidad del aire (quemados, construcciones, mantenimiento de vías, etc.)
- Utilizando guantes retire las contratueras de sujeción del soporte del filtro. Levante éste con cuidado en forma paralela a la base.
- Con los guantes levante con cuidado el filtro y si quedan partes adheridas a la base del porta filtros, retírelas y deposítelas en el filtro antes de doblarlo.
- Tome el filtro, dóblelo 2 veces con el fin de garantizar que no exista pérdida de material muestreado.
- Deposite el filtro dentro de la bolsa resellable (ziplock) correspondiente a su numeración.
- Guarde la bolsa con el filtro en la carpeta tipo acordeón definida para tal fin

Anexo 5. Panel fotográfico de puntos de monitoreo

Foto 1. En la foto se observa punto de monitoreo en la salida punto altura de primer puente peatonal.



Foto 2. En la foto se observa punto de monitoreo en el mercado Manco Capac



Foto 3. En la foto se observa punto de monitoreo en la Av. Marañon altura deposito Backus



Foto 4. En la foto se observa punto de monitoreo en el centro Comercial
N° 2



Foto 5. En la foto se observa punto de monitoreo en Av. Huancané
referencia a mercado Pedro Vilcapaza



Foto 5. En la foto se observa punto de monitoreo en frente al mercado
Cerro Colorado





DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Roger Vilca Nayra
identificado con DNI 42142138 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en Ciencias Ingeniería Química

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ EVALUACIÓN DE METALES TOTALES PRESENTES EN EL AIRE Y SUS EFECTOS
QUE OCASIONA EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE JULIACA ”

Es un tema original.

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

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

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

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 22 de enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Roger Vilca Nayra
identificado con DNI 42142138 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en Ciencias Ingeniería Química

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"EVALUACIÓN DE METALES TOTALES PRESENTES EN EL AIRE Y SUS EFECTOS

QUE OCASIONA EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE JULIACA

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 22 de enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella