

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



**Facultad de Ingeniería**

**Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos**

**CONCENTRACIÓN DEL PLOMO EN LA ATMÓSFERA DE LA CIUDAD DE  
CAJAMARCA ANTES DE LA INMOVILIZACIÓN POR SARS COV-2,  
CAJAMARCA 2021**

**Bach. Medina Melgarejo, Cesar Percy**

**Bach. Morocho Chuquimango, Vidal**

**Asesor:**

**Ing. Dr. Persi, Vera Zelada**

**Cajamarca – Perú**

**Febrero – 2022**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**CONCENTRACIÓN DEL PLOMO EN LA ATMÓSFERA DE LA CIUDAD DE  
CAJAMARCA ANTES DE LA INMOVILIZACIÓN POR SARS COV-2,  
CAJAMARCA 2021**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título  
Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

**Bach. Medina Melgarejo, Cesar Percy**

**Bach. Morocho Chuquimango, Vidal**

**Asesor:**

**Ing. Dr. Persi, Vera Zelada**

**Cajamarca – Perú**

**Febrero – 2022**



*UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO*

***FACULTAD DE INGENIERÍA***

***CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE  
RIESGOS***

**APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL**

**CONCENTRACIÓN DEL PLOMO EN LA ATMÓSFERA DE LA CIUDAD DE  
CAJAMARCA ANTES DE LA INMOVILIZACIÓN POR SARS COV-2, CAJAMARCA  
2021**

Presidente: \_\_\_\_\_

Secretario: \_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_

Asesor: \_\_\_\_\_

COPYRIGHT © 2022 by  
MEDINA MELGAREJO, CESAR PERCY  
MOROCHO CHUQUIMANGO, VIDAL  
Todos los derechos reservados

## **DEDICATORIA**

**A:**

Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

Mis padres Eladio Medina Pérez y Justina Melgarejo Rojas que siempre me apoyaron incondicionalmente para poder llegar a ser un profesional.

Mi novia por sus palabras y confianza, por su amor y brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, a mi abuelita, a mis hermanos y amigos y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

**Medina Melgarejo, Cesar Percy.**

**A:**

Mis Padres y a toda mi familia por su comprensión y apoyo incondicional, gracias a ellos logre mis metas.

Mi esposa. Quien me da las fuerzas para salir adelante.

**Morocho Chuquimango, Vidal**

## **AGRADECIMIENTOS**

- Agradecemos a Dios por habernos dado vida, salud, sabiduría y concedernos los mejores padres del mundo.
- Agradecemos a la Universidad UPAGU por habernos permitido ser parte de ella, así también a los diferentes docentes por inculcarnos sus conocimientos y así desarrollarnos profesionalmente.
- Agradecemos a nuestro asesor de tesis, Dr. Ing. Persi Vera Zelada por habernos encaminado en el desarrollo de paso a paso de la ejecución de nuestra investigación.
- Agradecemos a la municipalidad de Cajamarca, por brindarnos la base de datos de monitoreo del plomo para así poder ejecutar nuestra investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE	v
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
Abstract	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1. Planteamiento del problema	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema.	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivos generales.	2
1.3.2. Objetivos específicos.	3
1.4. Justificación e Importancia.	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2. Fundamentos teóricos de la investigación	5
2.1. Antecedentes teóricos.	5
2.1.1. Internacional.	5
2.1.2. Nacional.	9
2.1.3. Local.	11
2.2. Marco teórico.	13
2.2.1. La Atmósfera.	13
2.2.2. Contaminación atmosférica.	14
2.2.3. Tipos de contaminantes atmosféricos.	14
2.2.4. Sustancias que contaminan la atmósfera.	15
2.2.5. Estándares de calidad ambiental.	16
2.2.6. Plomo.	16
2.2.7. El plomo en la atmósfera.	17
2.2.8. El ciclo geoquímico del plomo en la atmósfera.	18
2.2.9. El plomo en el aire.	18
A. Plomo atmosférico natural.	18
B. Contaminación del aire por el plomo	18
	iii

C. Dispersión del plomo en el aire.	19
2.2.10. El viento.	19
2.2.11. Dirección y velocidad del viento.	20
2.2.12. Importancia del estudio de los vientos.	20
2.2.13. El SARS – COV 2.	21
2.2.14. Parque Automotor.	21
2.3. Marco conceptual.	23
2.4. Base legal	23
2.5. Hipótesis	24
2.6. Operacionalización de las variables	24
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACION.	25
3.1. Unidad de análisis, universo y muestra.	25
3.2. Unidad de análisis.	25
3.3. Métodos de investigación.	25
3.4. Técnicas de investigación.	25
3.5. Determinación del área.	26
3.6. Instrumentos	26
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Resultados	27
4.1.1. Concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca, durante los años 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018.	27
4.1.2. Comparación de la concentración de plomo determinados en la atmósfera de Cajamarca, con los estándares de calidad ambiental del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.	38
4.1.3. Evaluar la concentración de plomo por estaciones del año en la estación La Colmena de Cajamarca	39
4.1.4. Determinar el nivel de concentración de plomo presente en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2, Cajamarca 2021.	42
4.1.5. Comparación de las medias de la concentración de plomo en el aire con las medias registradas para los años del 2012 al 2018.	48
4.2. Discusiones	49
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones	52
5.2. Recomendaciones	54
6. REFERENCIAS	55

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de Variables	24
<b>Tabla 2</b> Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2012	28
<b>Tabla 3</b> Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, año 2013	29
<b>Tabla 4</b> Concentraciones de plomo atmosférico en la ciudad de Cajamarca, año 2014	30
<b>Tabla 5</b> Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2015	31
<b>Tabla 6</b> Concentraciones de plomo atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, año 2016	32
<b>Tabla 7</b> Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2017	33
<b>Tabla 8</b> Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2018	34
<b>Tabla 9</b> Diferencias entre las Medias de Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2018	35
<b>Tabla 10</b> Prueba Tukey de las Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2018	36
<b>Tabla 11</b> Promedio de Concentraciones de Plomo Atmosférico por Estaciones del Año (periodo 2012-2018) en la Estación la Colmena de Cajamarca	38
<b>Tabla 12</b> Diferencias entre las Medias de Concentraciones de Plomo Atmosférico por Estaciones del Año (periodo 2012-2018) en la Estación la Colmena de Cajamarca	39
<b>Tabla 13</b> Prueba de Tukey para las Concentraciones de Plomo Atmosférico por Estaciones del Año (periodo 2012-2018) en la Estación la Colmena de Cajamarca	40
<b>Tabla 14</b> Nivel de Concentración de Plomo en la Atmósfera de la Ciudad de Cajamarca Antes de la Inmovilización por SARS COV-2	41
<b>Tabla 15</b> Diferencias entre las Medias de Concentración de Plomo en la Atmósfera de la Ciudad de Cajamarca antes de la Inmovilización por SARS COV-2	43

<b>Tabla 16</b> Prueba de Tukey para las Concentración de Plomo en la Atmósfera de la Ciudad de Cajamarca antes de la Inmovilización por SARS COV-2	44
<b>Tabla 17</b> Estadísticas de Muestra Única	47
<b>Tabla 18</b> Prueba de Muestra Única	48

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Conformación de la atmósfera. Fuente. “Capas de conformacion de la atmósfera”	14
<b>Figura 2.</b> Tipos de contaminantes	15
<b>Figura 3.</b> Plomo	17
<b>Figura 4.</b> Indicador: Vehículos por cada mil habitantes – Cajamarca	22
<b>Figura 5.</b> Punto de muestreo de la estación la colmena de Cajamarca.	26
<b>Figura 6.</b> Comparación de la concentración de plomo en la atmósfera de Cajamarca, con los estándares de calidad ambiental del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.	38
<b>Figura 7.</b> Promedio de concentraciones de plomo atmosférico por estaciones del año (periodo 2012-2018) en la estación la colmena de Cajamarca	40
<b>Figura 8.</b> Nivel de concentración de plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2	43

## **RESUMEN**

La presente investigación titulada “Concentración del plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2, Cajamarca 2021”, tuvo como objetivo determinar el nivel de concentración de plomo presente en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2, Cajamarca 2021. Se empleó el método no experimental, siendo la muestra el Informe de la concentración mensual del plomo de diferentes años de la ciudad de Cajamarca. A partir de lo cual se llevó a cabo el análisis de los datos que permitió concluir lo siguiente:

El nivel de concentración de plomo presente en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2 se situó en promedio  $0.0070725 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor que representa el promedio anual del periodo 2012 al 2018 debido en el que no existían medidas de seguridad ante la inexistencia de la pandemia por SARS COV-2. Asimismo, los valores de concentración de plomo en la atmósfera durante el periodo analizado se encontraron por debajo del valor recomendado del ECA.

**Palabras claves:** Concentración, plomo, atmósfera, SARS COV-2.

## **ABSTRACT**

The present investigation entitled "Concentration of lead in the atmosphere of the city of Cajamarca before immobilization by SARS COV-2, Cajamarca 2021", aimed to determine the level of concentration of lead present in the atmosphere of the city of Cajamarca before of immobilization by SARS COV-2, Cajamarca 2021. The non-experimental method was used, the sample being the Report of the monthly concentration of lead from different years in the city of Cajamarca. From which the analysis of the data was carried out, which allowed the following to be concluded:

The concentration level of lead present in the atmosphere of the city of Cajamarca before immobilization by SARS COV-2 was on average  $0.0070725 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a value that represents the annual average for the period 2012 to 2018 due to the fact that there were no security measures in the absence of the SARS COV-2 pandemic. Likewise, the values of lead concentration in the atmosphere during the analyzed period were below the recommended value of the ECA.

**Key words: Concentration, lead, atmosphere, SARS COV-2.**

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1. Realidad problemática**

La contaminación atmosférica es un problema en el cual tiene mucha influencia en las variables meteorológicas, y cómo estas se relacionan con la dispersión de los contaminantes que se emiten a la atmósfera.

La ciudad de Cajamarca no ha estado exenta de esta compleja realidad, sino al contrario, desde ya algunos años atrás se ha venido incrementando el desarrollo industrial, parque automotriz o el uso de combustibles fósiles y la leña para calefacción, ha aumentado de forma desmesurada, donde tanto el monóxido de carbono, dióxido de carbono y material particulado, han crecido causando serios problemas en la salud de la población así como el deterioro del medio ambiente, siendo el plomo el contaminante metálico más estudiado, las investigaciones demuestran los serios problemas que puede causar su excesiva exposición.

El ingreso del plomo al organismo, circula por la sangre depositándose inicialmente en tejidos blandos, en los huesos (94%) y en otros tejidos (6%), incluido el cerebro, así como también en los glóbulos rojos. Los efectos en salud del plomo inhalado dependen al tamaño de las partículas, partículas pequeñas inhaladas (menor a 2.5 micrómetros) se deposita en la parte más profunda del sistema respiratorio, alvéolos, desde donde el plomo difunde casi en un 100% al torrente sanguíneo. Las partículas en un rango de tamaño de 2.5 a 10 micrómetros ( $\mu\text{g}$ ) se depositan preferentemente en la región traqueobronquial y nasofaríngea. En áreas urbanas, la mayoría de las partículas de plomo tienen un tamaño que varía entre 0.25 a 1.4  $\mu\text{g}$ , pero en áreas cercanas a

determinados tipos específicos de fuentes, tales como acopios de minerales que contienen plomo, podrían presentarse partículas de plomo con un tamaño incluso superior a 10 µg (Troposfera, 2005, p.1)

Teniendo en cuenta cómo se desarrollan los contaminantes atmosféricos en la Ciudad de Cajamarca, no estamos fuera de éste problema tan serio, motivo por el cual es nuestro interés coordinar con la Municipalidad Provincial de Cajamarca y solicitar los datos necesarios; la cual nos brindara la información del monitoreo de concentración de Plomo de los últimos ocho años, con la finalidad de realizar el presente trabajo de investigación “Determinar la concentración de plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2, Cajamarca 2021”, que servirá para el monitoreo ambiental de la calidad del aire en la ciudad.

## **1.2. Formulación del problema.**

¿Cuál es la concentración de plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2, Cajamarca 2021?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivos generales.**

Determinar el nivel de concentración de plomo presente en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2, Cajamarca 2021.

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Registrar la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca, antes de la inmovilización por SARS COV-2.
- Comparar la concentración de plomo determinados en la atmósfera de Cajamarca, con los estándares de calidad ambiental del Decreto Supremo N° 003-2017 MINAM.
- Evaluar la concentración de plomo por estaciones del año en la estación La Colmena de Cajamarca.

### **1.4. Justificación e Importancia.**

El aire es conjunto de gases que forman la atmósfera, es indispensable para el desarrollo de la vida en nuestro planeta. No es un recurso ilimitado, sino un bien limitado que debemos utilizar evitando alteraciones en su calidad que pongan en peligro el equilibrio biológico de la biosfera, la atmósfera es esencial para la vida, por lo que sus alteraciones tienen una gran repercusión en el ser humano y otros seres vivos. Una atmósfera contaminada puede dañar la salud de las personas, causando enfermedades respiratorias (bronquitis, laringitis, asma, etc.) y trastornos neurológicos (mareos, dolor de cabeza y otros), manifestaciones cancerígenas e incluso alteraciones genéticas. Las causas más habituales de contaminación del aire, son por transporte automotriz, actividades industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias (Contaminación Atmosférica, p. 234 ).

La contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud en las Américas. La Organización Mundial de la Salud estimó que una de cada nueve muertes en todo el mundo es el resultado de condiciones relacionadas con la contaminación atmosférica. Los contaminantes atmosféricos más relevantes para la salud son material particulado (PM) con un diámetro de 10 micras o menos, que pueden penetrar profundamente en los pulmones e inducir la reacción de la superficie y las células de defensa. La mayoría de estos contaminantes son el producto de la quema de combustibles fósiles, pero su composición puede variar según sus fuentes. Las directrices de la OMS sobre la calidad del aire recomiendan una exposición máxima de  $20 \text{ g/m}^3$  para las PM10 y una exposición máxima de  $10 \text{ g/m}^3$  para las PM2.5, basado en las evidencias de los efectos sobre la salud de la exposición a la contaminación del aire ambiente. (OPS-OMS, 2017).

El tema se justifica por sí mismo, debido a la relevancia e importancia para la población, el presente trabajo pretende determinar la concentración de plomo antes de la inmovilización social por SARS COV -2, en la ciudad de Cajamarca en los años 2012 al 2018, Esperando que los resultados de este trabajo de investigación, sean de mayor utilidad para las organizaciones e instituciones, donde se puedan elaborar programas y/o planes para así tener un mejor pronóstico sobre la concentración de plomo para mejorar la calidad del aire de la ciudad de Cajamarca.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2. Fundamentos teóricos de la investigación

#### 2.1. Antecedentes teóricos.

##### 2.1.1. Internacionales.

Carolina & Mejía (2014) Colombia, En su tesis, “Determinación de las Concentraciones de Plomo Presentes en el Material Particulado (TSP, PM10), y Correlación con los Casos de Enfermedades Respiratorias en Grupos Etarios Sensibles de la Localidad de los Mártires”, Para realizar este estudio se obtuvo información registrada por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y el Mapa de Industria y Ambiente (MIA) y la Secretaría Distrital de Salud (SDS), registrando 238 industrias existentes en la localidad y 26 nuevas, se adquirió información de móviles de la Secretaría Distrital de Movilidad que permitió identificar la afluencia de vehículos que circulan en la localidad. Posteriormente se llevó a cabo el muestreo de PST, donde se obtuvo como resultado de concentraciones de plomo, que la mayor fue de  $0.088 \text{ ug/m}^3$ , la cual no sobrepasa el nivel limite permisible nacional de  $0.42 \text{ ug/m}^3$ .

Marlene, L., & Hernández, A. (2003) En su investigación “Tendencia de los niveles de plomo en la atmósfera de la zona metropolitana de la Ciudad de México. 1988-1998”. Para realizar este Estudio se obtuvieron mediciones atmosféricas de plomo, entre 1988 y 1998, de 9 estaciones de la red manual de la Ciudad de México. Las mediciones evaluadas fueron la introducción de gasolina Magnasin, desde el uso de convertidores catalíticos y el descenso en la concentración de plomo hasta su eliminación total de la gasolina utilizada

por los parques automotores. obteniendo un resultado que la introducción de gasolina sin plomo y los convertidores catalíticos se agrupan con un descenso en la concentración de plomo atmosférico en 23%, la disminución paulatina del plomo en la gasolina causó una reducción acumulada de 89% en toda la zona estudiada. concluyendo que la incorporación de la gasolina sin plomo ha logrado bajar las concentraciones ambientales de este contaminante de una manera importante (SDS).

Lisseth, P. & Portillo, C. (2011) El Salvador, En su investigación “Determinación de la contaminación de plomo en la atmósfera del cantón sitio del niño, Municipio de San Juan Opico, Departamento de la Libertad utilizando un biosensor vegetal *Tillandsia juncea* (GALLITO)” Para determinar la contaminación del plomo se utilizó el método de la AOAC 5.003 modificado para material vegetal y se cuantificó por espectrofotometría de absorción atómica. De acuerdo a la Norma Salvadoreña Oficial N o 13.11.01:01 Calidad del aire ambiental emisiones atmosféricas, no debe exceder a los  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Obteniendo valores de  $5.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la fuente emisora (punto No 1);  $3.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a cien metros sur (punto N o 2);  $2.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a quinientos metros sur (punto No 3);  $1.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a un kilómetro sur (punto No 4);  $2.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a un kilómetro norte (punto No 5) y a cinco kilómetros norte (punto No 6)  $1.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los resultados se comprobaron por el método estadístico análisis de varianza (ANOVA), determinando así que el biosensor vegetal *Tillandsia juncea* sí absorbió el plomo proveniente del aire, lo que demuestra que esta es una planta epífita sensible a la captación de contaminantes como metales pesados presentes en el aire.

Acosta, C. & Alfonso, F. (2021) Ecuador, En su tesis ““Evaluar la concentración de plomo en sedimento en el sector norte del estero salado de Guayaquil, entre enero - febrero del 2021” para la toma de muestras de sedimento, se utilizó la draga Van Veen que se almacenó en fundas de polietileno con cierre hermético, se usó un cooler para la refrigeración de la muestra. Las muestras fueron secadas a 32°C durante 4 días en estufa, luego se procedió a triturar, tamizar y pesar la muestra para su previo análisis, obteniendo un resultado de concentración de plomo en el puente Zig-Zag en febrero del 2021 fue de 49,03 mg/kg y en el puente Ecológico de 54,86 mg/kg, ambos valores sobrepasan los límites permisibles de la Normativa Nacional (19 mg/kg) al igual que la Normativa Internacional (35 mg/kg).

Mendez Tamez (2018) Mexico, En su tesis, “Análisis y caracterización de dos especies nativas del área metropolitana de Monterrey para su uso como bioindicadores de sitios contaminados por plomo” Para realizar el estudio utilizaron dos especie, **Hellianthus annuus (girasol)** y **Caesalpinia mexicana (hierba del potro)**, Las plantas fueron tratadas con una solución de  $Pb(NO_3)_2$  a diferentes concentraciones de 0, 10, 100 y 400 ppm durante 15 y 30 días.

Por otra parte, se analizó la cantidad de compuesto que se acumuló dentro de las especies, separando el tallo y raíz para determinar en qué parte se acumula la mayor concentración del metal mediante absorción atómica resultando que en la parte inferior es donde existe la mayor cantidad acumulada

del contaminante. Durante el tiempo de exposición al contaminante, se llevó un control sobre los cambios físicos que fueran sufriendo cada individuo, como coloración, pudrición, y tomando nota del mismo. Al momento de terminar el experimento se tomó el peso húmedo de los individuos, para pasarlos a la estufa a 105° C constantes, durante 24 horas para el secado y obtención de la materia seca. Para la parte de absorción atómica se realizó una digestión de las muestras utilizando 10 ml de Ácido Nítrico en vasos de precipitados y aplicando calor para acelerar el proceso. Para la parte bioquímica se realizó un ensayo de indofenol (método de Berthelot) para determinar la actividad específica de la ureasa en las plantas. Utilizando muestras de extracto del tejido vegetal (3g aproximadamente) extrayéndolo mediante un mortero, agregando etanol para después pasar a incubar en la estufa a 37°C durante 30 min, para después pasar a la medición de la actividad.

Como resultado se vieron reflejados en las diferentes concentraciones de la solución a la que estuvieron expuestos, viéndose más claramente en la **Caesalpinia mexicana**, los cambios morfológicos que sufrieron los individuos a medida que fueron aumentando las concentraciones, en comparación a las plantas de control las que contenían solución se vieron afectadas en el crecimiento de las hojas y tallo. El **Hellianthus annuus** sufrió alteraciones en su crecimiento en las concentraciones más bajas, en las más altas al contrario se notó que los individuos crecían con mayor rapidez y presentado un peso seco más alto que en las demás. Según el argumentan otros autores indican que el girasol, absorber casi el 90% del plomo en cualquiera de las concentraciones a 30 días, 60% en 15 días de exposición siendo una excelente especie

biocacumuladora de este metal y el *Caesalpinia mexicana* absorbió alrededor de un 60% en las concentraciones a la que se estuvo expuesta, indicándonos que es una especie que no soporta altas concentraciones del metal.

### **2.1.2. Nacional.**

Vivanco Espinoza (2019) En su tesis “Evaluación de la Concentración de PM10 y plomo en el aire ambiental, en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales en el Callao”. Su propósito fue evaluar la concentración de material particulado y plomo en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales que se encuentran en el distrito del Callao y su interrelación con las variables meteorológicas de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. Para realizar su investigación recopilaron datos de mediciones de monitoreo de calidad de aire de las estaciones ubicadas en las viviendas mas cercana a los depósitos de minerales, en donde se realizó el muestreo cada tres días durante el año 2016. Obteniendo un resultado, que ninguna estación de monitoreo se sobrepasó de los estándares de calidad del aire, a excepción del punto de muestreo E-04A ubicado en el PP.JJ. Ramón Castilla, donde se presentaron los mayores valores de concentración de PM10 y Plomo. Además, se evidencia que existe una correlación significativa entre las concentraciones mensuales de PM10 y Plomo en las estaciones E-02, E-03, UL-7 y E-07. Con respecto a las variables meteorológicas; se afirma que a excepción de la estación E-03, existe una correlación significativa en la concentraciones mensuales de PM10.

Goicochea Carranza (2018) Trujillo, En su tesis “Variables Meteorológicas y su Influencia en la Dispersión de Plomo, Cobre y Zinc en

partículas totales sedimentables en la Zona Zárate Industrial 2018”, Para poder realizar éste estudio se utilizaron 05 Estaciones de Monitoreo, 04 de ellas rodeando la zona de estudio, y una estación de monitoreo alejada, la cual represento nuestro blanco de campo. Los resulta del monitoreo se agruparon en intervalos según su concentración recolectada cada 05 días en un periodo de un mes, en las 05 estaciones de Monitoreo establecidas. Finalmente se obtuvo el siguiente resultado que fueron que en la mayoría de las estaciones de concentraciones de Plomo, Cobre y Zinc, sobrepasaban los ECA, concluyendo que las variables meteorológicas si influyen en la dispersión de Pb, Cu y Zn en la zona de Zárate Industrial.

Quispe Berrocal (2018) En su tesis “Evaluación del monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Cajamarca como una medida de diagnóstico y control del nivel de contaminación de la zona-2017” El estudio se desarrolló en la ciudad de Cajamarca, en lugares de minería y no minería, causantes de la contaminación atmosférica de zona. Para la recolección de los datos se utilizaron las siguientes técnicas: Observación, Resultados del monitoreo calidad del aire de la ciudad de Cajamarca correspondiente al año 2016 y una guía de observación con la finalidad e identificar las actividades causantes de la contaminación y los riesgos potenciales y reales a la salud de la población cajamarquina. Según Los resultados obtenidos de la contaminación del aire es por la presencia de una gran cantidad de parque automotor entre ellos están los taxis, motos, buses, como también maquinaria pesada que transita en ocasiones por la ciudad; y que emanan grandes cantidades de monóxido, polvo que causan daños a la salud humana y al medio ambiente.

Coco Chuquiya (2021) En su estudio (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), Para determinar la investigación se realizó un cuestionario para la adquisición de datos informativos de los vehículos menores de categoría L5 a los conductores. EL resultados obtenido es : Partículas Totales en Suspensión (PTS) representados con el 0.74% del total de contaminantes, seguido del Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) simbolizados por el 0.33%, de igual manera los Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que generan una representación de 0.49% y la emisión de Plomo (Pb) con el 0.01% de porcentaje del total de contaminantes generados anual mente por los vehículos menores del parque automotor de categoría L5, de esta forma se tiene que el contaminante más generado es el monóxido de carbono (CO) con una representación porcentual del 61.52% seguido de los compuestos orgánicos volátiles (COV) con el 36.91%.

### **2.1.3. Locales.**

Celis Guevara & Vasquez Oliva (2019), En su tesis “Evaluación de la concentración de plomo en el aire en el ámbito de la estación la colmena Cajamarca en el período 2012 – 2018”. Para realizar su investigación los datos fueron facilitados por la Municipalidad Provincial de Cajamarca, para comparar con los estandares de calidad ambiental emitidos por el D.S N° N° 003-2017 MINAM. Al realizar la comparación obtuvieron un resultado indicando que el plomo no excede los valores establecidos por el D.S N° N° 003-2017 MINAM. También determinan que en el año 2015 la tasa de

variación de la concentración de plomo atmosférico anual tiende a desender, apreciándose un nivel de concentración de plomo atmosférico anual por debajo de  $0.05 \text{ ug/m}^3$  en el periodo 2012-2018, en el 2012 el valor fue de  $0.0064 \text{ ug/m}^3$ , en el 2013 fue  $0.135 \text{ ug/m}^3$ , en el 2014 fue  $0.0233 \text{ ug/m}^3$ , en el 2015 fue  $0.0056 \text{ ug/m}^3$ , en el 2016 fue  $0.0061 \text{ ug/m}^3$ , en el 2017 fue  $0.0061 \text{ ug/m}^3$ , y en el 2018 fue  $0.0055 \text{ ug/m}^3$ . Concluyendo con ello que la calidad del aire de la zona estudiada es de óptima calidad.

Juárez & Osorio (2018), En su tesis: “Modelamiento de la dispersión del plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca, en los años, 2015 - 2017”, Para realizar su investigación los datos fueron facilitados por la Sub Gerencia de Protección y Control Ambiental de la Municipalidad Provincial de Cajamarca y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), aplicándose métodos estadísticos para encontrar el promedio diario/anual, sobre las direcciones del viento y su velocidad, señalando que el viento es un factor que influye directamente en la dispersión y concentración del plomo, describiendo que a menor velocidad del viento es mayor la concentración, mientras que la relación con la dispersión es a mayor velocidad existe una mayor dispersión. Según los parámetros estudiados se obtuvieron un resultado, indicando que no sobrepasan los promedios anuales y están por debajo de los ECA, es decir, durante ese periodo los niveles de concentración de plomo en la atmósfera alcanzaron valores pequeños por debajo de  $0.05 \text{ ug/m}^3$ , siendo en el 2015 igual a  $0.00562 \text{ ug/m}^3$ , en el 2016 se situó en  $0.00591 \text{ ug/m}^3$ , y en el año 2017 fue  $0.00589 \text{ ug/m}^3$ .

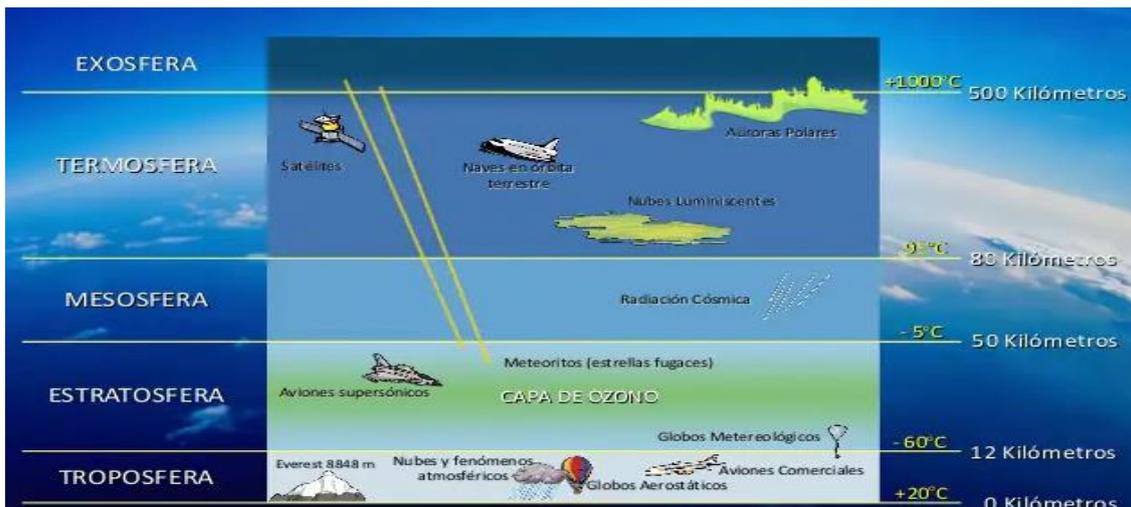
## 2.2. Marco teórico.

### 2.2.1. La Atmósfera.

La atmósfera es una capa gaseosa que envuelve a nuestro planeta tierra, obteniendo un espesor aproximadamente de 10.000 km. donde se originan todos los fenómenos climáticos y meteorológicos generando un daño a nuestro planeta tierra. Los gases que lo conforma son: el Nitrógeno ( $N_2$ ), el Oxígeno ( $O_2$ ), el Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ), y otros gases en menores cantidades son: argón, helio, neón y ozono, por debajo de la atmósfera se encuentra el vapor de agua en modo de polvo. (MINAM, 2016, p. 10). La formación de la capas de atmósfera nos protege de los rayos solares y otorga la energía del sol por todo el planeta Tierra.

**Figura 1**

*Conformación de la Atmósfera*



*Nota.* Capas de conformacion de la atmósfera. Reproducida de grafico de capas de la atmósfera, de Geografía, 2016 (<http://geografia5sema.blogspot.com/2016/11/conformacion-de-la-atmosfera-y-el-clima.html>). CC BY 2.0

A continuación se presenta la figura 1 en la que se muestra la composición de la atmósfera.

### **2.2.2. Contaminación atmosférica.**

Desde la posición de IDEAM (2014). El aumento de la contaminación atmosférica es producto del incremento de parques automotores en la ciudad, “La contaminación atmosférica es la concentración de partículas pequeñas en el aire provocando riesgo, daño o molestia para las personas, plantas y animales que se encuentran expuestas a dicho ambiente”(p. 01).

### **2.2.3. Tipos de contaminantes atmosféricos.**

Hay dos tipos de contaminantes atmosféricos primarios y secundarios. Contaminación primaria son los que se emiten directamente a la atmósfera como el dióxido de azufre  $SO_2$ , que daña directamente la vegetación y es irritante para los pulmones y los contaminantes secundarios son aquellos que se forman mediante procesos químicos atmosféricos que actúan sobre los contaminantes primarios (Rioja, 2016, p. 1).

**Figura 2**

*Tipos de Contaminantes*



*Nota.* Tipo de contaminantes en el aire y la fuente de emisión. Adaptada de Gráfico de Tipo de Contaminantes, Instituto la Estrella, 2018 (<https://institutolaestrella.org/wp-content/uploads/2018/08/CONTAMINACION-ATMOSFERICA-1-parte-EG-1.pdf>).

CC BY 2.0

En la figura 2 se pueden observar los tipos de contaminantes.

#### **2.2.4. Sustancias que contaminan la atmósfera.**

Los contaminantes gaseosos más comunes son: el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. Diferentes fuentes producen estos compuestos químicos pero la principal fuente artificial es la quema de combustible fósil.”. (LINIA VERDE CEUTA, s.f., p. 01). Entre lo indicado son unas pocas las que causan mayor preocupación al medio ambiente y a la salud humana.

### **2.2.5. Estándares de calidad ambiental.**

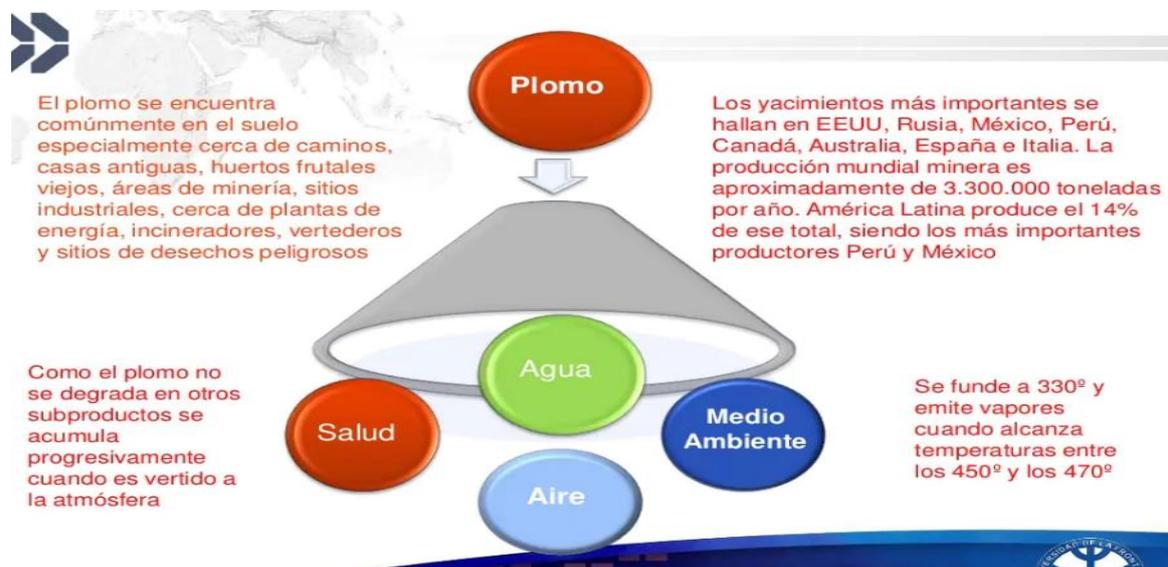
Según el ministerio del ambiente nos describe sobre los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles, determinado que se encargan de medir los 5 componentes que forman el ambiente como son: el agua, suelo, aire, ruido y radiaciones. El Estándar de Calidad Ambiental (ECA), es un instrumento de gestión ambiental que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional, también establece los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos en la salud y el ambiente. El Límite Máximo Permissible (LMP), se mide en el punto de emisión o de descarga de efluentes de las actividades económicas (MINISTERIO DEL AMBIENTE , 2019, p. 1).

### **2.2.6. Plomo.**

El plomo es un metal de color gris azulado y brillante, muy simple que se puede rayar hasta con la uña, es el metal pesado más tóxico que esta distribuido en la superficie de la tierra obteniendo un alto riesgo de exposición a la población, afectando al comportamiento del cuerpo humano, siendo un tema de interés mundial en buscar las formas de reducir el riesgo de contaminación por la exposición de este metal. En presencia de agua de lluvia y del CO<sub>2</sub> del aire, el plomo se altera cubriendo una capa de carbonato hidratado, la sal se disuelve en el agua produciendo propiedades tóxicas. Por esta razón se indica no usar el agua de las lluvias que caen en tejados para la preparación de alimentos (Villa, 2015, p. 9).

**Figura 3**

*El Plomo*



*Nota.* Contaminación por el plomo. Adaptada de Gráfico de Plomo, Espinoza, Llinima, & Vargas, 2021, (<https://es.slideshare.net/fespinoza02/contaminacin-por-plomo>). CC BY 2.0

En la figura 3 se puede observa el proceso de contaminación por plomo.

**2.2.7. El plomo en la atmósfera.**

Desde su posición de Ubillos. (2003). “El plomo no es la única partícula en suspensión en la atmósfera, los contaminantes que lo conforma son: plomo, cromo, cadmio, dióxido de azufre, dióxido nitrógeno, amonio e hidrógeno sulfuro” (p. 1). El promedio de duración del plomo en la atmósfera es de 1 a 4 semanas, todo depende del tamaño de partícula.

### **2.2.8. El ciclo geoquímico del plomo en la atmósfera.**

Desde su posición de Ubillos. (2003) afirma “El ciclo del plomo en el campo geoquímico, solo incluye las fuentes naturales y artificiales, el plomo pasa al medio ambiente dependiendo de la concentración en la que se encuentre, los metales se encuentran con más relevancia es en los sedimentos de los océanos con más 10000 veces más diluido (pág. 9).

### **2.2.9. El plomo en el aire.**

Las cantidades de plomo, se distribuyen en la atmósfera de las siguientes maneras:

#### **A. Plomo atmosférico natural.**

La concentración de plomo de fuentes naturales en la atmósfera, es pequeña, con un orden de  $0,0005 \text{ ug/m}^3$  y es relativamente baja al comparar con otros niveles. El plomo en el aire de áreas mineralizadas es la transpiración de la vegetación, algunos metales como el zinc, cobre y plomo, la cantidad de transpiración es de 1 a 2 ppb y en áreas no mineralizadas son menores. En áreas del mundo no contaminado su concentración es menor  $0.01 \text{ ug/m}^3$  y  $0.019 \text{ ug/m}^3$  (Ubillos, 2003, p. 10).

#### **B. Contaminación del aire por el plomo**

La cantidad de plomo ingerido en el cuerpo se da por el consumo de alimentos, agua e inhalación del aire urbano, la inhalación en el ambiente se absorbe más fácil y es mas peligro. Las fuentes contaminastes

de plomo atmosférico se da por combustibles y dispersión de las cenizas que se originan por producto de la combustión del carbón, las cenizas contienen hasta 50 ppm y el rango varía entre 30 a 200 ppm. Los cigarrillos son otras fuentes de contaminación atmosféricas por plomo, la mayor parte queda en la ceniza, ingiriéndose en el humo en 20 ug por paquete, calculando que los fumadores de las áreas urbanas tienen 1.24 veces más plomo que las personas que no fuman. (Ubillos, 2003, p. 12).

### **C. Dispersión del plomo en el aire.**

La dispersión del plomo en la atmósfera se da dependiendo a la velocidad del aire y el tamaño de partícula que se asocia, el 45% de plomo dispersado permanece en el aire a unos 10 km; dependiendo a la velocidad del aire y corrientes imprevista, el tiempo de vida de los aerosoles de plomo varía de acuerdo a los factores como el clima y el tiempo, el tiempo de duración del plomo en la troposfera es de 1 a 7 días (Ubillos, 2003, p. 17).

#### **2.2.10. El viento.**

El viento es aire en movimiento en una dirección determinada. Hay dos parámetros importantes relacionados con el viento: la velocidad, que indica si es fuerte o flojo, la dirección, que indica el desplazamiento. La circulación del aire en la atmósfera se realiza por el intercambio de calor, de gases o fluidos calientes que ascienden y los gases fríos que descienden llamándole convección de energía. Los instrumentos que mide el viento son:

el anemómetro y la veleta, el anemómetro mide la velocidad del viento y la veleta mide la dirección del viento. (Meteorología siglo XXI, s.f., p. 02).

#### **2.2.11. Dirección y velocidad del viento.**

Meteoblue (2001) afirma “La dirección del viento se determina por su soplo, por ejemplo, el viento del norte soplando hacia el sur. La dirección del viento está representada por una barba, la punta de la barba señala la dirección en la que sopla el viento” (p. 01).

#### **2.2.12. Importancia del estudio de los vientos.**

El viento actúa como agente de transporte como el desplazamiento de las semillas, también un poderoso agente erosivo, esto se da en las zonas de clima resacas, donde los granos de arena son arrastrados por el viento. También actúa como agente de sedimentación, ya que cuando el viento disminuye su velocidad, deposita los materiales que transporta formando dunas. La importancia del estudio del viento es para dimensionar estructuras de edificios como silos, grandes galpones, edificaciones elevadas y otros (INSTRUMENTACION STORE, 2021).

El viento cumple una gran importancia como.

- Distribución y captación de la luz.
- Calidad visual
- Acusticidad de un sitio determinado
- Olores del sitio
- Temperatura
- Humedad

### **2.2.13. El SARS – COV 2.**

El COVID - 19 es una enfermedad producida por un nuevo tipo de coronavirus denominado Virus de Síndrome Respiratorio Agudo Severo - 2 (SARS COV- 2) que afecta a los humanos; reportado por primera vez en diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, en China. La epidemia de COVID-19 se extendió rápidamente, siendo declarada una pandemia por la Organización Mundial de la Salud el 11 marzo del 2020. La exposición al virus SARS COV- 2 que produce la COVID - 19, representa un riesgo biológico por su comportamiento epidémico y alta transmisibilidad, siendo los centros laborales espacios que constituyen lugares de exposición y contagio, se deben considerar medidas para su vigilancia, prevención y control (MINSA, 2020, pág. 6). Desde que se inició la inmovilización por la pandemia del SARS COV- 2, la contaminación disminuyó a un 50% la tierra ha descansado, los ríos y mares están más limpios, los animales recorren con libertad espacios de sus hábitat de origen. Los niveles de contaminación han bajado repentinamente al 50%, a comparación de los niveles que se registraban en las mismas fechas en el 2018.

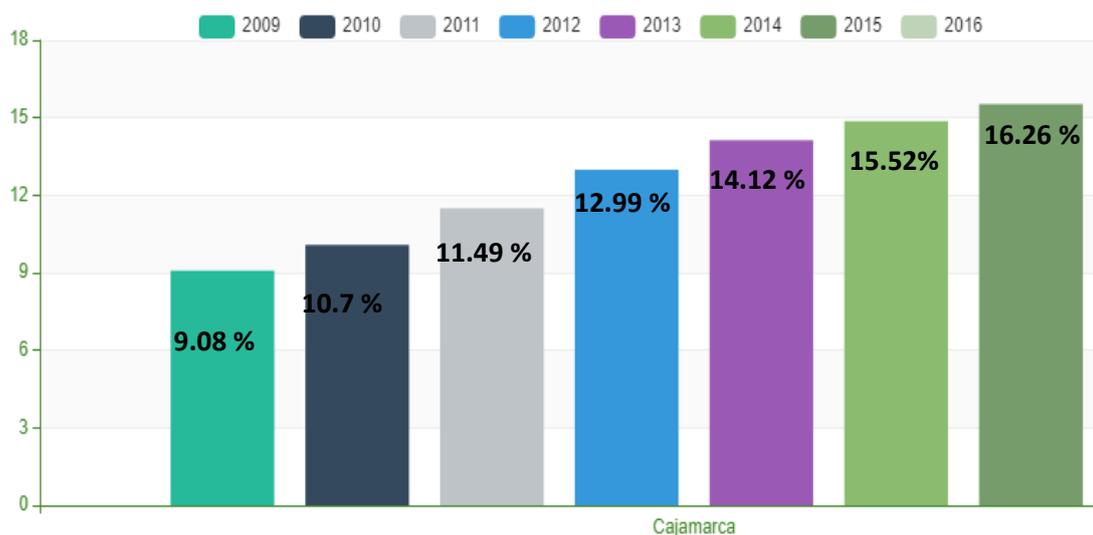
### **2.2.14. Parque Automotor.**

Uno de los principales problemas de contaminación por plomo en la atmósfera en nuestra localidad es el humo negro que arrojan los automóviles. Según un informe lanzado por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) indica que el parque automotor, es una de las fuentes y principales, según el estudio realizado desde el mes de abril hasta el mes de octubre del 2014. Por otra parte, la Municipalidad Provincial de Cajamarca y el SENATI

desarrollaron otro estudio, en la que se comprueba que casi el 90% de automóviles en Cajamarca supera el límite permitido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que es de 5 toneladas por kilómetro cuadrado; sin embargo, los cajamarquinos superan hasta en 10 toneladas. El aumento de automóviles en la ciudad de Cajamarca, genera que cada día más el aumento de contaminación por plomo en la atmósfera, provocando que el oxígeno que respiramos sea perjudicioso para nuestra salud (Angel, 2018, p. 16).

**Figura 4**

*Indicador: Vehículos por Cada mil Habitantes – Cajamarca*



*Nota.* Vehículos por cada mil habitantes en la ciudad de Cajamarca. Reproducida de Grafico Porcentaje de Vehículos por Cada mil Habitantes, Sistema Nacional de Información Ambiental, s.f., 2017 (<https://sinia.minam.gob.pe/indicador/966>). CC BY 2.0

A continuación, a través de la figura 4, se presenta el porcentaje promedio anual de vehículos por habitante en la ciudad de Cajamarca.

### 2.3. Marco conceptual.

- **Concentración:** Acción y efecto de concentrar o concentrarse.
- **Plomo:** Elemento químico metálico, de núm. atóm. 82, de color gris azulado, dúctil, pesado, maleable, resistente a la corrosión y muy blando.
- **Evaluación:** Acción y efecto de evaluar.
- **Predominancia:** Condición de quien o de lo que predomina.
- **Incremento:** Dar mayor extensión.
- **Contaminantes:** Que contamina.

### 2.4. Base legal

- Constitución Política del Perú
- Ley General del Ambiente N° 28611.
- Ley 27972- «Ley Orgánica de Municipalidades»
- Ley N° 28611 «Ley General del Ambiente»
- Ley N° 26842» Ley General de Salud (Capítulo VIII–De la Protección de.
- Ambiente (Art. 103 al 107), Título V.
- D.S. 074-2001-MINAM. - Aprueba “Reglamento de Estándares
- Nacionales de Calidad Ambiental del Aire
- D.S. N° 003-2008-MINAM, Aprueban estándares de calidad ambiental para aire.
- D.S. N° 003-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Aire)
- Ordenanza Municipal N° 538 – CMPC. Ordenanza que reglamenta la aplicación de sanciones administrativas.

## 2.5. Hipótesis

Ha: La concentración de plomo en la atmósfera de Cajamarca supera los valores establecidos en el D.S. N° 003-2017 MINAM.

Ho: La concentración de plomo en la atmósfera de Cajamarca no supera los valores establecidos en el D.S. N° 003-2017 MINAM.

## 2.6. Operacionalización de las variables

**Tabla 1**

### *Operacionalización de Variables*

Variable Independiente:		Variable Dependiente: Valores	
Concentración de Plomo en la		Establecidos en el D.S. N° 003-	
Atmosfera de Cajamarca		2017 MINAM.	
Indicadores	Unidad de Medida	Indicadores	Unidad de medida
Concentración del plomo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ECA aire	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nota. ECA= Estándares de Calidad Ambiental.

En la tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables de la investigación.

## **CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.**

### **3.1. Unidad de análisis, universo y muestra.**

#### **3.2.Unidad de análisis.**

Informe de la concentración del plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca en los años 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018.

##### **3.2.1. Universo.**

Concentración de plomo en la atmósfera

##### **3.2.2. Muestra.**

Informe de la concentración mensual del plomo de diferentes años.

### **3.3.Métodos de investigación.**

- Retrospectivo, descriptivo y analítico.
- Método no experimental.

Según (Escamilla, p. 02) indica que el metodo no esperimental consiste en aquel que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos.

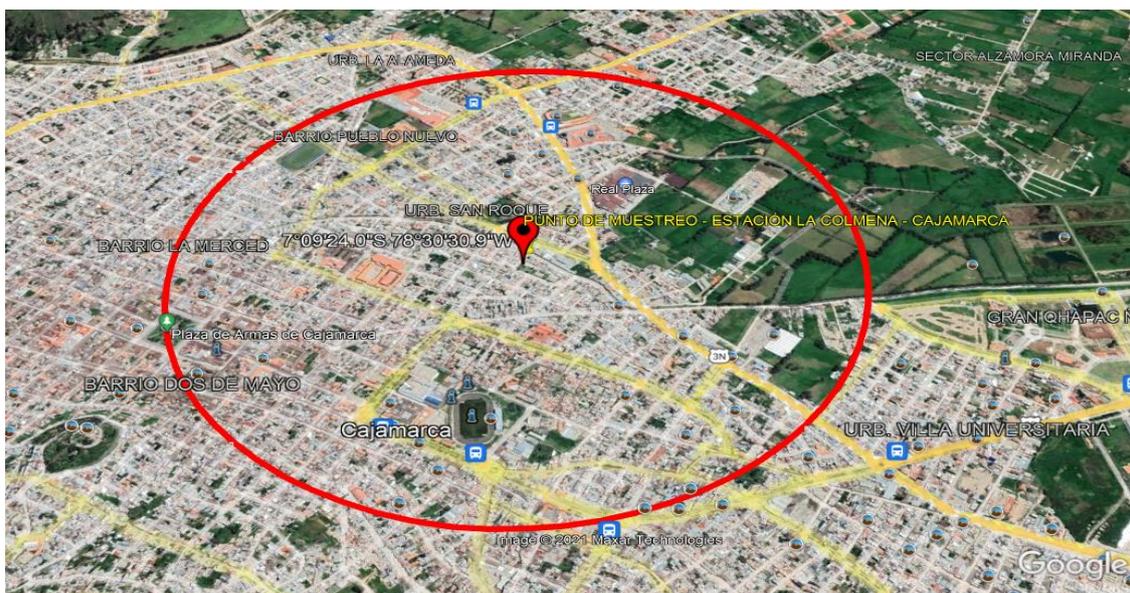
### **3.4.Técnicas de investigación.**

Se realizará la observación y análisis estadístico de los datos obtenidos del muestreo de la estación La Colmena.

### 3.5. Determinación del área.

**Figura 5**

*Punto de Muestreo de la Estación la Colmena - Cajamarca.*



*Nota. Punto de Muestreo de la Estación la Colmena - Cajamarca.*

En la figura 5 se muestra el área de estudio de la presente investigación.

### 3.6. Instrumentos

#### **Software:**

- Word 2010: La realización de la Tesis.
- Excel 2010: El manejo de uso de base de datos, graficar los resultados y contaminantes atmosféricos.
- Power Point 2010: Para elaborar la presentación de sustentación.
- IBM SPSS Statics 26: Sacar los promedios por estaciones y anualmente.

**Páginas Web:**

- Página Oficial del Ministerio del Ambiental – MINAM.
- Página oficial de la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

**CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN****4.1. Resultados****4.1.1. Concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca, durante los años 2012 al 2018.**

Al realizar el registro de los datos de la cuantificación de plomo atmosférico para el periodo 2012 al 2018 se presentó un registro heterogéneo, ello debido a que en algunos años se registraron más datos que en otros, lo cual se podrá observar en las siguientes tablas para cada año del 2012 al 2018 (tabla 2 a tabla 8).

**Tabla 2***Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2012*

Fecha de Muestra	ug/m <sup>3</sup>
28/06/2012	0.0093
05/07/2012	0.0097
21/07/2012	0.0087
06/08/2012	0.0055
22/08/2012	0.0055
07/09/2012	0.0073
09/10/2012	0.0090
25/10/2012	0.0100
13/07/2012	0.0060
14/08/2012	0.0087
30/08/2012	0.0062
15/09/2012	0.0057
01/10/2012	0.0057
17/10/2012	0.0108
02/11/2012	0.0041
10/11/2012	0.006
19/11/2012	0.004
25/11/2012	0.002
04/12/2012	0.004
12/12/2012	0.004
20/12/2012	0.004
28/12/2012	0.005
<b>Promedio</b>	<b>0.00642</b>

Tal como se puede observar en la tabla 2 en el año 2012 se registraron datos durante los meses de junio a diciembre, registrándose en total 22 datos referentes a la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca, los cuales promedian un nivel de 0.00642 ug/m<sup>3</sup> para el año 2012.

Como también podemos observar, en la tabla 2 se muestran los valores de las concentraciones en el periodo 2012, cuyo valor máximo es de 0.00642 ug/m<sup>3</sup>, sin embargo, se puede evidenciar que no supera el Eca = 0.05 ug/m<sup>3</sup>.

**Tabla 3***Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, año 2013*

Fecha de Muestra	Resultados ug/m <sup>3</sup>
01/01/2013	0.025
21/01/2013	0.0036
12/02/2013	0.0038
19/02/2013	0.0023
06/03/2013	0.0043
13/03/2013	0.0029
28/03/2013	0.0024
04/04/2013	0.0093
19/04/2013	0.0047
26/04/2013	0.0032
11/05/2013	0.0074
25/05/2013	0.0032
02/06/2013	0.0051
09/06/2013	0.0161
24/06/2013	0.0076
01/07/2013	0.0034
16/07/2013	0.0050
23/07/2013	0.0050
07/08/2013	0.0234
14/08/2013	0.0039
29/08/2013	0.0059
05/09/2013	0.0032
20/09/2013	0.0051
27/09/2013	0.0030
12/10/2013	0.0054
19/10/2013	0.0049
<b>Promedio</b>	<b>0.00650</b>

A partir de la tabla 3 se puede observar que en el año 2013 se registraron datos referentes a la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca durante los meses de enero a octubre, registrándose en total 26 datos, los cuales al ser promediados determinan un valor de 0.00650 ug/m<sup>3</sup> para el año

2013, lo cual representa el nivel de concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca en dicho año.

Como también podemos observar, en la tabla 3 se muestran los valores de las concentraciones en el periodo 2013, cuyo valor máximo es de 0.00650 ug/m<sup>3</sup>, sin embargo, se puede evidenciar que no supera el Eca = 0.05 ug/m<sup>3</sup>.

**Tabla 4**

*Concentraciones de plomo atmosférico en la ciudad de Cajamarca, año 2014*

Fecha de Muestra	Resultados ug/m <sup>3</sup>
20/01/2014	0.0046
27/01/2014	0.0034
11/02/2014	0.0072
18/02/2014	0.0035
05/03/2014	0.0049
12/03/2014	0.0046
03/04/2014	0.0084
10/04/2014	0.0052
02/05/2014	0.0069
09/05/2014	0.0028
31/06/2014	0.0046
10/12/2014	0.0025
15/12/2014	0.0031
25/12/2014	0.0116
<b>Promedio</b>	<b>0.00524</b>

En la tabla 4 se aprecian los datos registrados durante el 2014 referente a la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca durante los meses de enero a diciembre, registrándose en total 14 datos, los cuales al ser promediados determinan un valor de 0.00524 ug/m<sup>3</sup> para el año 2014, lo cual

representa el nivel concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca en dicho año.

Como también podemos observar, en la tabla 4 se muestran los valores de las concentraciones en el periodo 2014, cuyo valor máximo es de 0.00524 ug/m<sup>3</sup>, sin embargo, se puede evidenciar que no supera el Eca = 0.05 ug/m<sup>3</sup>.

**Tabla 5**

*Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2015*

Fecha de Muestra	Resultados ug/m <sup>3</sup>
01/01/2015	0.0111
10/01/2015	0.0044
20/01/2015	0.0026
30/01/2015	0.0034
09/02/2015	0.0057
19/02/2015	0.0048
01/03/2015	0.0045
11/03/2015	0.012
21/03/2015	0.0023
31/03/2015	0.0026
10/04/2015	0.0022
20/04/2015	0.0086
30/04/2015	0.0057
10/05/2015	0.0053
20/05/2015	0.0053
19/06/2015	0.0142
19/07/2015	0.0049
29/07/2015	0.0055
08/08/2015	0.0116
18/08/2015	0.0078
28/08/2015	0.0038
07/09/2015	0.006
17/09/2015	0.0046
27/09/2015	0.0051
07/10/2015	0.0042
17/10/2015	0.0069
<b>Promedio</b>	<b>0.00597</b>

A partir de la tabla 5 se aprecian los datos registrados durante el año 2015 referentes a la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca durante los meses de enero a octubre, registrándose en total 26 datos, dichos datos al ser promediados determinaron un valor de 0.00597 ug/m<sup>3</sup>, lo cual representa el nivel concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca en el año 2015.

Como también podemos observar, en la tabla 5 se muestran los valores de las concentraciones en el periodo 2015, cuyo valor máximo es de 0.00597 ug/m<sup>3</sup>, sin embargo, se puede evidenciar que no supera el Eca = 0.05 ug/m<sup>3</sup>.

**Tabla 6**

*Concentraciones de plomo atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, año 2016*

Fecha de Muestra	Resultados ug/m <sup>3</sup>
01/01/2016	0.0235
14/01/2016	0.0032
26/01/2016	0.0044
07/02/2016	0.0024
26/03/2016	0.0067
07/04/2016	0.0055
19/04/2016	0.0062
01/05/2016	0.0034
13/05/2016	0.0056
25/05/2016	0.0032
06/06/2016	0.0042
18/06/2016	0.0038
30/06/2016	0.005
05/08/2016	0.0052
29/08/2016	0.0029
10/09/2016	0.0148
06/12/2016	0.0048
25/12/2016	0.0063
<b>Promedio</b>	<b>0.00617</b>

En la tabla 6 se presentan los datos registrados durante el año 2016 referentes a la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca durante los meses de enero a diciembre, registrándose en total 18 datos, dichos datos al ser promediados determinaron un valor de  $0.00617 \text{ ug/m}^3$ , lo cual representa el nivel concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca en el año 2016.

Como también podemos observar, en la tabla 6 se muestran los valores de las concentraciones en el periodo 2016, cuyo valor máximo es de  $0.00617 \text{ ug/m}^3$ , sin embargo, se puede evidenciar que no supera el  $Eca = 0.05 \text{ ug/m}^3$ .

**Tabla 7***Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2017*

Fecha de Muestra	Resultados ug/m <sup>3</sup>
01/01/2017	0.0213
14/01/2017	0.0038
27/01/2017	0.0026
07/03/2017	0.0048
20/03/2017	0.0033
02/04/2017	0.0033
28/04/2017	0.0069
11/05/2017	0.0041
24/05/2017	0.0043
06/06/2017	0.0108
19/06/2017	0.0055
02/08/2017	0.0054
10/08/2017	0.0049
26/08/2017	0.0065
05/09/2017	0.0172
18/09/2017	0.0033
01/10/2017	0.0029
14/10/2017	0.005
27/10/2017	0.0039
22/11/2017	0.0064
18/12/2017	0.0034
25/12/2017	0.0052
<b>Promedio</b>	<b>0.00613</b>

En la tabla 7 se presentan los datos registrados durante el año 2017 referentes a la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca durante los meses de enero a diciembre, registrándose en total 22 datos, mismos que al ser promediados determinaron un valor de 0.00613 ug/m<sup>3</sup>, lo cual representa el nivel concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca en el año 2017.

Como también podemos observar, en la tabla 7 se muestran los valores de las concentraciones en el periodo 2017, cuyo valor máximo es de 0.00613 ug/m<sup>3</sup>, sin embargo, se puede evidenciar que no supera el Eca = 0.05 ug/m<sup>3</sup>.

**Tabla 8**

*Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, Año 2018*

Fecha de Muestra	Resultados ug/m <sup>3</sup>
01/01/2018	0.0297
06/05/2018	0,0025
19/05/2018	0,0025
01/06/2018	0,0031
21/06/2018	0,0037
03/07/2018	0.0049
18/07/2018	0.0085
16/08/2018	0.0026
31/08/2018	0.0027
13/09/2018	0.0054
19/09/2018	0.0045
02/10/2018	0.0042
15/10/2018	0.0031
17/11/2018	0.0046
30/11/2018	0.0046
06/12/2018	0.0055
19/12/2018	0.0022
<b>Promedio</b>	<b>0.00635</b>

En la tabla 8 se presentan los datos registrados durante el año 2018 referentes a la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca durante los meses de enero a diciembre, registrándose en total 17 datos, mismos que al ser promediados determinaron un valor de 0.00635 ug/m<sup>3</sup>, lo cual representa el nivel concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca en el año 2018.

Como también podemos observar, en la tabla 8 se muestran los valores de las concentraciones en el periodo 2018, cuyo valor máximo es de 0.00635 ug/m<sup>3</sup>, sin embargo, se puede evidenciar que no supera el Eca = 0.05 ug/m<sup>3</sup>.

**Tabla 9**

*Diferencias entre las Medias de Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, periodo 2012 - 2018*

Plomo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	7	,000	,150	,994
Dentro de grupos	,003	146	,000		
Total	,003	153			

En la tabla 9 se muestran los resultados de la prueba ANOVA de un factor, los cuales fueron procesados estadísticamente mediante el programa SPSS, considerando la media de los valores de la concentración de plomo registrados a lo largo de los periodos anuales del 2012 al 2018, a partir de lo cual la evidencia estadística indica que el valor F es menor a uno, con un nivel de significancia que resultó mayor a 0.05 ug/m<sup>3</sup>, lo cual indica que no existe diferencia entre las concentraciones de plomo en los años del periodo analizado, es decir, en los años del 2012 al 2018 la media de las concentraciones de plomo ha tenido un comportamiento similar, sin presentar fluctuaciones considerables.

**Tabla 10**

*Prueba Tukey de las Concentraciones de Plomo Atmosférico en la Ciudad de Cajamarca, periodo 2012 - 2018*

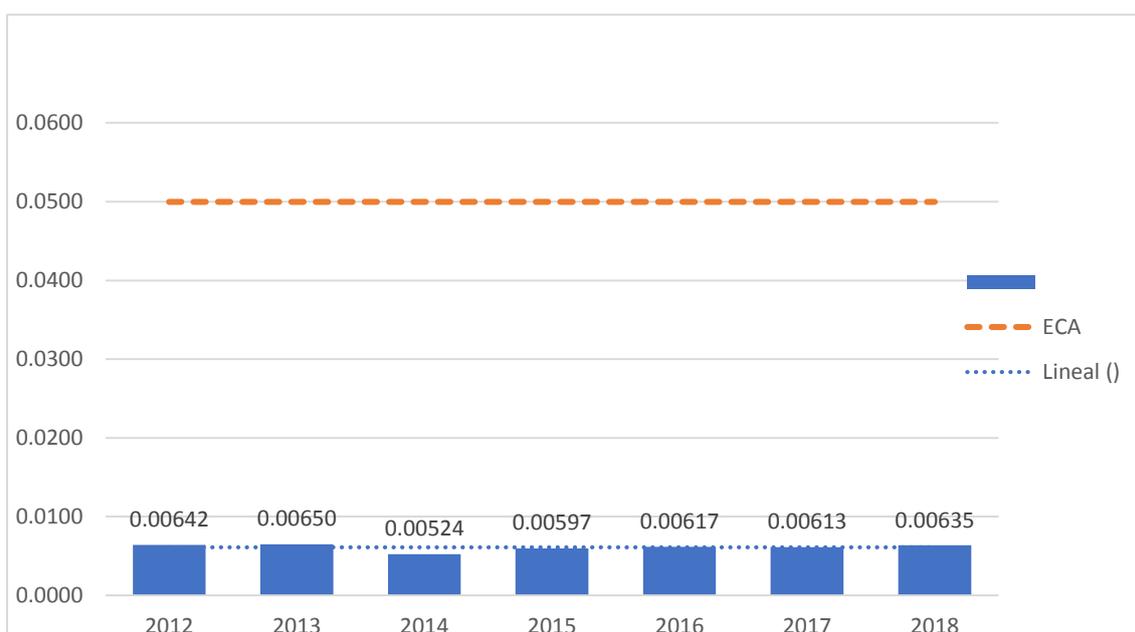
Año	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
2014	14	,0052357
2018	17	,0055471
2015	26	,0059654
2017	22	,0061273
2019	9	,0061556
2016	18	,0061722
2012	22	,0064182
2013	26	,0065038
Sig.		,993

En la tabla 10 se presentan los resultados de la prueba estadística de TUKEY, los cuales fueron procesados estadísticamente mediante el programa SPSS, abordando la media de los valores de la concentración de plomo registrados a lo largo de los periodos anuales del 2012 al 2018, a partir de lo cual se aprecia que la media de los años de análisis se encuentra en un solo grupo, lo cual indica que no hay diferencias entre las medias de los grupos de datos analizados, así mismo, se observa un nivel de significancia mayor a  $0.05 \text{ ug/m}^3$ , lo cual confirma que no existen diferencias significativas entre los niveles de concentración de plomo en los años del 2012 al 2018.

#### 4.1.2. Comparación de la concentración de plomo determinados en la atmósfera de Cajamarca, con los estándares de calidad ambiental del Decreto Supremo N° 003-2017 MINAM.

**Figura 6.**

*Comparación de la Concentración de Plomo en la Atmósfera de Cajamarca, con los Estándares de Calidad Ambiental del Decreto Supremo N° 003-2017 MINAM.*



Al realizarse la comparación del promedio anual de concentración de plomo determinados en la atmósfera de Cajamarca con los estándares de calidad ambiental del Decreto Supremo N° 003-2017 MINAM, lo cual se presenta en la figura 6, se puede observar que el promedio anual de concentración de plomo en la atmósfera de Cajamarca (periodo 2012 - 2018), expresado en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , demuestra que en dicho periodo no se ha superado el valor recomendado del ECA=  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en ese sentido, la presencia de plomo en el aire no puede considerarse ser perjudicial para la salud de la población de Cajamarca.

Para la mejor comprensión de los valores presentados en las tablas 2 al 8, se presenta la siguiente figura, donde se presentan los valores promedio para cada año en la cual nos indica que ninguno de ellos supera el  $Eca = 0.05 \text{ ug/m}^3$ .

#### **4.1.3. Evaluar la concentración de plomo por estaciones del año en Cajamarca**

Para analizar la concentración de plomo por estaciones del año en la ciudad de Cajamarca, se emplearon los datos registrados mes a mes durante los años 2012 al 2018 (tabla 2 a tabla 8), agrupándose los datos de cada año de acuerdo a las estaciones del año, para luego promediar los valores de cada estación en dichos años y determinar un valor promedio por estación para el periodo 2012 al 2018, lo cual se puede apreciar en la tabla 10 y figura 7, según dichos datos se aprecia que en la estación de Verano se registra el promedio  $\mu\text{g/m}^3$  más alto (0.00975) del periodo analizado, mientras que, la estación de primavera registra el promedio  $\mu\text{g/m}^3$  más bajo (0.00454) de las cuatro estaciones. Acorde con la tendencia del comportamiento de las concentraciones de plomo atmosférico por estaciones del año en Cajamarca, se aprecia que de la estación de verano a la estación de otoño ocurrió una baja significativa, para luego incrementarse ligeramente hacia invierno, y finalmente descender a niveles más bajos en la estación de primavera.

**Tabla 11**

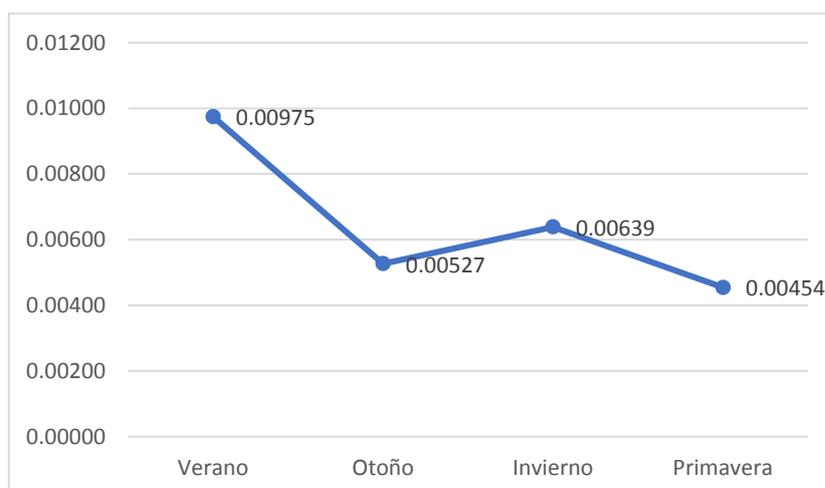
*Promedio de Concentraciones de Plomo Atmosférico por Estaciones del Año (periodo 2012-2018) en la Estación la Colmena de Cajamarca*

Estación	Promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Verano	0.00975
Otoño	0.00527
Invierno	0.00639
Primavera	0.00454

En la tabla 11 se muestran los valores de las concentraciones de plomo (Pb) por estaciones en los años 2012 al 2018, cuyo valor promedio es: verano 0.00975  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , otoño 0.00527  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , invierno 0.00639  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , primavera 0.00454  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo, se puede evidenciar que ningún valor supera el Eca = 0.005  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Figura 7.**

*Promedio de Concentraciones de Plomo Atmosférico por Estaciones del Año (periodo 2012-2018) en la estación La Colmena de Cajamarca*



Para la mejor comprensión de los valores presentados en la tabla 11, se presenta la siguiente figura, donde se presentan los valores promedios por estaciones del año, en donde se evidencia que ninguno de ellos supera el Eca = 0.005 ug/m<sup>3</sup>.

**Tabla 12**

*Diferencias entre las Medias de Concentraciones de Plomo Atmosférico por Estaciones del Año (periodo 2012-2018) en la Estación la Colmena de Cajamarca*

Plomo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	3	,000	,795	,499
Dentro de grupos	,003	135	,000		
Total	,003	138			

En la tabla 12 se muestran los resultados de la prueba ANOVA de un factor, los cuales fueron procesados estadísticamente mediante el programa SPSS, considerando la media de los valores de la concentración de plomo registrados a lo largo de los de las estaciones de los años 2012 al 2018, a partir de ello se hace evidente que evidencia estadística indica que el valor F es menor a uno, con un nivel de significancia que resultó mayor a 0.05 ug/m<sup>3</sup>, lo cual indica que no existe diferencia entre las concentraciones de plomo en los años del periodo analizado, es decir, en los años del 2012 al 2018 la media de las concentraciones de plomo ha tenido un comportamiento similar, sin presentar fluctuaciones considerables.

**Tabla 13**

*Prueba de Tukey para las Concentraciones de Plomo Atmosférico por Estaciones del Año (periodo 2012-2018) en la Estación la Colmena de Cajamarca*

Estaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Primavera	19	,0053474
Otoño	37	,0054973
Invierno	38	,0062921
Verano	45	,0068400
Sig.		,574

A través de la tabla 13 se presentan los resultados de la prueba estadística de TUKEY, los cuales fueron procesados estadísticamente mediante el programa SPSS, abordando la media de los valores de la concentración de plomo registrados a lo largo de las estaciones de los años que comprenden el periodo 2012 al 2018, ello evidencia que la media de los años de análisis se encuentra en un solo grupo, es decir, ello significa que no hay diferencias entre las medias de los grupos de datos analizados, además, se observa un nivel de significancia mayor a  $0.05 \text{ ug/m}^3$ , lo cual confirma que no existen diferencias significativas entre los niveles de concentración de plomo en las estaciones de los años del periodo 2012 al 2018.

**4.1.4. Determinar el nivel de concentración de plomo presente en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2, Cajamarca 2021.**

**Tabla 14**

*Nivel de Concentración de Plomo en la Atmósfera de la Ciudad de Cajamarca*

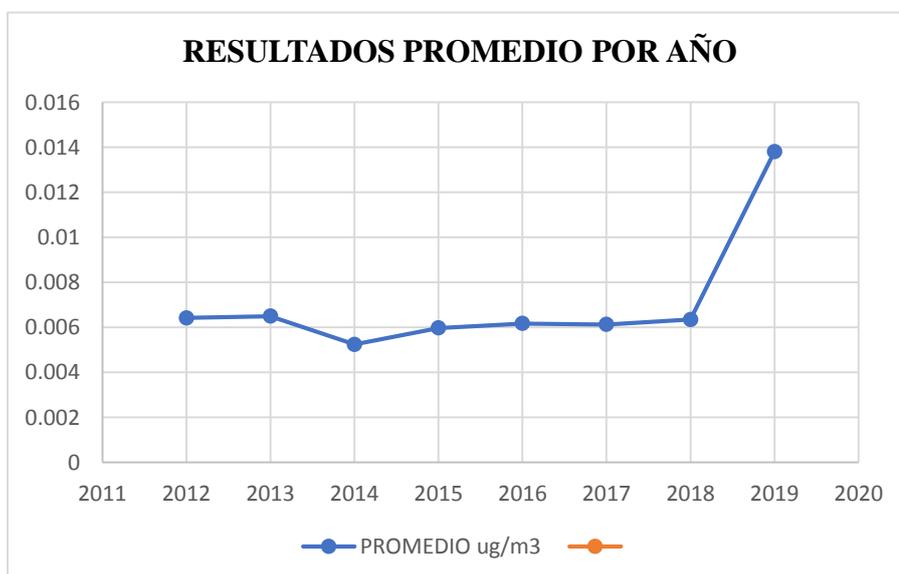
*Antes de la Inmovilización por SARS COV-2*

Año	Promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2012	0.00642
2013	0.0065
2014	0.00524
2015	0.00597
2016	0.00617
2017	0.00613
2018	0.00635
2019	0.0138
<b>Promedio</b>	<b>0.0070725</b>

En la tabla 14 se muestran los valores de las concentraciones promedio antes de la inmovilización por SARS COV-2, en el periodo 2012 al 2018 cuyo valor es  $0.0070725 \text{ ug}/\text{m}^3$ , sin embargo, se puede evidenciar que no supera el Eca =  $0.05 \text{ ug}/\text{m}^3$ .

**Figura 8.**

*Nivel de Concentración de Plomo en la Atmósfera de la Ciudad de Cajamarca antes de la Inmovilización por SARS COV-2*



Para la mejor comprensión de los valores presentados en la tabla 14, se presenta la figura 8 donde se presentan los valores promedio del periodo 2012 al 2018 antes de la inmovilización por SARS COV-2, pero ninguno de ellos supera el Eca =  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para analizar el nivel de concentración de plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2 se emplearon los promedios anuales de los valores en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  calculados para los años 2012 al 2019, tomando dicho periodo como referencia debido a que en diciembre del 2019 cuando a nivel mundial se conoce de la existencia del SARS COV-2 en una ciudad China, siendo en el año 2020 cuando en Perú se produce la inmovilización por SARS COV-2 a nivel nacional, es así que, tomado como referencia al periodo 2012 al 2019, se puede observar en la tabla 14 y figura 8 que del 2012 al 2018 los niveles de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  han mantenido una tendencia constante, con una ligera baja hacia el año 2014, para luego en el 2015 volver a niveles similares a los de los años 2012 y 2013, manteniendo dicho comportamiento hasta el año 2018, mientras que, para el año 2019 se puede observar que los niveles de concentración de plomo, expresados en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tuvieron una subida considerable, la mayor en el histórico del periodo en análisis, ubicándose los niveles de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 0.0138 en comparación con los valores de años anteriores que se mantuvieron por debajo de los 0.0065. Además, al promediar los valores anuales de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la atmósfera del 2012 al 2019, se muestra que el nivel de concentración de plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2 es equivalente a  $0.0070725 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabla 15**

*Diferencias entre las Medias de Concentración de Plomo en la Atmósfera de la Ciudad de Cajamarca antes de la Inmovilización por SARS COV-2*

Plomo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	7	,000	,150	,994
Dentro de grupos	,003	146	,000		
Total	,003	153			

En la tabla 15 se presentan los resultados de la prueba ANOVA de un factor, surgidos luego de procesar los datos recopilados a través del programa SPSS, considerando la media de los valores de la concentración de plomo registrados a lo largo de los periodos anuales del 2012 al 2018, a partir de ello se ha tenido evidencia estadística que arroja un valor F menor a uno, con un nivel de significancia que resultó mayor a 0.05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ello indica que no existe diferencia entre las concentraciones de plomo en los años del periodo analizado, en ese sentido, puede considerarse que en el periodo antes de la inmovilización por SARS COV-2 la media de las concentraciones de plomo ha tenido un comportamiento similar, sin presentar fluctuaciones considerables.

**Tabla 16**

*Prueba Tukey de las Concentración de Plomo en la Atmósfera de la Ciudad de Cajamarca antes de la Inmovilización por SARS COV-2*

Año	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
2014	14	,0052357
2018	17	,0055471
2015	26	,0059654
2017	22	,0061273
2019	9	,0061556
2016	18	,0061722
2012	22	,0064182
2013	26	,0065038
Sig.		,993

En la tabla 16 se muestran los resultados de la prueba estadística de TUKEY, los cuales fueron procesados estadísticamente mediante el programa SPSS, dentro de ello se abordó la media de los valores de la concentración de plomo registrados a lo largo de los periodos anuales del 2012 al 2018 (Periodo antes de la inmovilización por SARS COV-2, a partir de ello se aprecia que la media de los años de análisis se encuentra en un solo grupo, lo cual indica que no hay diferencias entre las medias de los grupos de datos analizados, así mismo, se observa un nivel de significancia mayor a  $0.05 \text{ ug/m}^3$ , todo ello confirmaría que no existen diferencias significativas entre los niveles de concentración de plomo en la Atmósfera de la Ciudad de Cajamarca antes de la Inmovilización por SARS COV-2.

De acuerdo a los análisis estadísticos en TUKEY se determinó que los resultados obtenidos en el periodo 2012 al 2018 se encuentra en un solo grupo lo cual indica que, al ser comparados con el número de muestra, presenta un valor p mayor a 0.05; por lo tanto, existe una variación importante de datos, y se puede establecer una correlación directa, de esta manera se afirma que se acepta la  $H_0$ .

**Tabla 17**

*Estadísticas de Muestra Única*

<b>Estadísticas de muestra única</b>				
	N	Media en ug/m <sup>3</sup>	Desviación estándar	Media de error estándar
AÑO_2012	22	.006418	.0024140	.0005147
AÑO_2013	26	.006504	.0059158	.0011602
AÑO_2014	14	.005236	.0025242	.0006746
AÑO_2015	26	.005965	.0031567	.0006191
AÑO_2016	18	.006172	.0051043	.0012031
AÑO_2017	22	.006127	.0046490	.0009912
AÑO_2018	17	.005547	.0064186	.0015567

En la tabla 17 se observan las medias de las concentraciones de plomo en ug/m<sup>3</sup> las que se compararán a continuación con el valor Eca = 0.05 ug/m<sup>3</sup>.

**4.1.5. Comparación de las medias de la concentración de plomo en el aire con las medias registradas para los años del 2012 al 2018.**

Para establecer una comparación entre las medias de los valores de concentración de plomo en el aire registrados para los diferentes años mencionados se establecen las respectivas hipótesis a contrastar:

H0: La media de la concentración de plomo en el aire es mayor o igual al valor

$$Eca = 0.05 \text{ ug/m}^3$$

H1: La media de la concentración de plomo en el aire es menor al valor  $Eca = 0.05$

$$\text{ug/m}^3$$

**Tabla 18**

*Prueba de Muestra Única*

<b>Prueba de muestra única</b>						
Valor de prueba = .05						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
AÑO_2012	-84.681	21	.000	-.0435818	-.044652	-.042512
AÑO_2013	-37.491	25	.000	-.0434962	-.045886	-.041107
AÑO_2014	-66.354	13	.000	-.0447643	-.046222	-.043307
AÑO_2015	-71.129	25	.000	-.0440346	-.045310	-.042760
AÑO_2016	-36.429	17	.000	-.0438278	-.046366	-.041289
AÑO_2017	-44.263	21	.000	-.0438727	-.045934	-.041811
AÑO_2018	-28.555	16	.000	-.0444529	-.047753	-.041153

En la tabla 18 se observan las comparaciones de las medias de las concentraciones de plomo en el aire, para cada año, con el valor  $Eca = 0.05 \text{ ug/m}^3$ , para lo cual se empleó la prueba de estadística t de Student, donde se corrobora según la significancia unilateral para cada año donde todos coinciden con un p-valor = 0.000, el que indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por lo tanto, se demuestra que en ningún año el valor de la concentración de plomo en el aire sobrepasa los Ecas establecidos.

#### **4.2. Discusiones**

En los hallazgos del estudio se pudo evidenciar que el nivel de concentración de plomo presente en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2 se situó en promedio en  $0.0070725 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  (Promediando las cantidades promedio anuales de plomo presente en la atmósfera en el periodo 2012-2019), pudiendo apreciarse que se trata de un nivel bajo aceptable. Este hallazgo se encuentra en similitud con lo hallado en el estudio de Celis Guevara & Vasquez Oliva (2019), quien en su estudio realizado en la ciudad de Cajamarca determinó la existencia de un nivel de concentración de plomo atmosférico promedio anual por debajo de 0.05 en el periodo 2012-2018, es decir, en un periodo en el que no existían restricciones a raíz de la pandemia por SARS COV-2, de la misma forma en el estudio de Juárez & Osorio (2018) realizado en Cajamarca se analizó el periodo 2015 al 2017, mismo que comprende los años en los que no existía la actual pandemia, los niveles de concentración de plomo en la atmósfera alcanzaron valores pequeños por debajo de  $0.05 \text{ ug/m}^3$ . En ese sentido, se puede observar que los resultados de los estudios citados sustentan lo hallado en el presente estudio, ya que,

indican que demuestran que antes del SARS COV-2 los niveles de plomo en la atmósfera alcanzaban valores bajos.

En el estudio se halló la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca en el año 2012 fue  $0.00642 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el 2013 fue de  $0.00650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para el 2014 fue de  $0.00524 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante el 2015 fue igual a  $0.00597 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el 2016 se situó en  $0.00617 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el año 2017 fue  $0.00613 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y en el 2018 fue  $0.00635 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estos hallazgos se han contrastado con lo determinado en la investigación de Celis Guevara & Vasquez Oliva (2019), en la que se determinó que la concentración de plomo en la atmósfera en el 2012 fue de  $0.0064 \text{ug}/\text{m}^3$ , en el 2013 fue  $0.135 \text{ug}/\text{m}^3$ , en el 2014 fue  $0.0233 \text{ug}/\text{m}^3$ , en el 2015 fue  $0.0056 \text{ug}/\text{m}^3$ , en el 2016 fue  $0.0061 \text{ug}/\text{m}^3$ , en el 2017 fue  $0.0061 \text{ug}/\text{m}^3$ , y en el 2018 fue  $0.0055 \text{ug}/\text{m}^3$ . Además, se puede contrastar con lo manifestado en el estudio de Juárez & Osorio (2018), quien en su estudio registró que los niveles de concentración de plomo en la atmósfera alcanzaron en el 2015 el valor de  $0.00562 \text{ug}/\text{m}^3$ , en el 2016 se situó en  $0.00591 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y en el año 2017 fue  $0.00589 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De esa manera, se puede apreciar que los valores registrados en el presente estudio se encuentran en concordancia con los estudios citados desarrollados en la ciudad de Cajamarca, en ese sentido, los valores promedio anuales de los años en estudio guardan mucha similitud.

Otro hallazgo del presente estudio evidenció que los niveles de concentración de plomo en la atmósfera de Cajamarca en el periodo 2012 al 2018 se encontraron por debajo del valor recomendado del ECA, es decir, fueron menores al valor de  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estos hallazgos se pueden contrastar con el estudio de Vivanco (2019),

realizado en el Callao, lugar en el que se halló que en el año 2016 los niveles de plomo en la atmósfera fueron menores a los estándares de calidad del aire (ECA). Así también, y de manera más cercana, el estudio contrasta con investigaciones realizadas también en la ciudad de Cajamarca, tales como el estudio de Juárez & Osorio (2018) y el estudio de Celis Guevara & Vasquez Oliva (2019), en los cuales los resultados indican que en periodos que comprenden años del 2012 al 2018 se pudo evidenciar que la concentración de plomo en la atmósfera fue menor al valor ECA de  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Además, otro hallazgo señala que Durante el periodo 2012- 2018 la estación de verano fue la que registró el promedio  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  más alto (0.00975), mientras que, la estación de primavera registró el promedio  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  más bajo (0.00454) de las cuatro estaciones, presentándose en las cuatro estaciones valores bajos de plomo en la atmósfera, por debajo del valor de  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este resultado se asemeja a lo hallado por el estudio de Vivanco (2019) minerales en el Callao, en donde llegó a determinar que ninguna estación del año sobrepasó los estándares de calidad del aire, es decir, se situaron por debajo de  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es decir, en ambas ciudades se observa una tendencia a permanecer en todas las estaciones del año con niveles aceptables de concentraciones de plomo en la atmósfera.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

El nivel de concentración de plomo presente en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca antes de la inmovilización por SARS COV-2 se situó en promedio en  $0.0070725 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor que representa el promedio anual del periodo 2012 al 2019 debido en el que no existían medidas de seguridad ante la inexistencia de la pandemia por SARS COV-2. Asimismo, estadísticamente no se han hallado diferencias significativas entre los niveles de concentración de plomo antes de la inmovilización por SARS COV-2.

En el año 2012 la concentración de plomo atmosférico de la ciudad de Cajamarca en promedio fue equivalente a  $0.00642 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el año 2013 el promedio fue de  $0.00650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para el 2014 el promedio alcanzado fue de  $0.00524 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante el 2015 el valor promedio fue igual a  $0.00597 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el 2016 se situó en  $0.00617 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el año 2017 el promedio alcanzó los  $0.00613 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y en el 2018 alcanzó aproximadamente los  $0.00635 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es decir, del 2012 al 2018 los niveles de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  han mantenido una tendencia constante, con una ligera baja hacia el año 2014, para luego en el 2015 volver a niveles similares a los de los años 2012 y 2013, manteniendo dicho comportamiento hasta el año 2018. Además, se determinó que el nivel más bajo de concentración de plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca se obtuvo en el año 2014, y el más alto en el año 2013. Además, estadísticamente no se hallaron diferencias significativas entre los niveles de concentración de plomo en los años analizados.

Los niveles de concentración de plomo en la atmósfera de Cajamarca en el periodo 2012 al 2018 se encontraron por debajo del valor recomendado del ECA, es decir, los

valores promedio anuales de concentración de plomo en la atmósfera de Cajamarca en cada uno de los años analizados dentro del periodo de estudio fueron menores al valor de  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Valor recomendado del ECA), lo cual a su vez determinó que la presencia de plomo en el aire en dichos años no se puede considerar perjudicial para la salud de la población de Cajamarca.

Durante el periodo 2012 al 2018 la estación de verano fue la que registró el promedio  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  más alto (0.00975), mientras que, la estación de primavera registró el promedio  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  más bajo (0.00454) de las cuatro estaciones. Acorde con la tendencia del comportamiento de las concentraciones de plomo atmosférico por estaciones del año en la estación La Colmena de Cajamarca, de la estación de verano a la estación de otoño ocurrió una baja significativa, para luego incrementarse ligeramente hacia el invierno, y finalmente descender a niveles más bajos en la estación de primavera, no obstante, estadísticamente no se hallaron diferencias significativas entre los niveles de concentración de plomo en las estaciones del periodo 2012 al 2018.

A un nivel de confianza del 95% se demuestra que en ningún año los valores de la concentración de plomo en el aire sobrepasan el ECA establecidos según DS 003-2017 el que se fundamenta en base a una significancia unilateral = 0.000 de acuerdo a la prueba estadística t de Student aplicada. Por lo tanto, en los años del 2012 al 2018 las emisiones de plomo en el aire nunca pasaron los valores del ECA.

## 5.2. Recomendaciones

Se recomienda a las autoridades de la Municipalidad de Cajamarca, en específico al personal encargado del cuidado ambiental de la ciudad, realizar campañas de concientización en la población, a fin de promover conductas que estén orientadas a mantener luego de la inmovilización por SARS COV-2 niveles adecuados de plomo en la atmósfera y de esa manera no perjudicar la salud de la ciudadanía.

Se pudo observar en el estudio que en el periodo 2012 al 2018 se han mantenido niveles bajos y aceptables de plomo en la atmósfera en la ciudad de Cajamarca, por tanto, es recomendable que las autoridades municipales respalden el trabajo del área de cuidado ambiental, brindando las herramientas necesarias para apoyar su labor en beneficio de la calidad ambiental de la ciudad.

Acorde con los resultados del estudio los niveles de concentración de plomo en la atmósfera de Cajamarca en el periodo 2012 al 2018 se encontraron por debajo del valor recomendado del ECA, en ese sentido, es necesario mantener ese buen desempeño ambiental, siendo importante para ello desarrollar campañas informativas dentro de la población para orientar sobre acciones que benefician y que perjudican los niveles de concentración de plomo en la atmósfera.

Al obtener como resultado que en la estación de verano existe una tendencia a elevarse los niveles de plomo en la atmósfera, es recomendable que se realicen investigaciones en la materia en las cuales se tenga como principal propósito analizar las concentraciones de plomo por estaciones, incluyendo el análisis de los posibles factores incidentes.

## 6. REFERENCIAS

- Angel, Q. B. (2018). *Evaluar el monitoreo de calidad de aire en la ciudad de Cajamarca, como medida de diagnostico y control del nivel de contaminacion de la zona*. CERRO DE PASCO, PERU.
- Bringas, D. M., & Osorio Villanueva, R. R. (2018). *MODELAMIENTO DE LA DISPERSIÓN DEL PLOMO EN LA ATMOSFERA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, EN LOS AÑOS, 2015 - 2017*. Universidad Privada del Norte, INGENIERIA AMBIENTAL, Cajamarca.
- CARLOS HUMBERTO, R. V. (2017). *Modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>, emitidos por la Refinería Estatal de Esmeraldas en el año 2015*. Escuela Superior Politecnica De Chimborazo, ingenieria ambiental, Ecuador.
- Carolina, A. R., & Alfonso Franco , D. M. (2021). *EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SEDIMENTO EN EL SECTOR NORTE DEL ESTERO SALADO DE GUAYAQUIL, ENTRE ENERO - FEBRERO DEL 2021*. Guayaquil - Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53521/1/BCIEQ-T-%200593%20Acosta%20Reinoso%20Diana%20Carolina%3b%20Alfonso%20Franco%20Dennis%20Mishelle.pdf>
- Carolina, M. M., & Mejía, P. J. (2014). *DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO PRESENTES EN EL MATERIAL PARTICULADO (TSP, PM<sub>10</sub>), Y CORRELACION CON LOS CASOS DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN GRUPOS ETARIOS SENSIBLES DE LA LOCALIDAD DE LOS MÁRTIRES*. UNIVERSIDAD SANTO TOMAS, COLOMBIA.
- Celis Guevara, J. M., & Vasquez Oliva, J. C. (2019). *“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL AIRE EN EL ÁMBITO DE LA ESTACIÓN LA COLMENA CAJAMARCA EN EL PERÍODO 2012 – 2018”*. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca.
- Coco Chuquiya, I. (2021). Contaminación del aire producido por el parque automotor de vehículos menores de la categoría I5 y su incidencia en el impacto vial en la ciudad de Juliaca. Obtenido de <https://revistas.uancv.edu.pe/index.php/RCIA/article/view/920>
- Daniel Alfonso, G. L. (2012). *Modelado numérico de la dispersión de contaminantes asociada al flujo atmosférico dentro de un entorno urbano específico de la Ciudad de Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia, INGENIERO MECANICO Y MECATRONICA, Colombia.
- Espinoza, F., Llinima, L., & Vargas, M. (2021). *Contaminación por Plomo*. Obtenido de Scrib: <https://es.slideshare.net/fespinoza02/contaminacin-por-plomo>
- Geografía. (noviembre de 2016). *Geografía*. Obtenido de <http://geografia5sema.blogspot.com/2016/11/conformacion-de-la-atmosfera-y-el-clima.html>
- Goicochea Carranza, C. R. (2018). *“Variables Meteorológicas y su Influencia en la dispersión de Plomo, Cobre*. UNIVERSIDAD CERSAR VALLEJO, TRUJILLO. Obtenido de [file:///C:/Users/VIDAL/Downloads/GOICOCHEA\\_CR.pdf](file:///C:/Users/VIDAL/Downloads/GOICOCHEA_CR.pdf)
- Goicochea Carranza, C. R. (2018). *“Variables Meteorológicas y su Influencia en la dispersión de Plomo, Cobre”*. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo.

- Goicochea Carranza, C. R. (2018). *Variables Meteorológicas y su Influencia en la dispersión de Plomo, Cobre y Zinc en Partículas Totales Sedimentables en la Zona Zárata Industrial 2018*. UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, INGENIERIA AMBIENTAL, PERU-LIMA.
- IDEAM. (2014). *IDEAM*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/emisiones-por-fuentes-moviles>
- Instituto la Estrella. (2018). *Instituto la Estrella*. Obtenido de Contaminación Atmosférica: <https://institutolaestrella.org/wp-content/uploads/2018/08/CONTAMINACION-ATMOSFERICA-1-parte-EG-1.pdf>
- INSTRUMENTACION STORE*. (2021). Obtenido de <https://www.instrumentationstore.co/temas-de-interes/16-la-importancia-de-medir-el-viento>
- Josue Alexander, C. C. (2017). *APLICACIÓN DEL MODELO AERMOD VIEW PARA LA EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR LAS ACTIVIDADES DE FUNDICIÓN DE PLOMO*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA, ECUADOR.
- KARINA, B. B. (2015). *“EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y SUS POTENCIALES EFECTOS FRENTE A EVENTUALES EMERGENCIAS QUÍMICAS EN ESCENARIOS URBANOS Y SUBURBANOS DEL PARTIDO DE LA PLATA”*. Univesidad e la plata, Ingenieria de la ciencias exactas, ARGENTINA.
- LINIA VERDE CEUTA. (s.f.). *LINIA VERDE CEUTA*. Obtenido de <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/consejos-ambientales/los-contaminantes-atmosfericos/sustancias-contaminantes-en-la-atmosfera.asp>
- Lisseth Perez, K., & Portillo Cordova, J. A. (2011). *DETERMINACION DE LA CONTAMINACION DE PLOMO EN LA ATMOSFERA DEL CANTÓN SITIO DEL NIÑO, MUNICIPIO DE SAN JUAN OPICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD UTILIZANDO UN BIOSENSOR VEGETAL Tillandsia juncea (GALLITO)*. Salvador. Obtenido de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2460/1/trabajo\\_de\\_graduacion.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2460/1/trabajo_de_graduacion.pdf)
- Manzur, M. E., Benzal, G., & Benzal, G. (2012). *MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS*. Universidad Nacional de La Plata, MEDIO AMBIENTE, ARGENTINA.
- Marlene, L., Téllez, M., Gómez, D., & Hernández, A. (2003). Tendencia de los niveles de plomo. *Scielo*, 1.
- Mendez Tamez, J. A. (2018). *“Análisis y caracterización de dos especies nativas del área metropolitana de monterrey para su uso como bioindicadores de sitios contaminados por plomo*. Mexico. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad\\_Aut%C3%B3noma\\_de\\_Nuevo\\_Le%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_Aut%C3%B3noma_de_Nuevo_Le%C3%B3n)
- Meteoblue. (2001). *Meteoblue* . Obtenido de <https://content.meteoblue.com/es/especificaciones/variables-meteorologicas/viento>
- Meteriologia siglo XXI*. (s.f.). Obtenido de Meteriologia siglo XXI: <http://www.canaltiempo21.com/capitulo-6-el-viento/>
- (s.f.). *MINAM*.

- MINAM. (Diciembre de 2016). *CALIDAD EL AIRE*. Obtenido de <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE . (2019). *Estandares de calidad ambiental*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-de-calidad-ambiental>
- MINSA. (27 de 11 de 2020). Resolución Ministerial. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1467798/RM%20972-2020-MINSA.PDF.PDF>
- OPS-OMS. (2017). *Calidad del Aire Ambiente*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/calidad-aire-ambiente>
- Peralta, J., Delgado, E., Vera, J., & Barriga, A. (2009). *Modelamiento de dispersión de contaminantes en la atmósfera emitidos por generadores termoeléctricos móviles*. Ecuador.
- Quispe Berrocal , L. A. (2018). *Evaluación del monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Cajamarca como una medida de diagnóstico y control del nivel de contaminación de la zona-2017*. Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/574/1/TESIS.pdf>
- Rafael Nery, L. A. (2013). *Nivel de confiabilidad de la modelación usada en la aplicación de Modelos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos en los Estudios de Impacto Ambiental del Perú, 2005-2010*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Departamento de Física, TACNA.
- Rioja, G. d. (2016). *GOBERNO DE LA RIOJA*. Obtenido de <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/contaminacion/problemas-contaminacion-atmosferica/tipos-contaminantes>
- Rojano, R. E., Mendoza, Y. I., Arregoces, H., & Restrepo, G. M. (2016). *Dispersión de Contaminantes del Aire (PM10, NO2, CO, COV y HAP) emitidos desde una Estación Modular de Compresión, Tratamiento y Medición de Gas Natural*. Universidad de Antioquia UdeA, Departamento de Ingeniería Química, Medellín, Colombia.
- Salud, O. M. (2021). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Sistema Nacional de información Ambiental. (s.f.). *Sistema Nacional de información Ambiental*. Obtenido de Indicador: Vehículos por cada mil habitantes: <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/966>
- Troposfera. (2005). *T*. Obtenido de <https://www.troposfera.org/conceptos/contaminantes-quimicos-de-la-atmosfera/plomo-pb/>
- Ubillos, J. (2003). *La presencia del plomo en el medio ambiente*. Obtenido de [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/ubillus\\_lj/cap4.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/ubillus_lj/cap4.pdf)
- Villa, R. P. (2015). *DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA EN LA CIUDAD DE LIMA*. UNIVERSIDAD DE PIURA, PIURA.
- Vivanco Espinoza, E. J. (2019). *“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM10 Y PLOMO EN EL AIRE AMBIENTAL, EN LOS PUEBLOS JÓVENES CERCANOS A LOS DEPÓSITOS DE MINERALES EN EL CALLAO”*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Lima.

Zambrano Prieto, O. (2016). *“CARACTERIZACION DE MATERIAL PARTICULADO, PLOMO Y ARSENICO PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL DISTRITO DE ISLAYMATARANI”*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN, Arequipa.