

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

Evaluación de la contaminación del aire ocasionado por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras en el área urbana del Centro Poblado de Paragsha - Región Pasco, Agosto-Noviembre 2017

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor: Bach. Michael Paul CASTRO UTCANI

Asesor: Mg. Josué Herminio DIAZ LAZO

Cerro de Pasco - Perú – 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

Evaluación de la contaminación del aire ocasionado por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras en el área urbana del Centro Poblado de Paragsha - Región Pasco, Agosto-Noviembre 2017

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Rosario Marcela VASQUEZ GARCÍA
PRESIDENTE

Dr. Rommel Luis LÓPEZ ALVARADO
MIEMBRO

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios: por iluminarme y guiarme siempre al estar conmigo en todo momento en el camino durante toda la vida y permitirme seguir adelante dándome las fuerzas necesarias para culminar mis estudios y lograr mis metas.

A mis padres: por haberme dado una buena educación, comprensión, paciencia, apoyo en todo momento y sobre todo darme ánimos para seguir adelante.

RECONOCIMIENTO

Como autor de la presente tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, deseo expresar mis agradecimientos a todos aquellos que, de una forma u otra colaboraron al desarrollo y materialización de mis ideas.

En particular quiero agradecer a los siguientes:

A mis padres: Orlando Castro Tello y Rosa Utcani Tello

A mis hermanos: Milton, Lisbeth y pilar

A mis hermanos: Carlos y Eddie, que en vida fueron y que siempre me apoyaron en los momentos más difíciles para salir adelante.

A mi asesor: Ing. Josué Diaz Lazo, por su apoyo y moral para seguir adelante.

RESUMEN

La contaminación del aire por polvo atmosférico sedimentable (PAS) constituye un importante problema ambiental. El presente trabajo de investigación se realizó en centro poblado de Paragsha distrito de Simón Bolívar departamento de Pasco, cuyo objetivo fue evaluar la contaminación del aire ocasionada por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras durante los meses de marzo, abril y mayo, con el propósito de determinar la concentración del polvo atmosférico sedimentable y, se eligió 15 puntos de muestreo donde se aplicó la metodología de muestreo pasivo, que consistió en la colocación de placas petri con un adherente (vaselina) que fueron ubicados en el segundo nivel de las viviendas, por treinta (30) días durante 03 meses. Para la ubicación de las estaciones a monitorear se tuvo en cuenta el tipo de vía, densidad poblacional y tráfico; logrando determinar con ello 03 zonas de muestreo en el centro poblado de Paragsha: Centro, Intermedia y Periferia. Los resultados obtenidos del monitoreo de PAS dieron un valor promedio final de $0.49 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$, el cual se encuentra dentro del rango de los LMP para PAS establecido por la Organización Mundial de la Salud, que es de $0.50 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$ como valor máximo.

Palabras clave: Polvo Atmosférico Sedimentable; Placas receptoras; Límites Máximos Permisible

ABSTRACT

Air pollution by sedimentable atmospheric dust constitutes a major environmental problem. The present research work was carried out in the center of Paragsha district of Simón Bolívar department of Pasco, whose objective was to evaluate the air pollution caused by the sedimentable atmospheric dust by the method of receiving plates during the months of March, April and May, in order to determine the concentration of the sedimentable atmospheric dust, we chose 15 sampling points where the passive sampling methodology is applied, which consists of the placement of petri dishes with an adherent (petrolatum) that were stopped at the second level of the housing, for thirty (30) days for 03 months. For the location of the stations to be monitored, the type of road, population density and traffic were taken into account; managing to determine with it 03 sampling areas in the center of Paragsha: Center, Intermediate and Periphery. The results of the PAS monitoring gave a final average value of 0.49 mg / cm² x month, which is within the range of LMP for PAS established by the World Health Organization, which is 0.50 mg / cm² x month as maximum value.

Keywords: Atmospheric Dust Sedimentable; Receiving plates; Maximum Permissible Limits

INTRODUCCIÓN

En la actualidad vivimos épocas de crecimiento poblacional, en donde las actividades del hombre han provocado una serie de efectos negativos en el mundo, actividades que han dado un gran apoyo al desarrollo industrial, económico, agrario, etc., pero también ha sido uno de los factores preponderantes en el avance de la contaminación de la atmósfera del planeta en sus diversas formas. Para determinar la calidad del aire existen una gran variedad de parámetros de estudio, en las cuales se encuentra el Polvo atmosférico sedimentable, siendo estas todas las partículas $\geq 10 \mu\text{m}$. que se encuentran en el aire y tienden a sedimentarse sobre la superficie terrestre, objeto o infraestructura que lo ocupe y está formado por polvo polen, hollín, humo, etc. Por lo que la Organización Mundial de la Salud estableció el límite máximo permisible para este contaminante $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$, debido a que causan efectos negativos en la salud a nivel de aparato respiratorio

En el presente trabajo de investigación se realizó la evaluación de la concentración del polvo atmosférico sedimentable utilizando el método de placas receptoras, método sencillo, manejable y de bajo costo, para determinar si existe contaminación del aire por PAS en el centro poblado de Paragsha, de igual manera permitió conocer las áreas con mayores valores de concentración PAS, así como también permitió proporcionar una base de datos, que pueden ser utilizadas para ejecución de acciones orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de la población del centro poblado de Paragsha.

El trabajo de investigación se divide en cuatro capítulos:

El primer capítulo es el problema de la investigación. Así mismo se determina los objetivos generales y específicos y la justificación del estudio.

En el segundo capítulo, el marco teórico que respalda la investigación con los antecedentes, las bases teóricas, las definiciones conceptuales, las hipótesis, las variables y la operacionalización de variables.

El tercer capítulo, la metodología y técnicas de la investigación se considera el tipo de investigación, diseño, población y muestra, técnicas e instrumento de recolección de datos y técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

El cuarto capítulo, son los resultados y discusión que se han obtenido con la información recopilada en el laboratorio y en campo.

Esperando que este trabajo de investigación contribuya en reducir la contaminación por polvo atmosférico sedimentable y mejorar la salud de la población de Paragsha, me acojo a las observaciones, recomendaciones y críticas constructivas siempre buscando la mejora continua en mi formación profesional

INDICE

Pág.

DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
INDICE	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema	3
1.3.1. Problema principal	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación	4
1.6. Limitaciones de la investigación	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
2.1.1. Antecedentes Nacionales	6
2.1.2. Antecedentes Internacionales	10
2.2. Bases teóricas – científicas	14
2.2.1. Contaminación Atmosférica.....	14
2.2.2. Fuentes de la contaminación atmosférica.....	14
2.2.3. Tipos de contaminantes atmosféricos.....	17
2.2.4. Parámetros meteorológicos	18
2.2.5. Partículas.....	19
2.2.6. Partículas atmosféricas sedimentables (PAS)	21

2.2.7. Metodologías para monitoreo atmosférico.....	24
2.2.7.1.Método Pasivo de Monitoreo de Partículas.	25
2.2.7.2. Método Activo de Monitoreo de Partículas	26
2.2.8. Medición de polvo atmosférico sedimentable	27
2.2.9. Normas Nacionales para partículas atmosféricas sedimentables.	30
2.3. Definición de términos básicos.....	30
2.4. Formulación de Hipótesis:.....	34
2.4.1. Hipótesis General	34
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	34
2.5. Identificación de variables	35
2.5.1. Variables Independientes	35
2.5.2. Variables Dependientes.....	35
2.5.3. Variables Intervinientes.....	35
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	35

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	37
3.2. Métodos de investigación	37
3.3. Diseño de investigación.....	39
3.4. Población y muestra	40
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	42
3.7. Tratamiento Estadístico.....	45
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	45
3.9. Orientación ética.	45

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	47
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	49
4.2.1. Resultados obtenidos del muestreo pasivo en el centro poblado de Paragsha	49
4.2.2. Resultados obtenidos del muestreo pasivo de PAS por zonas en el centro poblado de Paragsha.....	54

4.2.3. Resultados promedios obtenidos del muestreo pasivo de PAS por zonas en el centro poblado de Paragsha.....	58
4.2.4. Resultados promedios obtenidos del muestreo pasivo de PAS zona 1, zona 2 y zona 3	61
4.3. Prueba de Hipótesis.....	62
4.4. Discusión de resultados.....	63

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CAPÍTULO I.

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La atmósfera contaminada puede dañar la salud de las personas y afectar a la vida de las plantas y los animales. Pero, además, los cambios que se producen en la composición química de la atmósfera pueden cambiar el clima, producir lluvia ácida o destruir la capa de ozono, fenómenos todos ellos de una gran importancia global. El aire es un recurso natural que, así como sucede con muchos otros, recibe el embate de la contaminación generada por el hombre y también una aportación de la misma naturaleza.

El polvo atmosférico sedimentable o partículas atmosféricas sedimentables, está constituido por partículas contaminantes sólidas de un diámetro equivalente mayor o igual a 10 micras ($D=10\mu$); tamaño y peso que está dentro de la influencia de la fuerza de atracción gravitatoria terrestre (gravedad), por lo que sedimentan y se depositan en forma de polvo en las diferentes superficies (edificios y objetos en general de

exteriores e interiores, áreas verdes, avenidas y calles con o sin asfalto), desde donde vuelven a ser inyectados al aire por los llamados flujos turbulentos de las zonas urbanas; de este grupo de partículas, las más finas son las más peligrosas ya que tienen una mayor capacidad de penetración en el sistema respiratorio.

El área de estudio es el centro poblado de Paragsha y no es ajena a la exposición de este agente contaminante (PAS), el sistema vial es obsoleto, las pistas tienen grietas muy pronunciadas, las cuales son cubiertas con tierra y hormigón, además existen avenidas que no tiene asfalto, a esto le sumamos un crecimiento urbano acelerado de la ciudad que se desarrolla sin ninguna planificación, el desconocimiento y falta de práctica de principios básicos de sanidad en el entorno social, todo esto unido a un alto flujo vehicular genera contaminación ambiental por polvo atmosférico sedimentable que afecta la calidad de vida y salud de la población.

1.2. Delimitación de la investigación

En la actualidad vivimos épocas de crecimiento en donde la actividad del hombre ha provocado una serie de efectos negativos en el mundo, actividades que han dado un gran apoyo al desarrollo industrial, económico, agrario, etc., pero también ha sido uno de los factores preponderantes en el avance de la contaminación de la atmósfera del planeta en sus diversas formas. Las partículas pueden ser emitidas al aire de forma directa cuando provienen de fuentes como los procesos de combustión o el polvo arrastrado por el viento; estas partículas causan efectos negativos sobre la salud a nivel de aparato respiratorio y el

sistema cardiovascular. Por tanto, evaluar el nivel de PAS nos ayudará a determinar el grado de contaminación del aire en el centro poblado de Paragsha, así como también proporcionar una base de datos que permitirá generar información técnica para la toma de decisiones orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de la población del centro poblado de Paragsha.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema principal

- ¿En qué medida se evaluará la contaminación del aire ocasionado por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras en el centro poblado de Paragsha?

1.3.2. Problemas específicos

- 1 ¿En qué lugares del centro poblado de Paragsha existe una mayor concentración de partículas atmosféricas sedimentables?
- 2 ¿Los valores obtenidos de la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable en el centro poblado de Paragsha se encuentran dentro de los límites que establece la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS)?
- 3 ¿Cuáles son los posibles impactos que causan las partículas atmosféricas sedimentables en la zona de mayor concentración?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la contaminación del aire ocasionada por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras en el centro poblado de Paragsha.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar puntos de muestreo en el centro poblado de Paragsha y colocar los dispositivos para cuantificar la cantidad de polvo atmosférico sedimentable.
- Determinar si la concentración del polvo atmosférico sedimentable en el centro poblado de Paragsha se encuentran dentro de los límites que establece la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Evaluar la zona de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable y los posibles impactos que podría estar generando en la población principalmente.

1.5. Justificación de la investigación

El presente estudio de investigación tiene como finalidad evaluar la contaminación del aire ocasionado por el polvo atmosférico sedimentable por medio del método de placas receptoras en centro poblado de Paragsha para prevenir que la presencia de contaminantes atmosféricos en el aire pueda significar o representar un riesgo en la salud de la población (asma, bronquitis, TBC, amigdalitis, conjuntivitis, etc.) y en el medio ambiente (impactos negativos), ya que las partículas atmosféricas sedimentables son un problema latente que tenemos constantemente y

que debemos de encontrar mecanismos de control para maximizar la calidad de vida de la población.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones de la presente investigación son las siguientes:

- Falta de presupuesto para realizar análisis químico de las muestras.
- Falta de disponibilidad de personal para la toma de muestras en las áreas determinadas.
- El acceso a la información sobre la dirección y velocidad del viento, limita a realizar una evaluación completa, ya que no se cuenta con esa información.
- Carencia de mapas estratégicos de contaminación atmosférica, que permitan comparar los datos obtenidos durante el trabajo de campo con los datos anteriores.
- El desinterés de la población del área de estudio y la falta de sensibilización de sobre el tema de contaminación del aire y sus impactos.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Nacionales

- **Rubén Marcos, Mileydi Cabrera, Héctor Laos, Dalma Mamani y Andrés Valderrama: “Estudio Comparativo para la Determinación del Polvo Atmosférico Sedimentable Empleando las Metodologías de Tubo Pasivo y de Placas Receptoras en la Ciudad Universitaria de San Marcos – Lima”. Universidad Nacional de San Marcos. Lima 2009.**

Resumen

En esta investigación se realiza el análisis comparativo de resultados de las mediciones de los niveles de concentraciones de polvo atmosférico (PS) obtenidas mediante dos metodologías validadas; la primera validada por DIGESA, denominada “tubo pasivo” y la segunda polvo atmosférico sedimentable (PAS) validada por SENAMHI denominada “placas receptoras”, para el

trabajo experimental se ubican estaciones de monitoreo en la ciudad universitaria de la UNMSM, la ubicación de estos puntos, han sido previamente evaluados de acuerdo a los factores que influyen en la medición: velocidad y dirección del viento, humedad relativa, temperatura, densidad poblacional. Los resultados del monitoreo de la concentración de PAS, PS de cada punto, obtenidos mediante las dos metodologías; son comparados con el nivel de referencia normado por los límites máximos permisible dado por la Organización Mundial de la Salud, que es de 0.5 mg/cm²/mes. El análisis comparativo permite determinar la estación que presenta la mayor incidencia de concentración de polvo atmosférico sedimentable y partículas sedimentable.

- **Freddy Rusber Lozano Coral: “Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, mediante el método de Muestreo Pasivo, Zona Urbana – Ciudad de Moyobamba, 2012”. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Moyobamba 2013.**

Resumen

Mediante el presente trabajo de investigación que se realizó en la ciudad de Moyobamba desde el mes Octubre del 2012 al mes Enero del 2013, se logró determinar el grado de partículas sedimentables en nuestra ciudad, para lo cual se establecieron 15 estaciones de monitoreo donde se aplicó la metodología de Muestreo Pasivo, que consistió en la colocación de placas petri

ubicados en el segundo nivel de las viviendas, por treinta (30) días durante 03 meses. Para la ubicación de las estaciones a monitorear se tuvo en cuenta el tipo de vía, densidad poblacional y tráfico; logrando determinar con ello 03 zonas de muestreo en la ciudad de Moyobamba: Centro, Intermedia y Periferia ubicando en casa zona 05 estaciones de monitoreo. Los resultados obtenidos del monitoreo de partículas sedimentables, se obtuvo un valor promedio final de $0.70 \text{ mg/cm}^2 - \text{mes}$ en las estaciones de muestreo, sobrepasando así los Estándares de Calidad Ambiental para Partículas Sedimentables en $0.20 \text{ mg/cm}^2 - \text{Mes}$, establecido por la Organización Mundial de la Salud OMS, que es de $0.50 \text{ mg/cm}^2 - \text{Mes}$ como valor máximo.

De acuerdo a los resultados obtenidos del monitoreo de las partículas sedimentables se determinó la existencia de una relación directa entre las condiciones meteorológicas y la generación de partículas sedimentables, es decir en los meses de mayor precipitación se registraron menor cantidad de partículas sedimentables en comparación con el mes de menor precipitación se registró mayor cantidad de partículas sedimentables.

- **Jhonny Rodríguez Vargas: “Polvo atmosférico sedimentable y su incidencia en las infecciones respiratorias agudas en el distrito de Los Olivos, 2017”. Universidad Cesar Vallejo. Lima, 2017.**

Resumen

La contaminación atmosférica por polvo atmosférico sedimentable constituye un importante problema ambiental en el distrito de Los olivos. En esta investigación, el objetivo es determinar la concentración de polvo atmosférico sedimentable y su incidencia en las infecciones respiratorias agudas en el distrito de Los olivos, 2017. Para obtener las concentraciones se utilizó el método gravimétrico, que consiste en colocar una placa de vidrio de 10x10 cm con un adherente, durante un tiempo de exposición semanal. Los casos de morbilidad por infecciones respiratorias agudas fueron obtenidos del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades, las cuales fueron sometidas a pruebas estadísticas de correlación, Normalidad y prueba t para muestras emparejadas.

De los resultados obtenidos la prueba de normalidad dio como valor 0.356 para polvo atmosférico sedimentable y un valor 0.617 para infecciones respiratorias agudas, la prueba t para muestras emparejadas dio como resultado que no hay diferencia significativa en las medias del peso inicial y el peso final de la placa receptora, el valor de correlación de Pearson es. 941 para la concentración de polvo atmosférico sedimentable y casos de infecciones respiratorias agudas. De los resultados obtenidos se pudo concluir que si existe una buena correlación entre la concentración de polvo atmosférico sedimentable y las infecciones respiratorias agudas.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

- **Aida Maricela Corleto Escobar, Dania Marcela Cortez Aquino: “Comparación de los métodos de Bergerhoff y placas receptoras para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable”. Universidad de El Salvador. Centro América 2012.**

Resumen

La presente investigación consistió en la comparación de dos métodos gravimétricos, que permiten cuantificar la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable; con el objetivo de verificar si los resultados obtenidos por cada método son similares y si pueden ser aplicables; los cuales son el método de Bergerhoff y el método de las placas receptoras, realizándose en las Instalaciones del Campus de la Universidad de El Salvador, Sede Central. Aplicando los requisitos para la toma de muestra, se colocaron los dispositivos de muestreo en cinco de las entradas vehiculares al Campus Universitario; para el Método de las Placas Receptoras, se utilizaron placas de Petri con un adherente como la vaselina; y para el Método de Bergerhoff, depósitos plásticos con capacidad de 4 litros; en ambos métodos se exponen los dispositivos de muestreo por un período de 30 días, se remplazan y se trasladan al laboratorio de Bioquímica y Contaminación Ambiental, de la Facultad de Química y Farmacia, para su respectivo análisis. El período de muestreo comprendió los meses de mayo a agosto del año 2012, en donde se tomaron los meses de mayo y junio como

época seca, ya que no estaba bien definido el inicio de la época lluviosa; y de julio a agosto como época lluviosa, debido a que las características meteorológicas en ambos períodos son diferentes; en donde factores climatológicos influyen en los resultados obtenidos, al igual que factores relacionados al sitio de muestreo. Con el empleo del método de Bergerhoff se obtuvieron en época seca, resultados que oscilan entre 1.8104 – 4.0139 mg/cm² x 30 días, y en época lluviosa valores entre 12.2401 y 20.1355 mg/cm² x 30 días sobrepasándose en ambas épocas el Límite Máximo permitido que establece la Organización Mundial de la Salud para Polvo Atmosférico Sedimentable (0,5 mg/cm² x 30 días); mientras que con el método de Placas Receptoras se observan valores inferiores de concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable que varían entre 0.3483 y 0.7794 mg/cm² x 30 días, en época seca; y valores que en promedio oscilan entre 0.0006 y 0.0011 mg/cm² x 30 días en época lluviosa.

- **Paulina Alejandra Salinas Vio: “Contaminación atmosférica por material particulado y consultas de urgencia por morbilidad respiratoria en menores de 5 años en la ciudad de Valdivia, período mayo – julio, año 2010”. Universidad Austral de Chile. Valdivia, 2012.**

Resumen

La contaminación del aire es un importante problema de salud ambiental que afecta a países desarrollados y en desarrollo de todo el mundo. Ésta se define como la presencia de sustancias

extrañas en la atmósfera en concentraciones suficientes como para interferir en la salud, seguridad o bienestar de los seres vivos, además de constituir un problema ambiental debido a que la acción antrópica genera un efecto sobre un componente ambiental (aire) y a su vez el deterioro de éste afecta la supervivencia y la calidad de vida del hombre.

La evidencia disponible señala que la contaminación por concentraciones elevadas de $MP_{2.5}$, MP_{10} y ácido sulfúrico (gas) producen un riesgo elevado de mortalidad en la población, el que es mayor con el $MP_{2.5}$; este contaminante produce un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad asociado especialmente a enfermedades cardiovasculares y respiratorias, principalmente en los más vulnerables, niños y adultos mayores.

A nivel local, en Valdivia, no existen estudios que evalúen el efecto de la contaminación por MP sobre la salud de la población. Considerando que desde hace un par de años (2008) se dispone de una estación de monitoreo de contaminantes atmosféricos en la ciudad, parece relevante intentar evaluar como esta exposición podría afectar la salud, en especial de población vulnerable como los niños.

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar la asociación entre los índices MP_{10} y $MP_{2.5}$ el número de consultas de morbilidad por causas respiratorias de menores de 5 años inscritos en el

Consultorio Externo Valdivia (CEV), durante el período de mayo a julio del año 2010.

Se planteó un estudio epidemiológico, observacional de enfoque ecológico. Este proyecto propuso evaluar la asociación entre una variable de exposición: nivel de contaminación por MP y un desenlace (outcome): consulta de urgencia por morbilidad respiratoria. Se recogió información sobre la concentración de MP fino ($MP_{2.5}$) y grueso (MP_{10}) desagregado por hora. Además, se recopiló información sobre la variable climatológica temperatura (T°) del mismo sistema.

El promedio de consultas diarias por mes fue de 12,9 ($\pm 4,8$) para mayo, 13,2 ($\pm 5,0$) para junio y 16,5 ($\pm 4,4$) para julio, observándose una media significativamente mayor en julio respecto a los meses precedentes. El promedio de temperatura por meses obtenidos mediante los datos disponibles en SIVICA, fue de 7,4 $^\circ C$ ($\pm 2,9$) para mayo, 8,3 $^\circ C$ ($\pm 2,3$) para junio y 6,4 $^\circ C$ ($\pm 2,1$) para julio, observándose una diferencia significativa entre los promedios de junio y julio siendo este último mes el que presentó la media de temperatura más baja. La mediana de niveles de $MP_{2.5}$ por mes fue de 94,5 $\mu g/m^3$ para mayo, 84,3 $\mu g/m^3$ para junio y 60,2 $\mu g/m^3$ para julio, observándose que no existen diferencias significativas entre estos niveles por mes. La mediana de niveles de MP_{10} por mes fue de 85,1 $\mu g/m^3$ para mayo, 67,5 $\mu g/m^3$ para junio y 62,85 $\mu g/m^3$ para julio. Al evaluar el comportamiento de la concentración de

MP₁₀ por mes tampoco se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas.

Los resultados indicaron que la hipótesis científica planteada en este estudio no fue comprobada, debido a que el aumento de concentraciones de MP, no se asoció a un incremento de las consultas diarias de morbilidad por causa respiratoria, pero sin duda dada la importancia y trascendencia de éste tipo de estudios, es necesario escatimar esfuerzos en seguir evaluando los efectos de las variables atmosféricas y meteorológicas en la salud de la población en el mundo y principalmente en nuestro país.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Contaminación Atmosférica.

La contaminación atmosférica puede definirse como la presencia en la atmosfera de sustancias o energía en tales cantidades y de tal duración que son capaces de causar daños a los seres humanos, a las plantas o la vida animal, o de dañar objetos y estructuras fabricadas por el ser humano o de provocar cambios de temperatura y clima, o dificultades para el cómodo disfrute de la vida, de los bienes o de otras actividades humanas.¹

2.2.2. Fuentes de la contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica tiene componentes de origen natural y emisiones producto de las actividades humanas. Los

¹ CAPÓ, Miguel. Principios de Ecotoxicología. 1ra ed. Madrid: Tébar, 2007. 320 p.

contaminantes del aire pueden ser compuestos gaseosos, aerosoles o material particulado. Dentro de los contaminantes gaseosos se puede mencionar el ozono, los óxidos de azufre y de nitrógeno, dióxido de azufre y compuestos volátiles inorgánicos y orgánicos. El material particulado está compuesto, a su vez, por partículas suspendidas totales, partículas suspendidas menores a $10\mu\text{m}$ y partículas suspendidas con un diámetro menor a $2.5\mu\text{m}$. Dentro de las diferentes fuentes de emisiones a la atmósfera se puede distinguir dos grandes tipos: las fuentes móviles y las fuentes fijas.

a. Fuentes móviles

Si bien la definición de fuente móvil incluye prácticamente a todos los vehículos. Los motores de los vehículos son los responsables de las emisiones de CO, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles, que son originados durante la combustión. Ejemplos de fuentes móviles son los ferrocarriles, helicópteros, tranvías, tractor camiones, aviones, maquinarias no fijas con motores de combustión y similares, que por su operación puedan generar emisiones contaminantes al aire.

b. Fuentes fijas: Existen tres tipos:

- **Fuentes naturales:** Son todas las emisiones producidas de forma natural, producidas por océanos, plantas, volcanes, suspensión de suelos, emisiones por digestión anaeróbica y aeróbica de sistemas naturales. En resumen, es toda aquello

emitido por vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos, que son denominadas emisiones biogénicas, cuyo rol es importante en la química de la tropósfera al participar directamente en la formación del ozono.

- **Fuentes de área:** Son las fuentes de contaminación que emiten menos de 10 toneladas anuales de un solo contaminante peligroso del aire o menos de 25 toneladas anuales producto de una combinación de contaminantes peligrosos del aire en un área específica. Dentro de las cuales se encuentran las estaciones de servicio, operaciones de pintura uso de solventes, procesamiento de residuos. Además, en las fuentes de área hay una amplia gama de actividades de los pobladores, como el uso de disolventes de pintura, gas y carbón para parrillas, mantenimiento del césped. En este tipo de emisión se encuentra una gran gama de contaminantes, de un nivel muy variado de impacto en la salud.

- **Fuentes puntuales:** Son producto de la generación de energía eléctrica y de actividades industriales: maderera, metalúrgica, metálica, química, textil, manufacturera y procesadora de productos animales y vegetales, entre otros. Las emisiones que son producto de la combustión realizada para la generación de vapor y energía, necesitan de la calidad de los combustibles y de la eficacia de los quemadores, mantenimiento del equipo (filtro, lavadores y precipitadores, entre otros). Dentro de los principales contaminantes

asociados a la combustión son partículas (SO₂, NO_x, CO₂, CO e hidrocarburos).

2.2.3. Tipos de contaminantes atmosféricos²

De acuerdo a su origen, los contaminantes atmosféricos están clasificados como primarios y secundarios. Los contaminantes primarios son aquéllos emitidos por la atmósfera como resultado de un proceso natural o antropogénico (causadas por las actividades del hombre). Estos contaminantes, están presentes en la atmósfera en su mayor parte en la misma forma como fueron emitidos. Los contaminantes secundarios se forman en la atmósfera como el producto de alguna reacción; la cual podría ser fotoquímica o no fotoquímica, por ejemplo, hidrólisis y oxidación.

Por su estado físico los contaminantes pueden ser clasificados como gases y partículas, las cuales incluyen sólidos y líquidos. Los gases presentes en la atmósfera como contaminantes, se comportan como el mismo aire, es decir, una vez difundidos no tienden a depositarse. En lo que a partículas se refiere, las de mayor tamaño se depositan con más rapidez y producen sus efectos cerca de la fuente; las de mediano tamaño se alejan más y se depositan a una cierta distancia de la fuente; mientras que las partículas más pequeñas se comportan casi igual a un gas, esto

² Gutiérrez; H. J. [et al.]. Ávila Valdivieso; J. J.; ed. Contaminación del aire: riesgos para la salud. México, D.F.: Manual Moderno, 1997; p.4-5

es, se mantienen suspendidas y son transportadas por los vientos a distancias mayores.

Por su composición química, los contaminantes pueden ser clasificados en orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos se pueden definir como aquellos que contienen carbono e hidrógeno, pudiendo contener, además otros elementos; los inorgánicos incluyen compuestos simples del carbono como son CO y CO₂ (Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono, respectivamente), partículas metálicas, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, etc.

2.2.4. Parámetros meteorológicos

Todos los contaminantes del aire emitidos por fuentes puntuales y distribuidas son transportados, dispersos, o concentrados por condiciones meteorológicas y topográficas. Por lo tanto, la velocidad y dirección del viento, humedad, temperatura, radiación solar y precipitación son factores que influyen en la calidad del aire y determinan condiciones de transporte o remoción, diseminación en el entorno, dilución o concentración de los contaminantes a ser observados.³

- Los vientos diluyen y dispersan rápidamente los contaminantes en el área circundante, por lo que la velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área, su dirección señala la zona hacia la que se pueden

³ WARK.K y WARNER.C. Contaminación del Aire origen y control. México D.F: LIMUSA, 2007. 650 p.

desplazar los contaminantes, mientras que la turbulencia provoca una acumulación de contaminantes⁴

- La temperatura del aire y sus variaciones con la altura, determina los movimientos de las masas del aire y, por lo tanto, las condiciones de estabilidad o inestabilidad atmosféricas. Así mismo, estas variaciones verticales de temperatura pueden dar lugar a situaciones de inversión térmica, lo que dificulta la dispersión de la contaminación.⁵
- Las precipitaciones lavan la atmósfera al arrastrar parte de los contaminantes al suelo. Las condiciones atmosféricas de bajas presiones que suelen acompañar a las precipitaciones favorecen la dispersión de contaminantes.⁶

2.2.5. Partículas

- En lo que se refiere a partículas se define como cualquier materia que se encuentra en estado líquido o sólido en una corriente de gas o en la atmósfera. Se emplea el término material particulado (PM) para describir un tipo de contaminante en el aire que consiste en una mezcla compleja y variada de partículas ya sea sólida o líquida, que se encuentran suspendidas en el aire que respiramos. Además, estas son

⁴ INCHE, Jorge. Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones. 2004.118 p.

⁵ CORLETO, M y CORTES, M. Comparación de los métodos de Bergerhoff y placas receptoras para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable, 2012. 2013. 161p.

⁶ INCHE, Jorge. Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones, 2004.118 p.

consideradas como uno de los contaminantes principales en el aire.⁷

Según su composición química se pueden clasificar en compuestos de nitrógeno, de azufre, compuestos orgánicos, etc. Por lo tanto, pertenecen a numerosas categorías en función del punto de vista de la clasificación que se utilice.⁸

Las partículas que actúan como contaminante atmosférico suelen tener un tamaño comprendido entre 10^{-1} y 10^{-3} μm , las partículas mayores a $100 \mu\text{m}$ su velocidad de sedimentación se hace elevada, logrando un tiempo de residencia en la atmósfera muy corto, cabe mencionar que, según se encuentre o no en movimiento la fuente que genera los contaminantes, esta se denomina fija (por ejemplo, una cementera) o móvil (por ejemplo, un automóvil). Las partículas que tienen un tamaño superior a $10 \mu\text{m}$, se las han clasificado como partículas sedimentables, estas tienen un tiempo de residencia en el aire corto. Por esta, los efectos de las partículas sedimentables se dejan notarse con una mayor incidencia en las proximidades del punto donde se producen.⁹

En la tabla N° 01 se muestra las denominaciones, para los diferentes tamaños de partículas.

⁷ GARCIA, Héctor. Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión estudio de caso: Bogotá. 2006. 73p.

⁸ GALLEGO, A. et al. Contaminación Atmosférica. 1ra. ed. Madrid: Universidad de Educación a Distancia, 2012. 441p.

⁹ JIMÉNEZ, Blanca. La Contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. 1ra. Ed. México D.F.: Limusa, 2005. 926p.

Tabla N°01: Tamaño de partículas y su descripción

Tamaño (µm,)	Denominación	Descripción
<0.1	Núcleos de Aitken	Cargadas eléctricamente y se mueven chocando al azar, formando agregados.
0.1 - 10	Materia en suspensión	Suspensiones mecánicamente estables que pueden ser transportadas a grandes distancias.
10 -1000	Materia sedimentable	Presenta efectos en zonas próximas a la fuente, puesto que sedimentan.

Fuente: Departamento de ingeniería Química. Universidad de los Andes. Bogotá

2.2.6. Partículas atmosféricas sedimentables (PAS)

Las partículas atmosféricas sedimentables o denominado también polvo atmosférico sedimentable, se caracteriza por permanecer un corto de tiempo de residencia en la atmósfera, pueden ser emitidas por una gran variedad de fuentes de origen natural o antropogénico. Los contaminantes atmosféricos sedimentables que se originan de forma natural son producto de la acción del viento sobre la superficie de la tierra, en forma de emisiones fugitivas, mientras que la de origen antropogénico se originan de actividades como la minería, la construcción, perforaciones, transporte, tamizado, barreduras, explosiones, en la mezcla de materiales.¹⁰

Las partículas pueden tener una composición fisicoquímica homogénea o estar constituidas por diversos compuestos

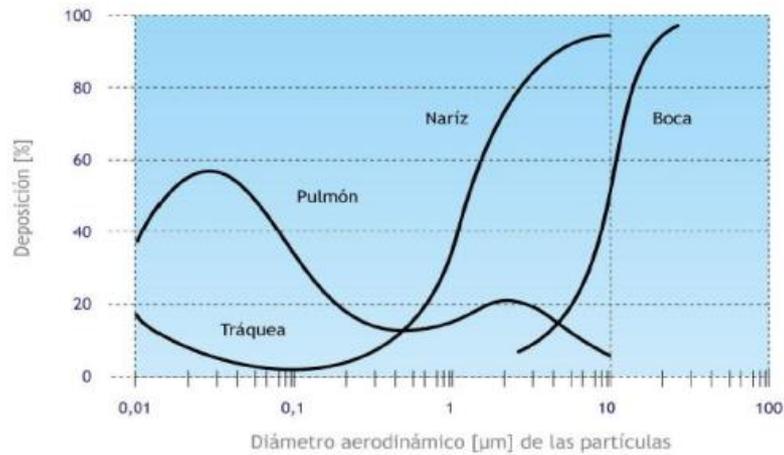
¹⁰ PUIGSERVER, M y DOLORS. M. El medio atmosférico: meteorología y contaminación. Barcelona.2014. 246p.

orgánicos e inorgánicos. Entre los componentes orgánicos se encuentran: fenoles, ácidos, alcoholes y material biológico (polen, protozoarios, bacterias, virus, hongos, esporas y algas). Entre los compuestos inorgánicos se encuentran nitratos, sulfatos, polímeros, silicatos, metales pesados (hierro, plomo, manganeso, zinc o vanadio) y elementos derivados de pesticidas y plaguicidas.

El material en partículas aerotransportado está compuesto de partículas sólidas y líquidas, suspendidas y dispersas en el aire. Las propiedades de estas partículas varían en términos de su composición química, morfología (tamaño/forma), parámetros ópticos (color/ dispersión de la luz) y características eléctricas (carga, resistencia). Debido a que son de tamaño, forma y composición variada, para su identificación en cuanto a su tamaño y forma, se han clasificado en términos de diámetro aerodinámico, que se define como el diámetro de una esfera con densidad de 1 g/cm³ (densidad unitaria), con la misma velocidad terminal debida a la fuerza gravitacional en aire en calma que la partícula en cuestión, bajo las mismas condiciones de presión, temperatura y humedad relativa. Las partículas de menos de 2,5 µm en diámetro (PM_{2.5}) generalmente se refieren como “finas” y las mayores a 2,5 µm como gruesas. Las partículas gruesas y finas, en general, se originan separadamente, se transforman separadamente, son removidas de la atmósfera por diferentes mecanismos, requieren diferentes técnicas para su remoción de las fuentes, tienen diferente composición química, diferentes propiedades ópticas y

difieren en sus patrones de deposición en el tracto respiratorio, como se observa en la Figura N°01.

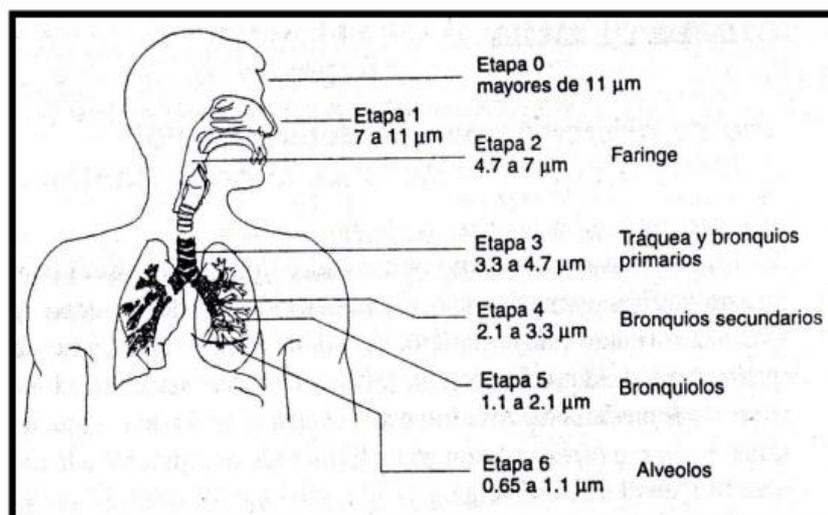
FIGURA N° 01: Porcentaje de deposición de partículas en cada órgano del sistema respiratorio



Fuente: Revista gestión y ambiente. Volumen 11 – N°1.

La fracción de partículas aerotransportadas que son inhaladas por el cuerpo humano depende de las propiedades de las partículas, del movimiento del aire alrededor del cuerpo, velocidad y dirección, patrón de respiración y si ésta se lleva a cabo por la nariz o por la boca. Estas partículas inhaladas pueden depositarse en el tracto respiratorio o exhalarse; la probabilidad depende de una gran cantidad de factores y varía de una persona a otra.

FIGURA N° 02: Ruta de penetración de las partículas de acuerdo a su tamaño



Fuente: Revista gestión y ambiente. Volumen 11 – N°1

2.2.7. Metodologías para monitoreo atmosférico

El monitoreo del aire es el resultado de los procedimientos de muestreo y del análisis de contaminantes atmosféricos. El muestreo es el procedimiento por el cual las muestras son recolectadas, mientras que el análisis involucra los métodos para determinar las concentraciones de los contaminantes¹¹.

Para medir las concentraciones de los contaminantes, es necesario contar con métodos que produzcan resultados comparables, es decir que sean específicos, sensibles, estables, precisos y exactos. En cuanto al muestreo de los contaminantes atmosféricos, se pueden dividir los métodos existentes en dos grandes grupos: métodos continuos y discontinuos. Los métodos

¹¹ Elsom., D.; tr. Teodora Esteban Lobato. La Contaminación Atmosférica, Madrid, España. Ediciones Cátedra S.A., 1990; p. 15-16; 171-179.

continuos implican la captación y análisis del contaminante en el punto de muestreo, de forma continua y automática, mientras que los métodos discontinuos suponen la captación del contaminante en el punto de muestreo y su posterior transporte hasta el laboratorio, donde se realizará el análisis. Todas las metodologías para muestreo dentro del monitoreo atmosférico pueden ser divididas en cinco tipos genéricos: muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos en línea, sensores remotos y bioindicadores.

2.2.7.1. Método Pasivo de Monitoreo de Partículas.

Este método de muestreo colecta un contaminante específico por medio de su adsorción y/o absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición por un período adecuado de muestreo, que puede variar desde una hora hasta meses o inclusive un año, la muestra se regresa al laboratorio donde se realiza la desorción del contaminante para ser analizado cuantitativamente. Los equipos utilizados se conocen como muestreadores pasivos que se presentan en diversas formas y tamaños, principalmente en forma de tubos o discos.¹²

Ventajas:

- Simplicidad en la operación y bajo costo (no requiere energía eléctrica).

¹² Molina, M.J. Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire. México 2001.

Desventajas:

- No desarrollados para todos los contaminantes, sólo proporcionan valores promedios con resoluciones típicas semanales o mensuales; no tienen gran exactitud (sirven solo como valor referencial), en general requieren de análisis de laboratorio.

2.2.7.2. Método Activo de Monitoreo de Partículas¹³

A diferencia de los muestreadores pasivos, este tipo de equipos requieren energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones diarias promedio. Aunque los muestreadores activos son más caros y complejos que los muestreadores pasivos, son relativamente fáciles de operar, confiables y han proporcionado la base de datos de mediciones en la mayor parte del mundo a lo largo de varios años.

Los muestreadores activos se clasifican en burbujeadores (gases) e impactadores (partículas); dentro de estos últimos, el más utilizado actualmente es el muestreador de alto volumen “High – Vol.” (Para PST, PM₁₀ y PM_{2.5}).

Ventajas.

¹³ Molina, M.J. Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire. México 2001.

- Fácil de operar, muy confiables y costo relativamente bajo (requieren energía eléctrica).

Desventajas.

- No se aprecian los valores mínimos y máximos durante el día, sólo promedios generalmente de 24 horas; requieren de análisis de laboratorio.

2.2.8. Medición de polvo atmosférico sedimentable

Entre las técnicas empleadas para la recolección de muestras de polvo atmosférico sedimentable se encuentran el método de Bergerhoff y el de placas receptoras.

2.2.8.1. Método de Bergerhoff

Consiste básicamente en recoger el polvo atmosférico sedimentable con un equipo colector de tamaño y forma estándar la cual debe ser expuesta a la atmosfera por un periodo de 30 ± 2 días donde recogerá toda la precipitación atmosférica (seca y húmeda) situados a una altura de 1.55 – 3 metros por encima del suelo; luego de ello son llevados al laboratorio para su análisis respectivo, mediante filtrado, evaporación del agua, secado y pesado.¹⁴

2.2.8.2. Método de placas receptoras

Consiste en la utilización de una lámina o placa con un adherente como la vaselina, el cual constituye el elemento sensible del método, en donde quedara atrapado el polvo

¹⁴ SWISSCONTACT. Manual de laboratorio – Programa Aire Puro. 2001

atmosférico sedimentable, los parámetros requeridos son el Peso inicial (W inicial), Peso final (W final), este después de estar expuesta la placa de vidrio durante la semana de muestreo, área de la superficie total de la placa, ancho por largo, y la semana que permanecerá constante.¹⁵

- **Preparación de las Placas Recolectoras de Muestras**

Antes de colocar las placas receptoras, se realiza una limpieza previa, luego se procede a fluidificar la vaselina mediante calentamiento para verter en las placas una película uniforme, de tal manera que esta cubra toda la placa pero sin que exista un volumen de exceso de vaselina. Posteriormente se realiza la identificación y pesado inicial de las placas receptoras en la balanza analítica. La vaselina constituye el elemento sensible de este método, ya que es una sustancia adherente que permite captar los contaminantes sobre la placa.

Por el método gravimétrico se determinan el peso inicial (W inicial), usando una Balanza Analítica Digital; en donde “W” significa “Weigh”, peso en inglés.

$$\mathbf{W\ inicial = W\ placa + W\ vaselina}$$

¹⁵ SILVA, José y MONTOYA, Z arela. Evaluación de la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Lima-Callao/Diembre-2008.

- **Toma de Muestras por el Método de Placas Receptoras¹⁶**

1. Se trasladan las placas recién preparadas y pesadas hasta el sitio de monitoreo. Se deben mantener la placa en buenas condiciones durante su traslado desde el laboratorio hasta el punto de monitoreo, para lo cual se utiliza un Porta Placa (cajas de plástico cerradas). De esta forma, la placa estará libre de cualquier contacto dérmico, presión o de algún material suspendido que no corresponde al punto de muestreo. Cualquier alteración del peso captado por la vaselina, alteraría totalmente los resultados de las mediciones.
2. Colocar las placas con el adherente en los puntos de muestreo.
3. Dejar al aire libre las placas durante un mes, en los lugares seleccionados.
4. Retirar las placas después del período de exposición y realizar el remplazo respectivo.
5. Trasladar las placas receptoras ya utilizadas al laboratorio, utilizando igualmente el Porta Placa y con los cuidados correspondientes, para su posterior análisis.

¹⁶Marcos, R.; Cabrera, M.; Laos, H.; Mamani, D.; Valderrama, A.; Estudio Comparativo para la Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable Empleando las Metodologías de Tubo Pasivo y de Placas Receptoras en la Ciudad Universitaria de San Marcos.

2.2.9. Normas Nacionales para partículas atmosféricas sedimentables

En el Perú no se presenta ninguna norma o ley con respecto a los límites máximos permisibles para polvo sedimentable, sin embargo, instituciones como DIGESA y SENAMHI cogen normas de la OMS para establecer estudios de monitoreo.

Tabla N° 02: Comparación de metodologías según sus normas

Institución	Tiempo promedio	LMP mg/cm ² /30 días.	Técnica método
DIGESA Dirección General de Salud Ambiental	30 días	0.5	Gravimétrico estudio de polvo sedimentable(jarras)
SENAMHI Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología	30 días	0.5	Gravimétrico estudio de polvo sedimentable(jarras), polvo atmosférico sedimentable placas de vidrio

Fuente: DIGESA Y SENAMHI

2.3. Definición de términos básicos

- **Contaminación atmosférica:** La presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.
- **Concentración:** Cantidad relativa de una sustancia específica mezclada con otra sustancia generalmente más grande.
- **Deterioro ambiental:** Alteración que sufren uno o varios elementos que conforman los ecosistemas, provocada por la presencia de un

elemento ajeno a las características y la dinámica propias de los mismos.

- **Dispersión:** Fenómeno que determina la magnitud de la concentración resultante y el área de impacto, en el cual los contaminantes se van a dispersar y diluir según las condiciones meteorológicas y geográficas del lugar donde fueron liberados o generados.
- **Estación de monitoreo:** Conjunto de elementos técnicos diseñados para medir la concentración de contaminantes en el aire en forma simultánea, con el fin de evaluar la calidad del aire en un área determinada.
- **Gravimetría:** La gravimetría se refiere a la medición del peso.
- **Material particulado (mp):** Es una mezcla de partículas líquidas, sólidas o líquidas y sólidas suspendidas en el aire que difieren en tamaño, composición y origen. El tamaño de las partículas suspendidas en la atmósfera varía en más de cuatro órdenes de magnitud, desde unos pocos nanómetros a decenas de micrómetros.
- **Máximo nivel permisible:** Norma impuesta por instituciones nacionales, gubernamentales, Comités Nacionales o Internacionales, que indica la concentración o dosis de un contaminante que no debe ser sobrepasada, para evitar poner en peligro un organismo, con la finalidad de proteger la calidad ambiental, y la salud humana. Estos niveles, casi siempre significan un balance entre los intereses de pureza ambiental y el desarrollo económico.
- **Meteorología:** Ciencia que trata de la atmósfera y los meteoros.

- **Método Gravimétrico:** Método analítico cuantitativo en el cual la determinación de las sustancias, se lleva a cabo por una diferencia de pesos.
- **Monitoreo:** Acciones de observación, muestreo, medición y análisis de datos técnicos y ambientales para definir las características del medio o entorno, identificar los impactos ambientales de las actividades del sector y su variación o cambio durante el tiempo.
- **Monitoreo de Aire:** Sistema de observaciones ambientales sobre los cambios del ambiente natural y de la atmósfera debidos a la actividad del hombre. Sirve como fuente fundamental de información uni o multidisciplinaria sobre el estado actual del entorno.
- **Muestreo Pasivo:** Muestreador Pasivo de la Calidad del Aire (PAQS) proporciona un método rentable para recoger datos de la calidad del aire. Este sistema no requiere energía, haciéndolo una herramienta excelente para hacer muestreos en las regiones que son alejadas o locales, grandes o pequeñas. Una ventaja adicional al diseño simple pero eficaz del dispositivo de muestreo es la facilidad con la cual el PAQS se despliega y se opera.
- **Muestreo:** Muestreo es seleccionar un subconjunto de casos o individuos de una población. Una muestra estadística se obtiene con la intención de inferir las propiedades de la totalidad de la población, por lo que la muestra debe ser representativa. Para cumplir con esta característica, la inclusión de sujetos en la muestra debe seguir una técnica de muestreo. En tales casos, puede obtenerse una información similar a la de un estudio exhaustivo con mayor rapidez y menor costo.

- **OMS:** Es la sigla de la Organización Mundial de la Salud, una entidad de la Organización de las Naciones Unidas se encarga de la gestión de políticas sanitarias a escala global. Se rige por la Asamblea Mundial de la Salud.
- **Partículas en suspensión.** Son partículas presentes en el aire de diversa índole puede ser producido por acción natural, por actividades humanas o una combinación de ambos.
- **Partículas totales en suspensión (PTS).** Son materiales finamente divididos, presentes (suspendidos) en el aire, sólidos o líquidos de un diámetro igual o inferior a 50 micrómetros (μm). La fracción de PTS de tamaño superior a 10 micrones corresponde a partículas no respirables, depositándose en la parte superior del sistema respiratorio y son limpiadas y expulsadas a través de la formación de mucus, a través de la tos o de la deglución.
- **Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) o Polvo Sedimentable PS:** Constituido por partículas contaminantes sólidas de un diámetro equivalente mayor o igual a 10 micras ($D=10\mu$); tamaño y peso que está dentro de la influencia de la fuerza de atracción gravitatoria terrestre (gravedad), por lo que sedimentan y se depositan en forma de polvo en las diferentes superficies (edificios y objetos en general de exteriores e interiores, áreas verdes, avenidas y calles con o sin asfalto), desde donde vuelven a ser inyectados al aire por los llamados flujos turbulentos de las zonas urbanas; de este grupo de partículas, las más finas son las más peligrosas ya que tienen una mayor capacidad de penetración en el sistema respiratorio.

- **PM10:** (del inglés Particulate Matter) pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro es menor que 10 μm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín).
- **PM2,5:** partículas cuyo diámetro aerodinámico inferior o igual a los 2,5 micrómetros, es decir, son 100 veces más delgadas que un cabello humano.
- **Prevención:** Preparación y disposición que se hace anticipadamente para evitar un riesgo o ejecutar una cosa.

2.4. Formulación de Hipótesis:

2.4.1. Hipótesis General

- La contaminación del aire en el centro poblado de Paragsha es ocasionado principalmente por la presencia de polvo atmosférico sedimentable.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- La mayor cantidad de polvo atmosférico sedimentable resulta en mayores proporciones en los puntos de muestreo que no cuentan en sus alrededores con calles pavimentadas y tienen mayor tránsito vehicular.
- Los valores obtenidos de la cuantificación del polvo atmosférico sedimentable en el centro poblado de Paragsha superan los

límites que establece la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

- La elevada concentración de polvo atmosférico sedimentable estaría causando enfermedades como alergias, infecciones respiratorias y oftalmológicas.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables Independientes

X: Polvo atmosférico sedimentable (PAS)

2.5.2. Variables Dependientes

Y: Contaminación del aire del centro poblado de Paragsha.

Contaminación del aire = f (polvo atmosférico sedimentable)

2.5.3. Variables Intervinientes

- Condiciones climáticas
- Calidad de espacios públicos
- Marco legal

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla N° 03: Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidades
Independiente Partículas atmosféricas sedimentables	Parámetro	PM ₁₀	ug/cm ³
	Condiciones climáticas	Velocidad del viento	m/s
		Dirección del viento	
		Precipitación	mm
		Temperatura	°C

Dependiente Evaluación de la contaminación del aire en el centro poblado de Paragsha.	Calidad de los espacios públicos	Calles pavimentadas	
		Áreas verdes	
		Tránsito vehicular	
	Marco legal	Políticas de gestión sobre medio ambiente	
		LMP según OMS	mg/cm ² x mes

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo se realizó bajo el fundamento de la investigación no experimental : debido a que se investiga la concentración de polvo atmosférico sedimentable en un sitio determinado, realizando un recorrido por estos puntos y a la vez tomando muestras para realizar dicha investigación, así mismo, tiene carácter exploratorio – correlacional, ya que permitió conocer los niveles de polvo atmosférico sedimentable en el área de estudio y por otro lado pretende visualizar cómo se relacionan o vinculan las variables entre sí, o si por el contrario no existe relación entre ellos.

3.2. Métodos de investigación

La metodología utilizada, comprende los métodos descriptivo y analítico porque los datos obtenidos en campo y laboratorio fueron descritos y analizados para una mejor comprensión y entendimiento del problema, para que se llegue a los resultados y conclusiones concretas.

a. Metodología de Campo.

Muestreo Pasivo:

Este método de muestreo colecta un contaminante específico por medio de decantación o precipitación en un sustrato sólido o líquido seleccionado. Después de su exposición por un periodo adecuado de muestreo, que puede variar desde una hora hasta meses o inclusive un año, la muestra se regresa al laboratorio donde se realiza la desorción o pesado del sustrato para ser analizado cuantitativamente. Los equipos utilizados se conocen como muestreadores pasivos que se presentan en diversas formas y tamaños, principalmente en forma de tubos, baldes, recipientes rectangulares o discos.

- **Cálculos para determinación del PAS por el método de placas receptoras**

Para determinar el peso final de la placa se usa la fórmula siguiente:

$$W \text{ final} = W \text{ placa} + W \text{ vaselina} + WPAS$$

Para obtener el peso del PAS, se realiza el siguiente cálculo:

$$W \text{ final} - W \text{ inicial} = \Delta W = WPAS$$

Luego, se encuentra la concentración de PAS, mediante la ecuación:

$$C = \frac{\Delta W \times 30}{\text{Área de la placa} \times \text{días de exposición}}$$

Dónde:

W = Peso en miligramos (mg)

ΔW = Diferencia de pesos en miligramos (mg)

WPAS = Peso del Polvo Atmosférico Sedimentable

$C = \text{Concentración de PAS (mg/cm}^2 \times 30 \text{ días)}$

$\text{Área de la placa} = \pi r^2 = \text{centímetros cuadrados (cm}^2\text{)}$

$\pi = 3.1416$

3.3. **Diseño de investigación**

Transversal: la investigación se ha llevado a cabo en un período de tiempo determinado debido a que es un proceso que incluye el muestreo, y análisis de las muestras obtenidas por la aplicación del método de muestreo pasivo (placas receptoras).

Descriptivo: Determina “como es” o “como está” la situación de las variables estudiadas en la población de estudio.

Correlacional: Estudia relación entre las variables planteadas.

No experimental: No se manipula ninguna variable.

a. Etapa preliminar de gabinete

En esta etapa se recopiló y analizó toda la información existente de la zona de estudio involucrada, como cartografía del área de estudio e información climatológica, a fin de disponer de un panorama total del ambiente físico donde se desarrolló la investigación.

b. Etapa de campo

En esta etapa se realizó la cuantificación del PAS mediante el método de placas receptoras, para lo cual se utilizó un dispositivo que consta de una placa con vaselina, las determinaciones se realizaron colocando los dispositivos en 18 puntos de muestreo en el área de estudio, teniendo en cuenta los aspectos sensibles de impactos ambientales de las áreas más significativas del lugar; además se

realizó análisis en el laboratorio para determinar los valores de partículas atmosféricas sedimentables obtenidos de los puntos de muestreo del área de estudio.

c. Etapa final

En esta etapa se procedió a evaluar los resultados obtenidos de la investigación para determinar si los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecido por la Organización Mundial de la Salud OMS, que es de $0.50 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio es el centro poblado de Paragsha

FIGURA N° 03: Mapa del centro poblado de Paragsha



Fuente: SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú)

3.4.2. Muestra

Para la muestra de polvo atmosférico sedimentable se establecieron 15 puntos de monitoreo ubicados en el centro poblado de Paragsha, distribuidas de la siguiente manera:

Tabla N° 04: Puntos de Monitoreo

Zona 1 (Centro)	Zona 2 (Intermedio)	Zona 3 (Periferia)
EP-01	EP-06	EP-11
EP-02	EP-07	EP-12
EP-03	EP-08	EP-13
EP-04	EP-09	EP-14
EP-05	EP-10	EP-15

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un muestreo dirigido puntual, ya que se consideraron puntos específicos y representativos del lugar de estudio. Se colocaron los dispositivos de muestreo en cada uno de los 15 sitios seleccionados, tomando en cuenta para ello las especificaciones establecidas para la colocación de los dispositivos de muestreo, como son una altura no menor de 1.5 metros y no mayor de 3.0 metros, se dejaron expuestos durante un mes, y posteriormente al terminar el período de muestreo fueron remplazados y trasladados al laboratorio para su respectivo análisis.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas: Para la recolección de datos se utilizó las siguientes técnicas:

- **Entrevista:** Es una técnica de recolección de información verbal, que permitió obtener información primaria.
- **Observación Directa:** Esta técnica permitió sumergirnos en la vida diaria de la población para entenderla mejor, de igual forma permitió explorar, describir, identificar y comprender el contexto del área de estudio.
- **Fichaje:** Técnica que consiste en anotar en fichas datos que nos interesan.

b. Instrumentos: Para la recolección de los datos se utilizó los siguientes instrumentos de investigación:

- Guía de Observación
- Cuaderno de notas
- Guía de entrevista.
- Fichas de registro de datos.
- Registros documentarios existentes en la zona.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

a. Técnicas de procesamiento de datos

- Observación del campo de estudio para explorar, describir, identificar y comprender la realidad de la investigación.
- Identificación de las fuentes principales de generación de PAS.
- Identificación de puntos de muestreo para colocación de placas receptoras, se tuvo en cuenta las avenidas principales con mayor flujo de personas y vehículos, además de la seguridad de los puntos de muestreo.

- Preparación de placas receptoras de muestras. Antes de ser colocadas las placas receptoras, se realizará una limpieza previa, después de ello se procederá a fluidificar el adherente mediante calentamiento para verter en las placas una película uniforme, de tal forma pueda cubrir toda la placa sin que exista un volumen de exceso de adherente. Posteriormente se realizó la identificación y pesado inicial de las placas receptoras en una balanza analítica. El adherente en este caso la vaselina constituye el elemento sensible ya que es una sustancia adherente que permite captar los contaminantes sobre la placa. Por el método gravimétrico se determinarán el peso inicial (W inicial), usando una balanza analítica Digital: en donde “ W ” significa “weigh”. Peso en inglés.

$$W \text{ inicial} = \text{placa} + W \text{ adherente}$$

- Toma de muestras:
 1. Se trasladaron las placas receptoras recién preparadas y pesadas hasta el lugar de monitoreo. Se deben mantener la placa en buenas condiciones durante su traslado desde el laboratorio hasta el punto de monitoreo, para la cual se utilizó una porta placa (caja de plástico cerrada). De esta forma, la placa estuvo libre de cualquier contacto dérmico presión o algún material suspendido que no corresponda al punto de muestreo. Cualquier alteración del peso captado por el adherente, alteraría totalmente los resultados de las mediciones.
 2. Colocar las placas con el adherente en cada uno de los 15 puntos de muestreo.

3. Dejar al aire libre las placas durante una semana, en los lugares seleccionados del centro poblado de Paragsha.
 4. Realizar el retiro de las placas después del período de exposición y realizar el remplazo respectivo.
 5. Realizar el traslado de las placas receptoras ya utilizadas al laboratorio, para su posterior análisis.
- Cálculos para contaminante sólido sedimentable por el método de muestreo pasivo.

b. Análisis De Datos: Con toda la información obtenida de los resultados se creó una base de datos, en los programas de Microsoft Office para manejar la información completa de la investigación. Para el análisis de datos se realizaron:

- Creación de una base de datos en Microsoft Excel.
- Ordenamiento y codificación de datos.
- Tabulación.
- Presentación de los resultados gráficamente con ayuda de un software especial, sea éste Microsoft Excel o equivalente.
- Análisis e interpretación: Utilizando la descomposición de los datos más frecuentes y relevantes se procede a interpretar los resultados.
- Discusión de Hallazgos: los resultados obtenidos en los monitores fueron comparados con la normativa ambiental aplicable, así mismo se enfrentó con el marco teórico existente verificándose su conformidad o disconformidad que explique las relaciones existentes para afirmar o rechazar la tesis, es decir, se buscó la

coherencia, la consistencia y la legitimidad de los resultados que permitan formar conclusiones.

3.7. Tratamiento Estadístico

Los registros tomados durante la fase de campo fueron procesados con programas estadísticos diseñados para este tipo de investigación, con el que se logró elaborar los cuadros de análisis de promedios y gráficos necesarios para la interpretación de cada una de las variables.

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

Se usaron los siguientes softwares:

- **Microsoft Excel:** Este software sirvió de interfaz para elaborar cuadros comparativos de, presupuestos, costos, cronograma de actividades, análisis estadístico, así como alimentar información tomada de la recolección de datos, para procesarlas y realizar tablas de frecuencia simple para interpretación de los resultados obtenidos de cada muestra, así mismo se convirtió los datos analizados en números, porcentajes y gráficos construyéndose cuadros estadísticos.
- **AutoCAD 2016:** El programa se utilizó para ingresar data específica del área con la que se está trabajando.

3.9. Orientación ética.

El presente trabajo de investigación se ha realizado con la finalidad de buscar un beneficio social hacia las poblaciones vulnerables, hacer conocer que para determinar la contaminación atmosférica PAS de un lugar determinado ya sea de un Centros Poblados o Distritos alejados

donde se encuentra un agente contaminante como las minerías, industrias, parques automotor y/o otros, no se necesita muchos recursos económicos, ni laboratorios, con este proyecto lo puede realizar hasta un estudiante de colegio, ya que los materiales son accesibles de adquirir, y conocer los LMP de la calidad del aire según la OMS que es $0.50\text{mg}/\text{cm}^2$ x 30 días.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Lugar de Ejecución

El desarrollo del presente estudio se realizó en tres zonas de muestreo (centro, intermedia y periferia) en el Centro Poblado de Paragsha, Distrito de Simón Bolívar, Región Pasco.

4.1.2. Ubicación Política

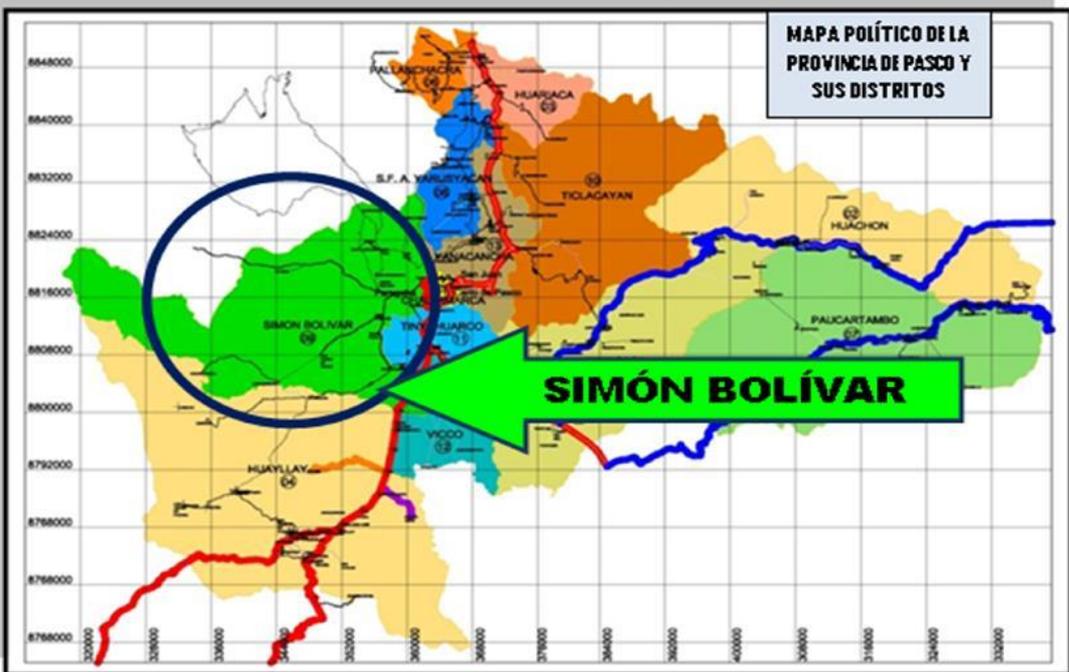
Políticamente el Centro Poblado de Paragsha se encuentra ubicado en:

Región : Pasco

Provincia : Pasco

Distrito : Simón Bolívar

Centro Poblado : Paragsha



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

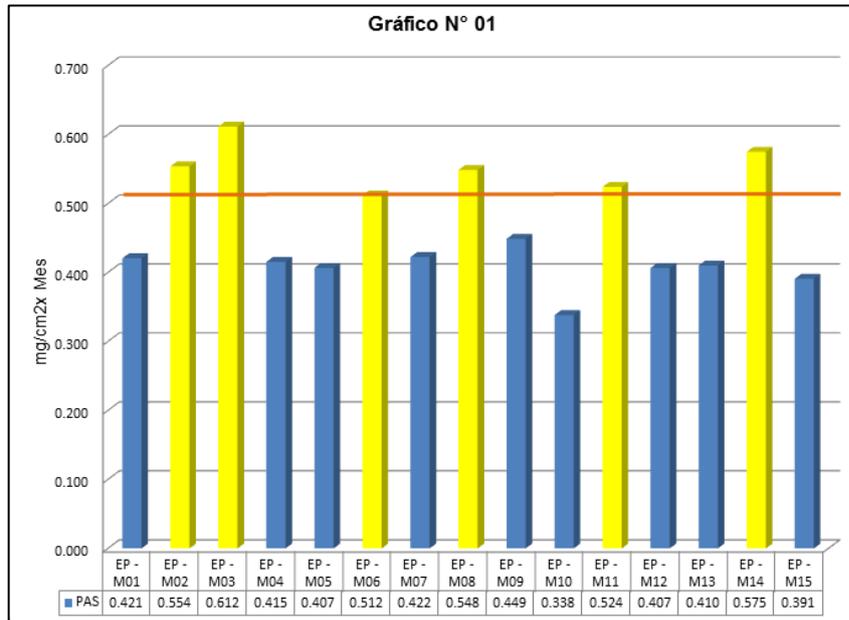
4.2.1. Resultados obtenidos del muestreo pasivo en el centro poblado de Paragsha

Tabla N°05: Resumen de pesos obtenidos de todas las estaciones de monitoreo para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable correspondiente al mes de marzo. (Ver Anexo N° 02)

Código de muestra	Winicial= wplaca +wvaselina (g)	Wfinal = wplaca+wvaselina+wPAS(g)	$\Delta W=w_{final}$ -winicial (mg)	Polvo atmosférico sedimentable (mg/cm ² x Mes)
EP - M01	31.617	31.641	24	0.421
EP - M02	28.0742	28.1058	31.6	0.554
EP - M03	31.2312	31.2661	34.9	0.612
EP - M04	28.2394	28.2631	23.7	0.415
EP - M05	19.8237	19.8469	23.2	0.407
EP - M06	31.1402	31.1694	29.2	0.512
EP - M07	18.9746	18.9987	24.1	0.422
EP - M08	29.4521	29.4834	31.3	0.548
EP - M09	32.6237	32.6493	25.6	0.449
EP - M10	33.4202	33.4395	19.3	0.338
EP - M11	19.6453	19.6752	29.9	0.524
EP - M12	23.2019	23.2251	23.2	0.407
EP - M13	31.7351	31.7585	23.4	0.410
EP - M14	19.1635	19.1963	32.8	0.575
EP - M15	19.5462	19.5685	22.3	0.391
PROMEDIO				0.47

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°01: Resultados de la concentración del PAS en las estaciones de monitoreo correspondiente al mes de marzo.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

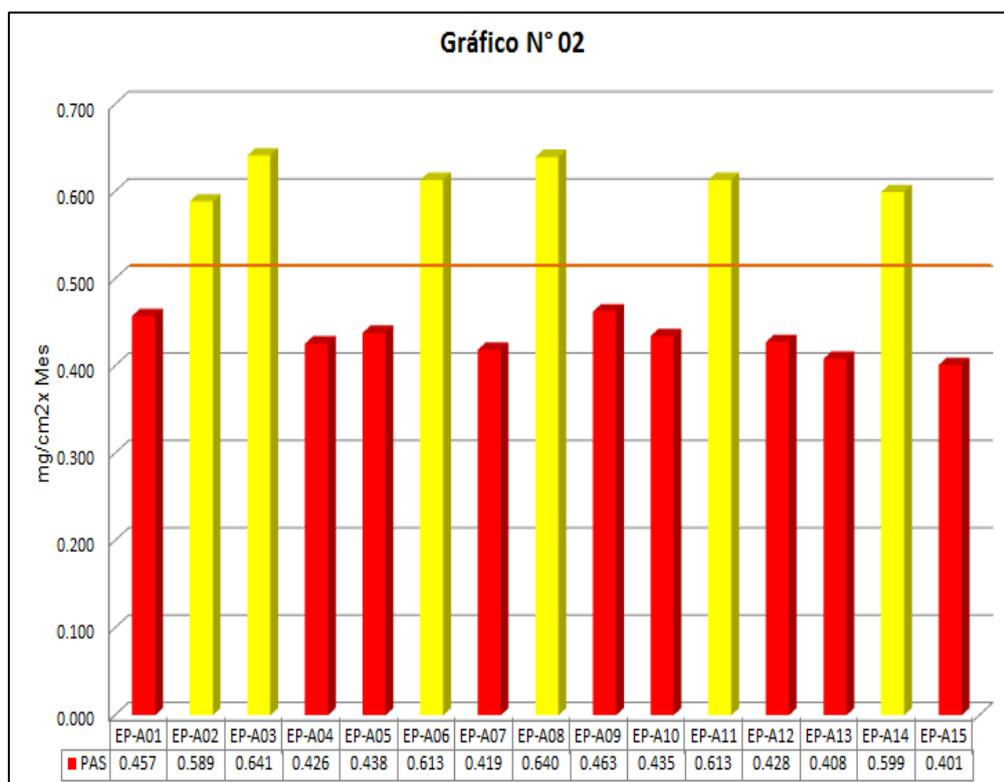
En el gráfico N°01 se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras aplicando el método de placas receptoras correspondiente al mes de marzo, en donde las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable registradas en 6 puntos sobrepasan el límite máximo permisible recomendado por la organización mundial de la salud (0.50 mg/ cm² x mes). Obteniendo como valor máximo de PAS 0.612 mg/ cm² x mes (EP-M03) y un valor mínimo de 0.512 mg/ cm² x mes (EP-M06).

Tabla N°06: Resumen de pesos obtenidos de todas las estaciones de monitoreo para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable correspondiente al mes de abril.

Código de muestra	W inicial = wplaca +wvaselina (g)	W final = wplaca+wvaselina +wPAS(g)	$\Delta W = w_{\text{final}} - w_{\text{inicial}}$ (mg)	Polvo atmosférico sedimentable (mg/cm ² x Mes)
EP-A01	18.7345	18.7606	26.1	0.457
EP-A02	32.6485	32.6821	33.6	0.589
EP-A03	23.6029	23.6395	36.6	0.641
EP-A04	19.6021	19.6264	24.3	0.426
EP-A05	19.6724	19.6974	25	0.438
EP-A06	33.0897	33.1247	35	0.613
EP-A07	24.5182	24.5421	23.9	0.419
EP-A08	28.6408	28.6773	36.5	0.640
EP-A09	24.8132	24.8396	26.4	0.463
EP-A10	32.6247	32.6495	24.8	0.435
EP-A11	19.4951	19.5301	35	0.613
EP-A12	24.6135	24.6379	24.4	0.428
EP-A13	32.9003	32.9236	23.3	0.408
EP-A14	35.6312	35.6654	34.2	0.599
EP-A15	24.6274	24.6503	22.9	0.401
PROMEDIO				0.50

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°02: Resultados de la concentración del PAS en las estaciones de monitoreo correspondiente al mes de abril.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

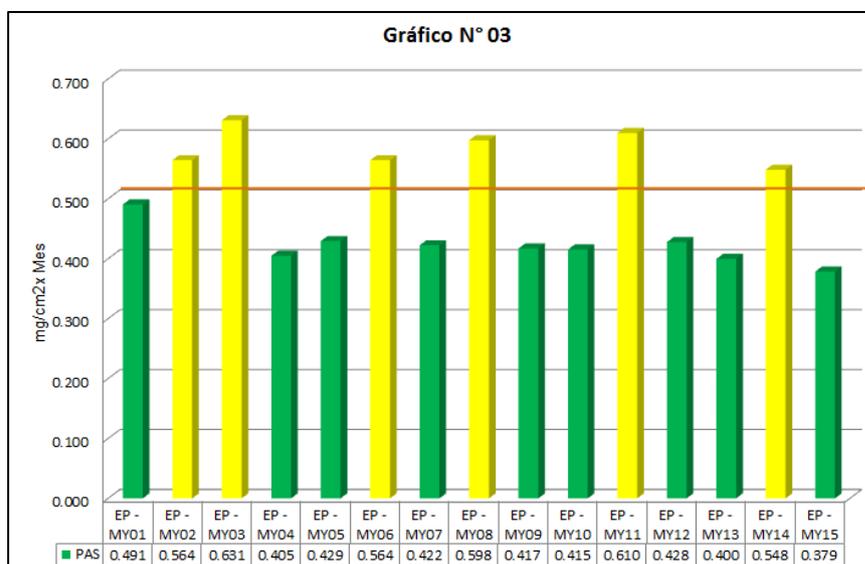
En el gráfico N°02 se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras aplicando el método de placas receptoras correspondiente al mes de abril, en donde las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable registradas en 6 puntos sobrepasan el límite máximo permisible recomendado por la organización mundial de la salud (0.500 mg/ cm² x mes). Obteniendo como valor máximo de PAS 0.641 mg/ cm² x mes (EP-A03) y un valor mínimo de 0.589 mg/ cm² x mes (EP-A02).

Tabla N°07: Resumen de pesos obtenidos de todas las estaciones de monitoreo para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable correspondiente al mes de mayo.

Código de muestra	W inicial = wplaca +wvaselina (g)	W final = wplaca+wvaselina +wPAS(g)	$\Delta W = w_{\text{final}} - w_{\text{inicial}}$ (mg)	Polvo atmosférico sedimentable (mg/cm ² x Mes)
EP - MY01	31.1221	31.1501	28	0.491
EP - MY02	33.2536	33.2858	32.2	0.564
EP - MY03	22.6395	22.6755	36	0.631
EP - MY04	18.6723	18.6954	23.1	0.405
EP - MY05	24.5026	24.5271	24.5	0.429
EP - MY06	31.7501	31.7823	32.2	0.564
EP - MY07	19.5405	19.5646	24.1	0.422
EP - MY08	24.8564	24.8905	34.1	0.598
EP - MY09	31.3451	31.3689	23.8	0.417
EP - MY10	36.3187	36.3424	23.7	0.415
EP - MY11	32.2614	32.2962	34.8	0.610
EP - MY12	32.0369	32.0613	24.4	0.428
EP - MY13	19.9153	19.9381	22.8	0.400
EP - MY14	24.819	24.8503	31.3	0.548
EP - MY15	18.9621	18.9837	21.6	0.379
PROMEDIO				0.49

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°03: Resultados de la concentración del PAS en las estaciones de monitoreo correspondiente al mes de mayo.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En el gráfico N° 03 se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras aplicando el método de placas receptoras correspondiente al mes de mayo, en donde las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable registradas en 6 puntos sobrepasan el límite máximo permisible recomendado por la organización mundial de la salud (0.50 mg/ cm² x mes). Obteniendo como valor máximo de PAS 0.631 mg/ cm² x mes (EP-MY03) y un valor mínimo de 0.548 mg/ cm² x mes (EP-MY14).

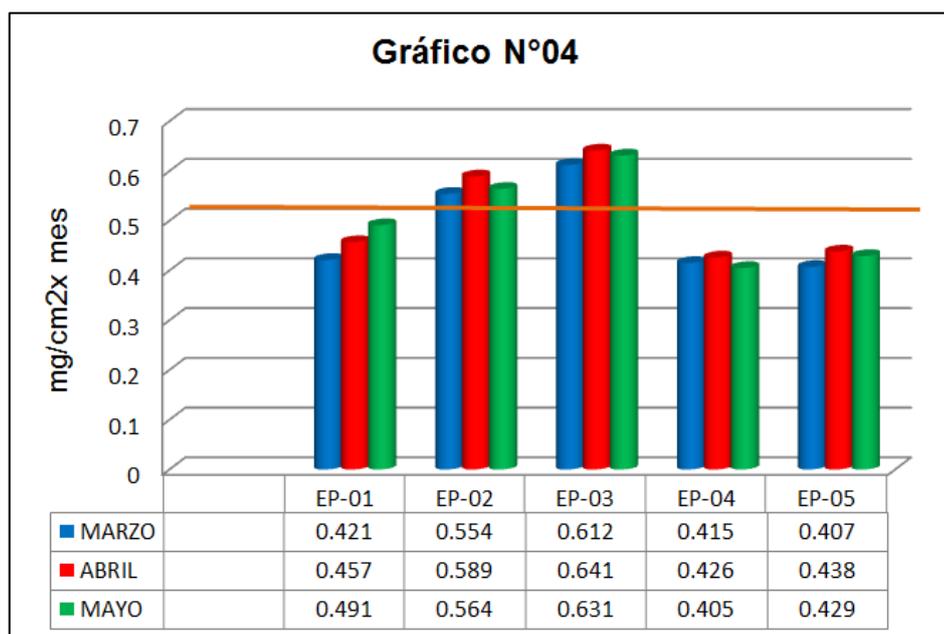
4.2.2. Resultados obtenidos del muestreo pasivo de PAS por zonas en el centro poblado de Paragsha.

Tabla N° 08: Resultados obtenidos de muestreo de polvo atmosférico sedimentable zona centro del centro poblado de Paragsha (ZONA 1)

RESUMEN ZONA 1				
PUNTO DE MONITOREO/ FECHA	MARZO	ABRIL	MAYO	PROMEDIO
EP-01	0.421	0.457	0.491	0.46
EP-02	0.554	0.589	0.564	0.57
EP-03	0.612	0.641	0.631	0.63
EP-04	0.415	0.426	0.405	0.42
EP-05	0.407	0.438	0.429	0.42
PROMEDIO	0.50	0.53	0.53	0.52

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°04: Resultados de muestreo de PAS Zona centro (ZONA 1) del centro poblado de Paragsha.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 04 se observa que en el mes de abril existe la mayor concentración de PAS; por otro lado la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable obtenido es de 0.641 mg/cm² x mes (EP-03)

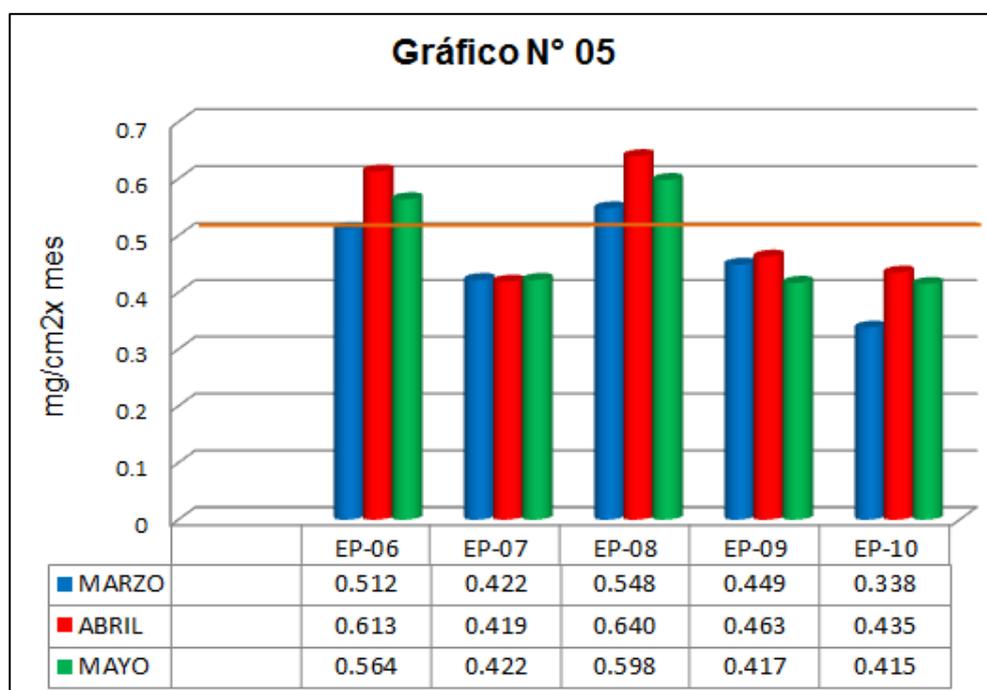
seguido del punto EP-02 (0.589 mg/cm² x mes) y la menor concentración registrada obtenida es en el mes de mayo con 0.405 mg/cm² (EP-04).

Tabla N° 09: Resultados obtenidos de muestreo de polvo atmosférico sedimentable zona intermedia del centro poblado de Paragsha (ZONA 2)

RESUMEN ZONA 2				
PUNTO DE MONITOREO/ FECHA	MARZO	ABRIL	MAYO	PROMEDIO
EP-06	0.512	0.613	0.564	0.56
EP-07	0.422	0.419	0.422	0.42
EP-08	0.548	0.640	0.598	0.60
EP-09	0.449	0.463	0.417	0.44
EP-10	0.338	0.435	0.415	0.40
PROMEDIO	0.46	0.53	0.50	0.49

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°05: Resultados de muestreo de PAS Zona intermedia (ZONA 2) del centro poblado de Paragsha.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

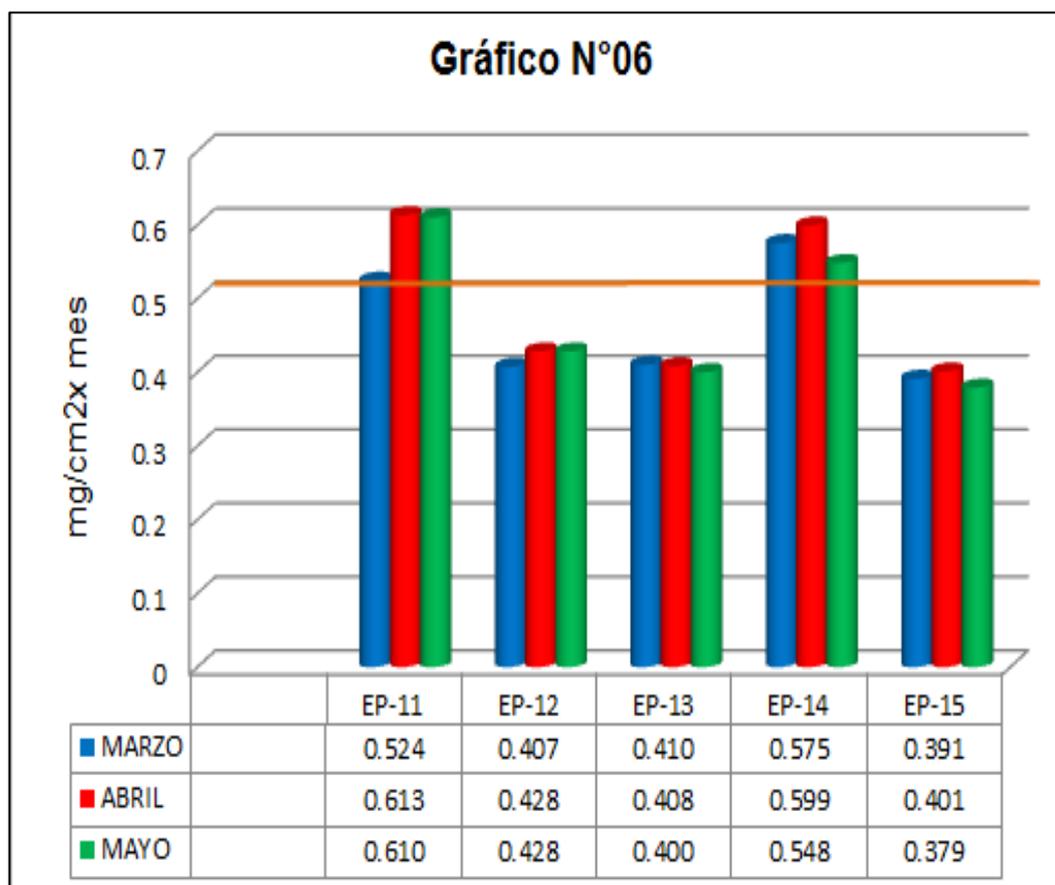
En el gráfico N° 05 se observa que en el mes de abril existe la mayor concentración de PAS; por otro lado la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable obtenido es de 0.640 mg/cm² x mes (EP-08) seguido del punto EP-06 (0.613 mg/cm² x mes) y la menor concentración registrada obtenida es en el mes de marzo con 0.338 mg/cm² (EP-10).

Tabla N° 10: Resultados obtenidos de muestreo de polvo atmosférico sedimentable zona periférica del centro poblado de Paragsha (ZONA 3)

RESUMEN ZONA 3				
PUNTO DE MONITOREO/ FECHA	MARZO	ABRIL	MAYO	PROMEDIO
EP-11	0.524	0.613	0.610	0.58
EP-12	0.407	0.428	0.428	0.42
EP-13	0.410	0.408	0.400	0.41
EP-14	0.575	0.599	0.548	0.57
EP-15	0.391	0.401	0.379	0.39
PROMEDIO	0.43	0.46	0.45	0.45

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°06: Resultados de muestreo de PAS Zona periférica (ZONA 3) del centro poblado de Paragsha.



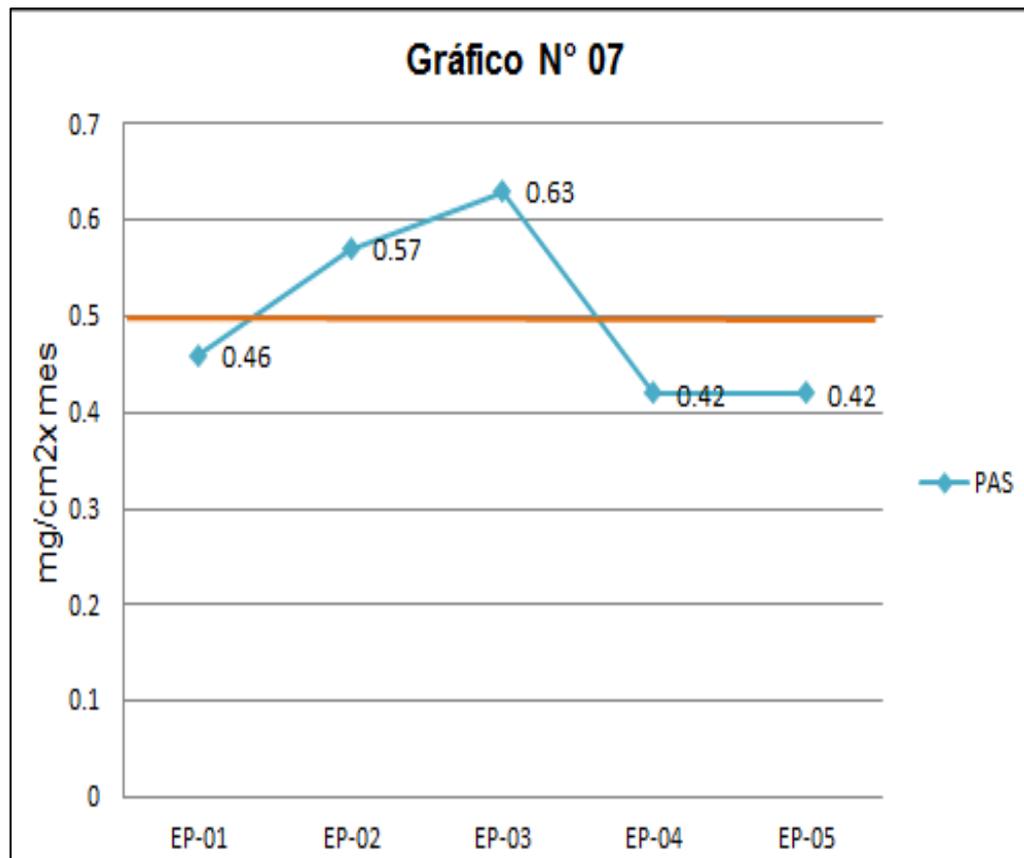
Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 06 se observa que en el mes de abril existe la mayor concentración de PAS; por otro lado la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable obtenido es de 0.613 mg/cm² x mes (EP-11) seguido del punto EP-14 (0.599 mg/cm² x mes) y la menor concentración registrada obtenida es en el mes de mayo con 0.379 mg/cm² (EP-15).

4.2.3. Resultados promedios obtenidos del muestreo pasivo de PAS por zonas en el centro poblado de Paragsha.

Gráfico N° 07: Resultados promedios de muestreo de PAS zona centro (ZONA 1) del centro poblado de Paragsha

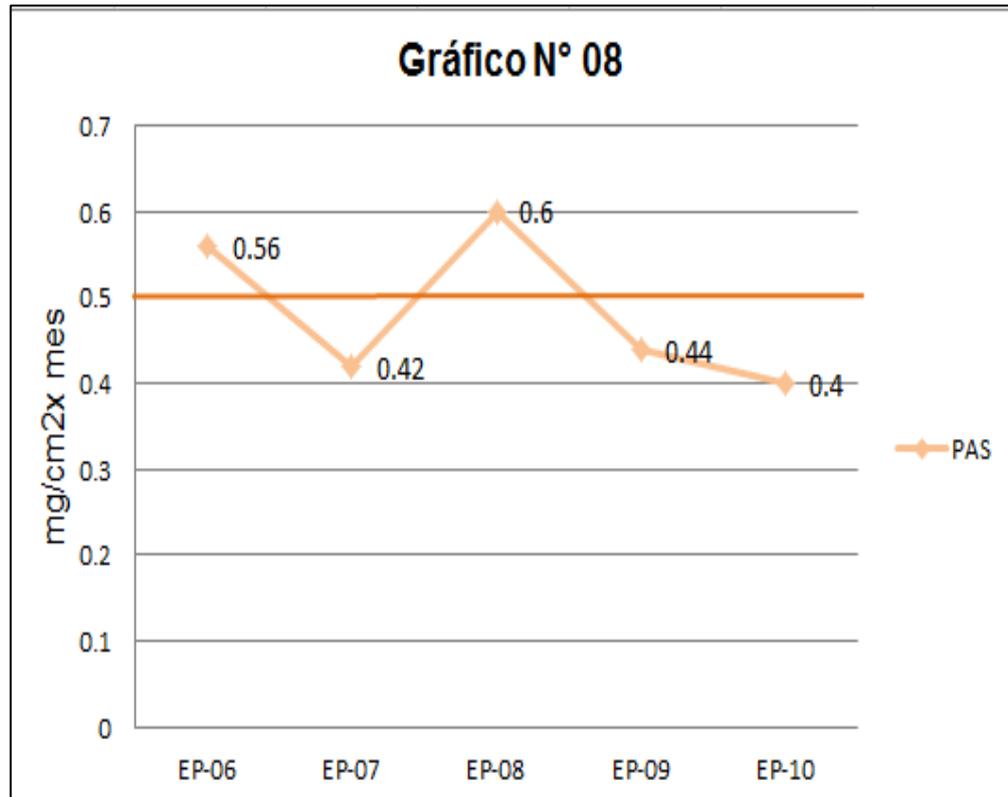


Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 07 se observa que el punto de monitoreo EP-03 existe mayor valor promedio de PAS 0.63 mg/cm²x mes, seguido del punto EP-02 con 0.57 mg/cm²x mes, ambos sobrepasan los límites que establece la normativa de la OMS (.0.50 mg/cm² x mes).

Gráfico N° 08: Resultados promedios de muestreo de PAS zona intermedia (ZONA 2) del centro poblado de Paragsha

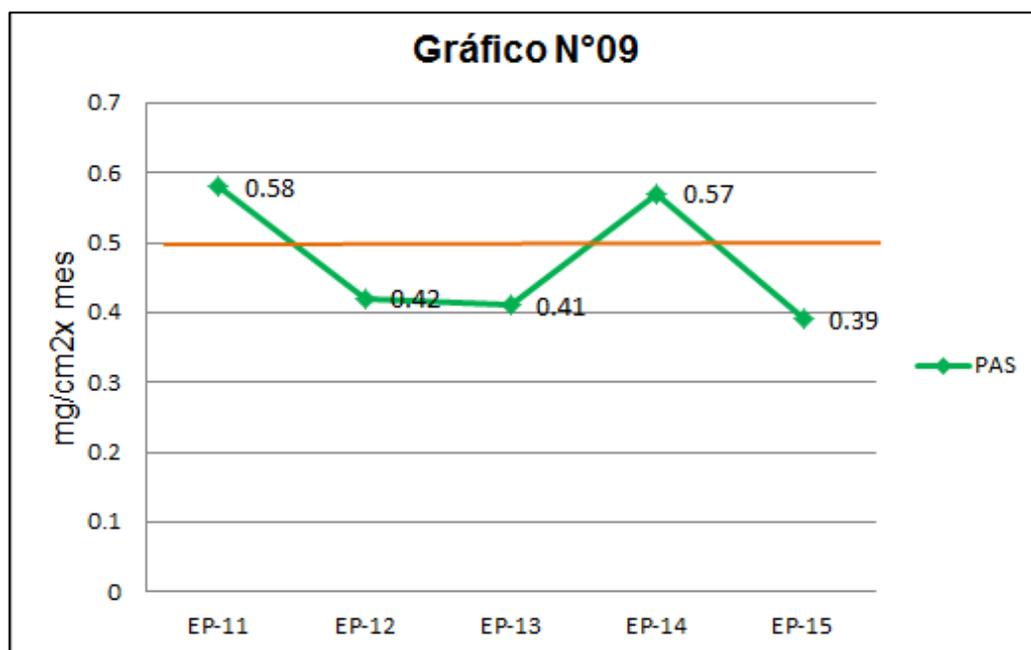


Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 08 se observa que el punto de monitoreo EP-08 existe mayor valor promedio de PAS 0.6 mg/cm²x mes, seguido del punto EP-06 con 0.56 mg/cm²x mes, ambos sobrepasan los límites que establece la normativa de la OMS (.0.50 mg/cm² x mes).

Gráfico N° 09: Resultados promedios de muestreo de PAS zona periférica (ZONA 3) del centro poblado de Paragsha



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 09 se observa que el punto de monitoreo EP-11 existe mayor valor promedio de PAS 0.58 mg/cm²x mes, seguido del punto EP-14 con 0.57 mg/cm²x mes, ambos sobrepasan los límites que establece la normativa de la OMS (.0.50 mg/cm² x mes).

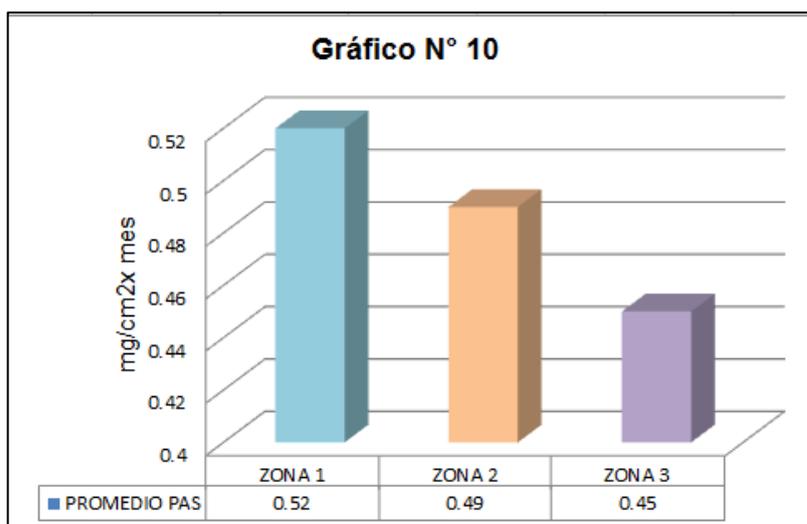
4.2.4. Resultados promedios obtenidos del muestreo pasivo de PAS zona 1, zona 2 y zona 3

Tabla N° 11: Resultados promedios de muestreo de PAS por zonas

ZONA	PROMEDIO
ZONA 1	0.52
ZONA 2	0.49
ZONA 3	0.45
PROMEDIO TOTAL	0.49

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 10: Resultados promedios de muestreo de PAS por zonas en $\text{mg}/\text{cm}^2 \times \text{mes}$.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 10 se observa que la zona de monitoreo N° 01 – zona centro del centro poblado de Paragsha existe presenta la mayor concentración de PAS con un valor promedio de $0.56 \text{ mg}/\text{cm}^2 \times \text{mes}$.; el promedio general obtenido de partículas atmosféricas sedimentable que se registra en el centro poblado de Paragsha mediante el muestreo pasivo es de $0.49 \text{ mg}/\text{cm}^2 \times \text{mes}$.

4.3. Prueba de Hipótesis

Con este proyecto de investigación podemos mencionar que nuestra hipótesis es válida, es decir, el grado de contaminación ambiental de partículas sedimentables atmosféricas en el Centro Poblado de Paragsha no es moderado, encontrándose indicadores de Polvo Atmosférico Sedimentable en la zona 1 = zona céntrica del Centro Poblado de Paragsha con $0.641 \text{ mg}/\text{cm}^2 \times 30 \text{ días}$ durante el mes de abril, y ello pasa los LMP que establece el índice de la calidad de aire según la OMS que debe ser de $0.50 \text{ mg}/\text{cm}^2 \times 30 \text{ días}$, debido al mal estado de sus

calles, la no pavimentación, la densidad poblacional y la fluidez de los carros que circulan, lo cual se considera la calidad del aire no es satisfactoria para la población sensible, causando enfermedades como; alergias, infecciones respiratorias y oftalmológicas presentando gravemente problemas de salud.

4.4. Discusión de resultados

1. Según la Organización Mundial de la Salud – OMS, establece límites máximos permisibles para PAS de $0.5 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$. La distribución de partículas sedimentables en centro poblado de Paragsha sobrepasa los LMP en 6 puntos de monitoreo(EP-02, EP-03, EP-06, EP-08, EP-11 y EP-14)), durante los tres meses de muestreo, obteniendo el mayor valor de PAS durante el mes de abril con un valor de $0.641 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$; el punto EP-03 pertenece a la zona 1 = zona céntrica del centro poblado de Paragsha, cuyo valor promedio del monitoreo de tres meses es de $0.52 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$; el valor promedio sobrepasa los LMP, este comportamiento se debe a las condiciones que presenta la zona céntrica del centro poblado de Paragsha es decir la existencia de algunas calles en mal estado, algunas no pavimentadas, densidad habitacional y sobre todo el tránsito, lo que se diferencia de las condiciones de la zona 2, que en su mayoría cuenta con calles pavimentadas, disminuyendo con ello la remoción de partículas; así como la zona 3: que de manera inversa no cuenta con calles pavimentadas pero el tráfico es menor, así como la densidad poblacional.

2. En las tres zonas de muestreo se observa que en el mes abril se presenta mayor registro de partículas atmosféricas sedimentables, este comportamiento guarda relación con los datos meteorológicos obtenidos de la estación meteorológica de Cerro de Pasco ubicada en Chaupimarca, el cual registra menor precipitación en el mes de abril del 2017 en comparación con los meses de marzo y mayo del 2017; lo que demuestra que las condiciones meteorológicas juegan un papel importante en el control natural del PAS.
3. De los cinco puntos de muestreo en la zona 1, el mayor valor promedio se registró en el punto EP-03 con $0.63 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$ y el menor en los puntos EP-04 y EP-05 ($0.42 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$); de los cinco puntos de muestreo en la zona 2, el mayor valor promedio se registró en el punto EP-08 con un valor de $0.60 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$ y el menor en el punto EP-07 con un valor de $0.42 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$, finalmente en la zona 3 el mayor valor promedio de PAS se registró en el punto EP-11 con $0.58 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$ y el menor en el punto EP-15 con un valor de $0.39 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$.
4. Como principales fuentes de generación de PAS, se encuentran las calles sin pavimentar, el tránsito vehicular, acumulación y quema de residuos sólidos, desarrollo de actividades económicas como la minería, lo que nos hace determinar la urgencia de un plan de desarrollo vial y zonificación urgente de la ciudad a fin de ordenar las actividades y descongestionar el tránsito en la zona centro e intermedia de la ciudad.

5. Según la Organización Mundial de la Salud, sobrepasado los LMP establecido de $0.5 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$, la población está expuesta a presentar afecciones respiratorias, oftalmológicas, dérmicas, influenciando en su desempeño diario, economía y estabilidad emocional, en el caso de los resultados obtenidos en el centro poblado de Paragsha nos da un valor de $0.45 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$ (Promedio Total Final), es decir que no que está justo en el límite permisible.

CONCLUSIONES

- Se ha comprobado mediante el método de placas receptoras que en el centro poblado de Paragsha existe contaminación del aire por la presencia de PAS, con éste contaminantes se calculó la concentración presente y se relacionó con las normas existentes, con las que se obtuvo que las concentraciones de PAS durante los meses de marzo, abril y mayo, son significativas ya se obtuvo como resultado promedio un valor de $0.45 \text{ mg/cm}^2\text{xmes}$.
- Se seleccionó 15 puntos de muestreo para la cuantificación del PAS en el centro poblado de Paragsha, las cuales fueron determinadas en base al flujo vehicular, la densidad de habitantes, la velocidad y dirección del viento, calles pavimentadas y demás criterios que facilitaron la investigación. Se distribuyó 5 puntos en la zona centro, 5 puntos en la zona intermedia y 5 puntos en la zona periférica para colocar los dispositivos para cuantificar la cantidad de polvo atmosférico sedimentable.

La concentración de PAS promedio por zonas en el centro poblado de Paragsha, es de $0.52 \text{ mg/cm}^2\text{xmes}$ en la zona 1 (zona céntrica del centro poblado de Paragsha), $0.49 \text{ mg/cm}^2\text{xmes}$ en la zona 2 (zona intermedia de centro poblado de Paragsha), y $0.45 \text{ mg/cm}^2\text{xmes}$ (zona periférica del centro poblado de Paragsha), valores promedios durante los meses de marzo, abril y mayo, que superan los valores máximos permisibles $0.5 \text{ mg/cm}^2\text{xmes}$ establecidos por la OMS, así también se identificó 6 puntos críticos: EP-02, EP-03, EP-06, EP-08, EP-11 Y EP-

- 14 donde la concentración del PAS supera los $0.5 \text{ mg/cm}^2\text{xmes}$, obteniendo un valor máximo de $0.641 \text{ mg/cm}^2\text{xmes}$ en el punto EP-03 durante el mes de abril.

- La zona que presenta mayor concentración de PAS es la Zona 1 (zona céntrica del centro poblado de Paragsha) con un valor promedio de 0.52 mg/cm²xmes, en donde el mayor valor de PAS registrado durante los meses de marzo, abril y mayo corresponde al punto de monitoreo EP-03 con un valor promedio de 0.63 mg/cm²xmes, seguido del punto EP-02 con un valor promedio de 0.57 mg/cm²xmes. Se ha observado que la exposición al PAS produce efectos adversos en la salud de la población, pero sin duda sus mayores efectos se producen en los niños, un sector de la población con mayor susceptibilidad a las amenazas ambientales, ya que se asocia a un déficit en la función pulmonar, aumento de síntomas respiratorios y enfermedades, lo que deriva en un aumento de ausentismo escolar, hospitalizaciones por enfermedades respiratorias.
- De la evaluación de los resultados se determinó que existe relación directa entre las condiciones meteorológicas y la generación de partículas sedimentables, tal es el caso que en las tres zonas de muestreo, el mes de abril del 2017 se obtuvo mayor concentración de PAS , y menor precipitación pluvial; mientras que durante el mes de marzo y mayo menor concentración PAS, y mayor precipitación pluvial, así como no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos en las tres zonas de monitoreo, cuyas principales fuentes de generación es el transporte urbano y densidad poblacional, lo que estaría generando afectaciones respiratorio y oftalmológicas a la población principalmente.

RECOMENDACIONES

1. El monitoreo se debe realizar durante todo el año para determinar la variación de la concentración en la época de verano e invierno, y relacionarlo con los casos de enfermedades respiratorias registradas en el centro de salud durante todo el año. Así mismo se debe realizar un estudio microbiológico para determinar si existe o no la presencia de agentes patógenos.
2. Se debe realizar mediciones en las estaciones de verano e invierno, para analizar su relación en distintas estaciones del año. Además, se debe relacionar con otros parámetros meteorológicos como la humedad relativa.
3. Se recomienda colocar los dispositivos de muestreo alejados de obstáculos como edificios o árboles, que perjudiquen el libre movimiento del aire, de igual manera que se encuentren alejados de personas extrañas; así evitar problemas que puedan influir en los resultados, es decir que se deben colocar las estaciones en puntos seguros libres de daños a ocasionar.
4. Se recomienda contar con una buena organización del equipo, ya que, al manejar muchas muestras, estas deben ser trasladadas en orden y así realizar los análisis en la mayor brevedad posible.
5. El gobierno local debe seguir incrementando los entornos ecológicos con áreas verdes, arborización de las calles y avenidas, ya que las plantas ayudan a filtrar cenizas, polvos, humos, esporas y demás impurezas que arrastra el viento.

6. Desarrollar un programa de educación ambiental orientado a dar a conocer sobre las implicancias en la salud a causa de la ingestión y contacto con partículas atmosféricas sedimentables.
7. Realizar a futuro nuevas investigaciones sobre otras metodologías de bajo costo y manejo sencillo, para el monitoreo de contaminantes ambientales atmosféricos.

BIBLIOGRAFÍA

- CÁRDENAS BARZOLA, J.; Bustamante GUTIÉRREZ, L.; Yance Tomas, C.;
Estudio de la Contaminación del Aire por Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) Utilizando los Métodos de las Placas y de Bergerhoff. Universidad Nacional Agraria de la Molina, Perú 2010. [En línea] [Revisado el 08 de febrero del 2017]. Disponible en:
<<http://dc301.4shared.com/doc/qNTzAJmW/preview.html>>
- CAPÓ, Miguel. Principios de Ecotoxicología. 1ra ed. Madrid: Tébar, 2007. 320 p.
Centro de Documentación e Información en Salud OPS/OMS (Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud). Salud ambiental, de lo global a lo local. Washington, D. C. Editor Howard Frumkin. 2010. 1267 p.
- Centro Nacional del Medio Ambiente de la Universidad de Chile para la Comisión Nacional del Medio Ambiente. Estudio de la calidad de aire en regiones urbano industriales de Chile 2002. [En línea] [Revisado el 10 de febrero del 2017]. Disponible en:<<http://www.sinia.cl/1292/fo-article28198.pdf>>.
- CORLETO, M y CORTES, M. Comparación de los métodos de Bergerhoff y placas receptoras para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable, 2012. Tesis (Licenciatura en Química y Farmacia). San Salvador, El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. 2013. 161p.
- ELSOM., D.; TR. TEODORA ESTEBAN LOBATO. La Contaminación Atmosférica, Madrid, España. Ediciones Cátedra S.A., 1990
- Enciclopedia Virtual. La contaminación ambiental, ecología del Perú. [Internet]. Capítulo 22, tema 4. 2009. [En línea] [Revisado el 03 de marzo del 2017].
Disponible en:

<http://www.peruecologico.com.pe/lib_c22_t04.htm>

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, ¿Por qué usted se debe preocupar por la contaminación del aire? [En línea] [Revisado el 01 de marzo del 2017]. Disponible en:

<http://www.epa.gov/air/espanol/peg/why.html>

FERNÁNDEZ PATIER, R. [PDF] X. Metodología de evaluación de la calidad del aire España; 2009. [En línea] [Revisado el 01 de marzo del 2017]. Disponible en: <<http://www.analesranf.com>

GALLEGO, A. et al. Contaminación Atmosférica. 1ra. ed. Madrid: Universidad de Educación a Distancia, 2012.

GARCIA, Héctor. Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión estudio de caso: Bogotá. 1ra. ed. Bogotá: Universidad Nacional, 2006.

GUTIÉRREZ; H. J. [et al.]. ÁVILA VALDIVIESO; J. J.; ed. Contaminación del aire: riesgos para la salud. México, D.F.: Manual Moderno, 1997

HERNÁNDEZ CID, Juan Manuel. (2006). Guía de elaboración de tesis. [En línea] [Revisado el 04 de marzo del 2017]. Disponible en:

http://portal.eco.unc.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&catid=31%3Abiblioteca-inicio&id=283%3Aguas-para-elaborar-tesis&Itemid=16

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto (et. Al.). Metodología de la investigación científica. (segunda edición). Mc GRAW-HILL: México. 487 pp.

HERNÁNDEZ, C. Polvo sedimentable, asma bronquial y enfermedades respiratorias agudas: San Antonio de los Baños, 1994 – 2003 [Revista en internet] V. 8, n1, pp 0 – 0. ISSN 1729 – 519X. La Habana, Cuba. Revista

Habanera de Ciencias Médicas. 2009. [En línea] [Revisado el 04 de marzo del 2017] Disponible en:

<http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1729-19X2009000100017&script=sci_arttext>

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA. Metodología de la Investigación. 6ta ed. Distrito federal: Mc Graw Hill, 2014.589p.

INCHE, Jorge. Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones. Lima: Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial-UNMSM, 2004.118 p. [En línea] [Revisado el 04 de marzo del 2017]. Disponible en:

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/mambiente/gest_cal/pdf/t_completo.pdf

IGLESIAS, S y GONZALES, M. Análisis de la relación entre el comportamiento estacional de los contaminantes solidos sedimentables con las condiciones meteorológicas predominantes en la zona metropolitana de Lima- Callao durante el año 2004. [En línea] [Fecha de consulta 25 se febrero del 2017]. Disponible en:

http://www.senamhi.gob.pe/pdf/Art_imvContaminacion.pdf

INECC. Manual 1 principios de medición de la calidad del aire. Instituto Nacional de ecología y Climatología [en línea] [Fecha de consulta 18 de febrero del 2017]. Disponible en:

<http://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

JIMÉNEZ, Blanca. La Contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. 1ra. Ed. México D.F.: Limusa, 2005. 926p.

MARCOS, R.; CABRERA, M.; LAOS, H.; MAMANI, D.; VALDERRAMA, A.;
Estudio Comparativo para la Determinación de Polvo Atmosférico
Sedimentable Empleando las Metodologías de Tubo Pasivo y de Placas
Receptoras en la Ciudad Universitaria de San Marcos – Lima. Revista de
investigación CEDIT, 2008; Volumen 3, p. 49-58.[En línea] [Revisado el
01 de marzo del 2017]. Disponible en:
<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/Publicaciones/rev.../a06v3.pdf>
[Consultado 22 de febrero del 2017]

Organización Mundial De La Salud Y Organización Panamericana De La Salud,
Guías para la calidad del aire, Lima, 2004. Lima, Perú. [En línea]
[Revisado el 01 de marzo del 2017]. Disponible en:
<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/fulltext/guiasaire.pdf>

RONCAL RABANAL, M. R.; Monitoreo de Contaminantes Sólidos
Sedimentables (CSS) en la Ciudad de Celedín Durante el Período Abril –
Junio del 2008. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. [En
línea][Revisado el 10 de febrero del 2017]. Disponible en:
<http://www.unc.edu.pe/.../...>>

PUIGCERVER, M y DOLORS. M. El medio atmosférico: meteorología y
contaminación. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2014. 246p

RODRÍGUEZ VARGAS, Jhonny (2017). Polvo atmosférico sedimentable y su
incidencia en las infecciones respiratorias agudas en el distrito de Los
Olivos, 2017. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de ingeniería Lima –
Perú.

SALINAS VIO, Paulina Alejandra (2012). Contaminación atmosférica por
material particulado y consultas de urgencia por morbilidad respiratoria en

menores de 5 años en la ciudad de Valdivia, período mayo – julio, año 2010. Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile.

SILVA, José y MONTROYA, Z arela. Evaluación de la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Lima-Callao/Diembre-2008. [En línea]. [Fecha de consulta: 20 de febrero del 2017]. Disponible en:<http://sinia.minam.gob.pe/documentos/boletin-evaluacion-contaminacionatmosferica-zona-metropolitana-lima>

SWISSCONTACT. Manual de Gestión de la Calidad del Aire, Lima, 2004.

SWISSCONTACT. Manual de laboratorio – Programa Aire Puro. [En línea] [Fecha de consulta: 10 de febrero del 2017]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/Manual-laboratorio-analisis-aire.pdf>

WARK.K y WARNER.C. Contaminación del Aire origen y control. México D.F: LIMUSA, 2007. 650 p.

ZAPATA SÁNCHEZ, C. E.; QUIJANO HURTADO, R [et.al]. Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Valle de Aburra con Medidores Pasivos, Revista Gestión y Ambiente, Mayo 2008, Volumen 11 – N°1.

ANEXOS

- MATRÍZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADOR	INSTRUMENTO
GENERAL					
¿De qué manera se puede evaluar la contaminación del aire ocasionado por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras en el área urbana del centro poblado de Paragsha?	Evaluar la contaminación del aire ocasionada por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras en el área urbana del centro poblado de Paragsha.	La contaminación del aire en el área urbana del centro poblado de Paragsha es ocasionado principalmente por la presencia de polvo atmosférico sedimentable.	<p>Dependiente: Contaminación del aire</p> <p>Independiente: Polvo atmosférico sedimentable</p>	Calidad de vida de la población.	Análisis mediante método placas receptoras
ESPECÍFICO					
¿En qué punto de muestreo en el área urbana del distrito de Paragsha existe una mayor cantidad de partículas atmosféricas sedimentables?	Seleccionar los puntos de muestreo en el área urbana del centro poblado de Paragsha y colocar los dispositivos para cuantificar la cantidad de polvo atmosférico sedimentable	La mayor cantidad de partículas atmosféricas sedimentables resultan en mayores proporciones en los puntos de muestreo que no cuentan en sus alrededores con calles pavimentadas y tienen mayor tránsito vehicular.	<p>Dependiente: Contaminación del aire</p> <p>Independiente: Polvo atmosférico sedimentable</p>	Calles pavimentadas, tránsito vehicular	Análisis mediante método placas receptoras
¿Los valores obtenidos de la cuantificación de polvo atmosférico sedimentables en el área urbana del centro poblado de Paragsha se encuentran dentro de los límites que establece la normativa de la	Analizar si los resultados obtenidos de la cuantificación del polvo atmosférico sedimentable en el área urbana del centro poblado de Paragsha se encuentran dentro de los límites que establece la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS).	Los valores obtenidos de la cuantificación del polvo atmosférico sedimentable en el área urbana del centro poblado de Paragsha superan los límites que establece la normativa de la Organización	<p>Dependiente: Contaminación del aire</p> <p>Independiente: Polvo atmosférico sedimentable</p>	Límites máximos permisibles Organización Mundial de la Salud (OMS).	Análisis mediante método placas receptoras

Organización Mundial de la Salud (OMS)?		Mundial de la Salud (OMS).			
¿Cuáles son los posibles impactos que causan las partículas atmosféricas sedimentables en la zona de mayor concentración?	Evaluar la zona de mayor concentración de partículas atmosféricas sedimentables y sus posibles impactos.	La elevada concentración de partículas atmosféricas sedimentables estaría causando enfermedades como alergias, infecciones respiratorias y oftalmológicas.	<p>Dependiente: Contaminación del aire</p> <p>Independiente: Polvo atmosférico sedimentable</p>	Alergias e infecciones respiratorias y oftalmológicas.	Análisis mediante método placas receptoras

Fuente: Elaboración propia.

- **INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

- Balanza Analítica
- Placas receptoras
- Vaselina
- Porta placas (Caja de Tecnopor)
- Cuaderno de notas
- Fichas de registro de datos
- Registro de comentarios existente en la zona.

ANEXO N° 01: Ejemplo del cálculo para determinación de polvo Atmosférico sedimentable (PAS)

Ejemplo de cálculo para Polvo Atmosférico Sedimentable, Método de Placas Receptoras

W inicial = W placa + W vaselina

W final = W placa + W vaselina + WPAS

Para obtener el peso del PAS, se realizó el siguiente cálculo:

$W_{\text{final}} - W_{\text{inicial}} = \Delta W = WPAS$

Luego, se encuentra la concentración de PAS, mediante la ecuación:

$$c = \frac{\Delta W}{\text{Área de la placa} \times \text{días de exposición}}$$

W = Peso en miligramos (mg)

ΔW = Diferencia de pesos en miligramos (mg)

WPAS = Peso del Polvo Atmosférico Sedimentable

C = Concentración de PAS (mg/cm²xmes)

Días de exposición= 30 días (1 mes)

Diámetro de la placa = 8.524 cm

Radio (r) = diámetro/2 = (8.524cm/2) = 4.262 cm

Área de la placa = πr^2

Área de la placa = $\pi(4.262 \text{ cm})^2$

Área de la placa = 3.1416 (4.262 cm)²

Área de la placa = 57.065 cm²

Ejemplo del cálculo de la concentración de PAS en el punto EP-M01 muestra 1, mes de Mayo-Junio. (Ver Tabla N° 05)

W inicial= 31.617

W final = 31.641

$\Delta W = W \text{ final} - W \text{ inicial} = (31.641 - 31.617) \text{ g}$
 $= 0.024 \text{ g}$

Nos piden en mg entonces:

$\Delta W = 0.024 \text{ g} * 1000$

$\Delta W = 24 \text{ mg}$

$$c = \frac{\Delta W}{\text{Área de la placa} \times \text{días de exposición}}$$

$$c = \frac{24 \text{ mg}}{57.065 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ mes}}$$

C = 0.421 mg/cm²xmes

ANEXO N° 02: Datos meteorológicos del mes de Marzo obtenidas de la estación
Cerro de Pasco - Chaupimarca

Estación : CERRO DE PASCO , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : PASCO			Provincia : PASCO			Distrito : CHAUPIMARCA			Ir : 2017-03 ▼			
Latitud : 10° 41' 37"			Longitud : 76° 15' 1"			Altitud : 4260						
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Mar-2017	11.5	1.4	4	10	3.2	3	7.6	2.4	0	15	NE	2
02-Mar-2017	9.4	1.2	4	8	3.2	3.2	6	2.4	0	2.3	NE	2
03-Mar-2017	10	3	4.2	6	4	3.4	4.4	3	0	3	NE	2
04-Mar-2017	9.4	2.8	5	5.4	5	4	4.2	4.4	0	2	NW	3
05-Mar-2017	10	3.6	5	9	4.2	4	7	3.4	0	0	NE	2
06-Mar-2017	10.4	2.4	3.8	9	3	3	7	2.2	0	9	NE	2
07-Mar-2017	10.2	2	4	10	4.2	3	7.4	3.4	2	3	NE	2
08-Mar-2017	6.4	3.2	4	5	5	3.4	4	4	1.7	3	NE	3
09-Mar-2017	11	3.2	4.8	9.6	4.4	3.8	7	3.6	0	0	NE	3
10-Mar-2017	10.5	.8	1.8	7	4	1	5.4	3.2	9.2	5.5	NE	3
11-Mar-2017	9.5	3	4	6.8	4	3.4	5.2	3.2	0	3.3	NE	3
12-Mar-2017	10.4	2.2	5	9.6	4	4	7	3	0	0	SE	4
13-Mar-2017	11.9	1.4	4.2	11	6	3.4	8	5	0	0	SE	2
14-Mar-2017	9.7	1.6	3.6	9	4.6	2.8	6.4	3.8	4.7	3.2	NW	3
15-Mar-2017	10	2.6	3.4	8	3	2.8	6	2.2	.8	7	NE	2
16-Mar-2017	9	1.8	4	9	3.4	3.2	7	2.6	1	11.7	SW	2
17-Mar-2017	7	1.4	3.6	6.6	3	2.4	5	2.4	3	3.3	NE	3
18-Mar-2017	8	1	3	7.4	3.2	2	5.4	2.4	0	0	SE	3
19-Mar-2017	10.5	2.4	4	9	3.6	3	6.6	2.8	0	0	NW	3
20-Mar-2017	10	2.8	5	9	4	4	7	3.2	0	2.7	NE	3
21-Mar-2017	11.2	.8	3.4	10.6	5	2.6	8	4	0	2.8	NW	2
22-Mar-2017	10	2.4	4.2	10	4	3.4	7.4	3.2	0	0	C	
23-Mar-2017	9.5	1.8	3	8.6	3.8	2.2	6.4	3	0	9.2	NE	2
24-Mar-2017	10.5	2	3.4	9	4	2.6	7	3.2	1	4.4	NE	2
25-Mar-2017	9	2.2	4.4	8	3.6	3.4	6	2.4	0	6.8	NE	2
26-Mar-2017	7.5	1.8	4.2	7	4	3.4	5	3.2	0	1.2	NE	2
27-Mar-2017	8.5	2	4.4	7.2	3.2	3.6	5	2.6	5.4	0	NE	2
28-Mar-2017	11	2.2	4.4	8.5	3.6	3.6	6.4	2.6	2	0	NE	4
29-Mar-2017	12	2.8	4.6	10	4.2	3.6	7.4	3.4	0	0	SW	3
30-Mar-2017	9.5	2.4	4	9	3.8	3	6.4	3	0	0	NE	3
31-Mar-2017	10.5	1.8	4.4	10	3.2	3.6	7.4	2.4	2	1	NE	2

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

* El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad

ANEXO N° 03: Datos meteorológicos del mes de abril obtenidas de la estación
Cerro de Pasco - Chaupimarca

Estación : CERRO DE PASCO , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : PASCO			Provincia : PASCO			Distrito : CHAUPIMARCA			Ir : 2017-04 ▼			
Latitud : 10° 41' 37"			Longitud : 76° 15' 1"			Altitud : 4260						
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Abr-2017	9.5	2	4.2	8.4	4.4	3.4	6.4	3.6	2	0	NW	2
02-Abr-2017	11	.8	5	8	3.8	4	6	3	0	1	SW	2
03-Abr-2017	7.5	2.6	4	5.4	4	3.2	4	3	0	14	C	
04-Abr-2017	11	2.4	3.6	10.6	5	2.8	8	4	1.4	0	NE	3
05-Abr-2017	12	3	4	8.2	5	3.4	6	4	0	0	NE	3
06-Abr-2017	9	3.4	4.6	9	4.2	3.6	7	3.4	0	0	SE	2
07-Abr-2017	11.9	3.6	4.6	8.6	4.2	3.8	6	3.4	0	3.5	NE	2
08-Abr-2017	11.5	2	3.8	9.4	4	3	7	3.2	0	6	NE	3
09-Abr-2017	10.2	2.6	4.4	6	3.6	3.6	4.4	2.8	1	5	NE	3
10-Abr-2017	11.8	1.4	2.6	11	4.4	1.8	8	3.6	0	10	C	
11-Abr-2017	10.5	3.2	4.2	7	4	3.4	5	3.2	0	2	NW	2
12-Abr-2017	10	3.4	4.6	8.4	3.4	3.8	6	2.6	1	0	NE	3
13-Abr-2017	11	2.4	4.2	10	3.2	3.4	7.4	2.4	0	0	NE	2
14-Abr-2017	12	2	4.4	11	5	3.6	8	4	0	0	NE	2
15-Abr-2017	12	1.4	4	10	3.2	3	7.4	2.4	0	0	NE	3
16-Abr-2017	10.5	-6	3.4	10	3.6	2.6	7.6	2.8	0	0	NE	3
17-Abr-2017	12.1	-1.4	3	10.6	6	2.2	7.4	5	0	0	C	
18-Abr-2017	11.5	2.4	3.8	9.4	5	2.8	7	4	0	0	NW	3
19-Abr-2017	11.2	2.6	4.8	11	4.2	3.8	8	3.4	3	0	NE	4
20-Abr-2017	10	.8	3.4	6	3.8	2.6	4.4	2.8	0	1.7	NE	3
21-Abr-2017	10.2	.4	2	9	4	1.4	6.4	3.2	0	0	NE	3
22-Abr-2017	12	1	2.6	9	4.6	1.8	7	3.8	0	8.2	NE	2
23-Abr-2017	10	3	3.8	5	3.4	3.2	3.8	2.6	1	2	SE	3
24-Abr-2017	9.5	.6	3	6	4.6	2	4.4	3.6	0	0	NE	3
25-Abr-2017	14		3	13	5	2.2	9	4	0	0	NW	2
26-Abr-2017	10.2	3	3.8	9.6	4	3.2	7	3	1.3	.5	NW	3
27-Abr-2017	10.4	1.4	3	8	4.6	2.2	6	3.8	13.5	2.2	NE	4
28-Abr-2017	9.5	2.4	4	9	4.2	3.2	6.4	3.4	.5	1	NE	3
29-Abr-2017	10	2.6	3.6	9	4.2	2.8	7	3.4	4	1	NE	4
30-Abr-2017	8	1.6	3.2	6.4	3.6	2.4	5	2.8	0	4	NE	3

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

* El uso de esta información es bajo su entera Responsabilidad

ANEXO N° 04: Datos meteorológicos del mes de mayo obtenidas de la estación
Cerro de Pasco - Chaupimarca

Estación : CERRO DE PASCO , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : PASCO			Provincia : PASCO			Distrito : CHAUPIMARCA			Ir : 2017-05 ▼			
Latitud : 10° 41' 37"			Longitud : 76° 15' 1"			Altitud : 4260						
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-May-2017	11.5	-1.6	1	9	5.2	.4	6.4	4	0	0	NE	2
02-May-2017	11	1	4	9.4	4.4	3.2	7	3.6	0	0	SW	3
03-May-2017	12	.4	3	9.5	5	2.2	7	4	0	0	C	
04-May-2017	11		3.2	10	4.4	2.4	7.4	3.6	0	0	NE	2
05-May-2017	10.2	.4	3	10	5	2.4	7.6	4	0	0	NE	3
06-May-2017	10.6	.6	1.4	10.4	5	.8	7.2	4	0	0	C	
07-May-2017	11	2.8	4	9	4.6	3.2	7	3.6	3	0	NE	2
08-May-2017	9	.4	1.6	6.2	4.2	.8	4.6	3.4	0	3	NE	3
09-May-2017	10	3.2	4.4	7	3.2	3.6	5	2.4	0	0	NW	4
10-May-2017	13	2.6	4	11	6	3	8	5	0	0	NE	3
11-May-2017	12	1.4	3.2	12	4	2.4	8.4	3.2	2.3	3.4	NE	3
12-May-2017	12.5	.2	2.6	10.8	4.8	1.8	8	3.6	0	3	NE	2
13-May-2017	11	1.6	3.2	10	3.8	2.4	7.4	3	0	0	NE	2
14-May-2017	10	2.4	4	8	4.2	3	6	3.4	0	2	NE	2
15-May-2017	11.5	1	3	10	5	2.4	7.6	4	0	6	NE	2
16-May-2017	10	1	2	8.2	4.4	1.4	6.4	3.6	7.2	7	NW	3
17-May-2017	11	1.8	3.6	6	4.2	2.8	4.2	3.4	0	6.3	C	
18-May-2017	11.5		3	11	4.4	2.2	8	3.6	0	0	NE	3
19-May-2017	12	2.4	4	11	4.6	3	8	3.6	1.6	0	NW	3
20-May-2017	11.7	3	4	11.2	5	3.4	8.4	4	1	0	NW	3
21-May-2017	8.5	2	2.8	7	4	2.2	5	3.2	2	3	NE	4
22-May-2017	9.5	1.8	3	8	4	2.2	6	3	0	1.2	NE	3
23-May-2017	9.6	2	4	8	4	3.2	6.4	3	4.8	0	NE	4
24-May-2017	10.9	2.4	4	10	4.8	3.2	7.4	3.6	0	0	NE	4
25-May-2017	11	2.6	3.6	10	3.8	2.8	7.6	3	0	0	NE	4
26-May-2017	12	1	2.2	12	4.4	1.4	8.4	3.2	0	0	NW	3
27-May-2017	9.5	3.5	4.8	7	4.4	3.8	5	3.2	0	1.6	NE	3
28-May-2017	8.5	1.6	3	8	4.2	2	6	3.2	0	0	NE	3
29-May-2017	9.5	1.4	2.8	8	4.4	1.6	6.4	3.4	2.4	0	NE	3
30-May-2017	7	.2	1.8	6.2	3.2	1	4.4	2.4	0	0	SE	2
31-May-2017	12	-.4	2	8	1.6	1	6.2	.8	0	4.1	C	

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

* El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad

ANEXO N° 05: Panel fotográfico



de

Rotulado de las placas
petri para el monitoreo
de



partículas Atmosférica Sedimentable.

Agregado de la película de vaselina en las placas de petri.



Placas de petri bañados con una fina película de vaselina, para la sedimentación de los contaminantes.



Pesado de las placas de petri con el adherente de la vaselina. $W = w_{\text{placa}} + w_{\text{vaselina}}$.



Disposición de las placas de petri en una caja hermética para el monitoreo de PAS.

Traslado de las placas de petri, para el monitoreo de PAS, en los puntos de muestreo.



Disposición de la caja de Petri en la vivienda de 2do nivel del centro poblado de Paragsha, para previa captación de contaminante PAS durante 30 días.