



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL**

**“CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM 10 Y PM
2.5 EN LA CUENCA ATMOSFÉRICA DE CAJAMARCA DURANTE
LOS AÑOS 2014 Y 2015”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORAS:

**BRIONES SILVA, ESTHER
MALAVER CÁRDENAS, CATALINA**

ASESOR:

MCs. Ing°. PERSI VERA ZELADA

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:
CAMBIO CLIMÁTICO**

CAJAMARCA- PERÚ

(2015)

**“CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10 Y PM2.5 EN LA
CUENCA ATMOSFÉRICA DE CAJAMARCA DURANTE LOS AÑOS 2014 Y
2015”**

PRESENTADO POR:

**BRIONES SILVA, ESTHER
AUTORA**

**MALAVER CÁRDENAS, CATALINA
AUTORA**

**Ing° Mg. PERSI VERA ZELADA
ASESOR**

APROBADO POR:

**Ing° Mg. PERSI VERA ZELADA
PRESIDENTE DEL JURADO**

**Ing° Mg. MILAGRITOS ROJAS ESPEJO
SECRETARIO DEL JURADO**

**Ing° Mg. ANTONIO IDROGO IDROGO
VOCAL DEL JURADO**

**Cajamarca- Perú
2015**

Dedicatoria

A Lucía Esperanza, mi madre por enseñarme a luchar por mis sueños. A Socorro y José, mis hermanos por mostrarme el valor de la familia. A Liz y David, mi hija y nieto, por darme la felicidad.

Esther

A mis padres y hermanos, a mi esposo, mis hijos y mi suegra, quienes aportaron a tan importante aspiración para mi vida. A toda mi familia que es lo más valioso que Dios me ha dado.

Catalina.

Agradecimiento

A Dios por su infinito amor y bondad, quién luego de un arduo camino permite alcanzar nuestras metas planificadas y poder realizarnos como profesionales.

A nuestros asesores y docentes quienes nos brindaron sus conocimientos, consejos y más aún, un lazo inquebrantable como la amistad, en ellos valoramos su dedicación y compromiso con tan valiosa labor dedicada a la formación profesional de la humanidad.

A la Municipalidad Provincial de Cajamarca, área de Gestión y Calidad Ambiental, quienes a través de su profesionales y técnicos nos brindaron todo el apoyo, permitiéndonos el acceso a los equipos, instrumental y datos obtenidos para la realización de este estudio.

Las Autoras.

Declaratoria de autenticidad

Nosotras, Esther Briones Silva, con DNI N° 26698514 y Catalina Malaver Cárdenas con DNI N° 26696927 a fin de considerar con las disposiciones establecidas por los preceptos de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, declaramos bajo juramento que toda la documentación que presento es veraz y legítima.

Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos informativos que se presenta son legítimos y verídicos.

En tal sentido nos responsabilizamos ante cualquier falsedad y omisión tanto en los documentos como de información aportada, por tal motivo, nos sometemos a lo estipulado en las reglas académicas de la Universidad César Vallejo.

Cajamarca, noviembre del 2015.

Esther Briones Silva
DNI N° 26698514

Catalina Malaver Cárdenas
DNI N° 26696927

Presentación

Señores integrantes del jurado:

Presentamos la presente Tesis titulada “**Concentración de Material Particulado PM10 y PM2.5 en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca durante los años 2014 y 2015**”, con la finalidad de determinar la concentración del material particulado PM10 y PM2.5 en relación a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, en la cuenca atmosférica de Cajamarca durante los años 2014 y 2015, en respeto a los estatutos de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Esperando contar con la aprobación de los requisitos solicitados.

La investigación se encuentra estructurada por siete títulos y doce sub títulos. El Título I, hace referencia a la introducción, el Título II es el marco metodológico, el Titulo III son los resultados de la investigación, el Título IV es la discusión, el Título V son las Conclusiones, el Título VI son las recomendaciones, y por último, el Titulo VII son las referencias bibliográficas. Así mismo, dentro del contenido se encuentran los anexos donde se muestran cuadros, planos, cartografías, documentos, fichas, etc.

Las Autoras

Índice

<i>Dedicatoria</i>	ii
<i>Agradecimiento</i>	ii
<i>Declaratoria de autenticidad</i>	iv
<i>Presentación</i>	v
Índice.....	6
Resumen	7
Abstract.....	8
I. Introducción	9
1.1. Problema	32
1.2. Hipótesis.....	32
1.3. Objetivos.....	32
1.3.1. Objetivo general	32
1.3.2. Objetivos específicos.....	32
II. Marco metodológico	33
2.1. Variables.....	33
2.2. Operacionalización de variables:	33
2.2.1. Definición Conceptual:	33
2.2.2. Definición Operacional:	33
2.2.3. Indicadores:.....	33
2.2.4. Escalas de Medición.....	34
2.3. Metodología	34
2.4. Tipos de estudio	34
2.5. Diseño de Investigación.....	34
2.6. Población y muestra	34
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
2.8. Métodos de análisis de datos:	37
III. Resultados	38
IV. Discusión.....	49
V. Conclusiones	53
VI. Recomendaciones	55
VII. Referencias bibliográficas.	56
Anexos	60

RESUMEN

Uno de los grandes agentes contaminantes del aire son las partículas en suspensión denominado PM 10 y PM 2.5, clasificados así por su tamaño, y en base al cual se realizó una investigación cuantitativa, correlacional, longitudinal y de observación con el objetivo de determinar la concentración del material particulado PM10 y PM2.5 en relación a los ECAs del Aire, en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, en los años 2014 y 2015. Se eligió como población la Cuenca Atmosférica de Cajamarca y las muestras se escogieron de manera no probalística; las cuales fueron procesadas mediante análisis de laboratorio, donde los resultados obtenidos de PM 10 fueron inferiores a los preestablecidos en los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, a diferencia de los resultados de PM 2.5, las cuales han sido elevados durante todos los meses del año 2014 y casi todos los del 2015; especialmente en enero, lo cual se asocia a la contaminación producida por las festividades de año nuevo; y los meses de febrero, agosto, setiembre y octubre el cual se relaciona con el aumento del parque automotor, la minería, las canteras, las ladrilleras, las pollerías, las panaderías, la quema de leña para cocinar, la quema de basura y pastizales, entre otros factores que contribuyen al exceso de partículas en suspensión como PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la atmósfera. Finalmente, se llegó a la conclusión que las concentraciones de material particulado PM 2.5 son altas y que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, siendo estas las más nocivas para la salud de la población y el ambiente.

Palabras claves:

Concentración, material particulado, Estándares de calidad Ambiental del Aire, PM10- PM2.5.

ABSTRACT

One of the main air pollutants is particulate known as PM10 and PM2.5, classified by their size, so that a quantitative, correlational, longitudinal and observational. The study was conducted in order to determine the concentration of particulate matter PM10 and PM2.5 in relation to the Standards for Environmental Air Quality, in Air Basin in Cajamarca, in the years 2014 and 2015. The Air Basin of Cajamarca was chosen as the population and the samples were chosen not probalística way, why chewer processed by laboratory analysis, where the results of PM10 were lower than the Environmental Quality Standards Air, unlike the results of PM2.5, remained high during all months of 2014 and almost all of 2015; especially in January, why chases associated with the pollution caused by the New Year festivities; and the months of February, August, September and October which is related to the increase in vehicles, mining, quarries, brick kilns, the poultry markets, bakeries, burning wood for cooking, burning garbage and pastures among other factor contributing to the excess of suspended particles as PM2.5 ug / m³ in the atmosphere. Finally, it was concluded that concentrations of PM2.5 particulate materials are high and exceed the Environmental Quality Standards Air, which are the most dangerous and harmful to the environment and health of the population.

Keywords:

Concentration, particulate materials, the environmental quality standards air, PM10-PM2.5.

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

La tesis titulada “Concentración de Material Particulado PM 10 y PM 2.5 en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, durante los años 2014 y 2015” trata sobre el estudio de uno de los principales contaminantes atmosféricos definidos como material particulado en suspensión, cuyas fuentes son de origen móvil, industrial, combustión, etc. Estos contaminantes son captados mediante tomas de muestras en equipos especiales llamados Muestreador de Alto Volumen –VI-HOL, donde, las muestras tomadas de material particulado se clasifican en dos tipos según su tamaño, una de 10 μm (PM 10) y, la otra, de 2.5 μm (PM 2.5) (Sbarato, y otros, 2000).

Existen antecedentes internacionales referentes al tema de material particulado suspendido en el aire, entre los cuales podemos mencionar a un estudio realizado en Buenos Aires donde se analizaron algunas características de la concentración de material particulado en suspensión total y en PM 10 en la atmósfera. Donde, encontraron que hay zonas con depósito mensual de material particulado superior a 1 $\text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot 30\text{d})$ (límite establecido por la Ley 1356, de la Ciudad de Buenos Aires); además, las máximas concentraciones mensuales de material particulado en suspensión pueden superar los 0.15 mg/m^3 , principalmente en los meses invernales; y las concentraciones medias diarias de PM10 superaron los 0.15 mg/m^3 (límite establecido por la Ley 1356, Ciudad de Buenos Aires. Estas circunstancias ponen en riesgo a más de la mitad de la población de la población al menos 1 vez al año (MARTÍN, 2005).

Otro estudio realizado en Guayaquil buscó fijar las consecuencias de las acciones de la industria y las aglomeraciones de las partículas suspendidas, además del número de casos de enfermedades respiratorias registradas; encontrando que las cantidades concentradas de estas partículas en la zona de Trinidad no excede los límites máximos de concentración en un tiempo

muestreado en 24 horas, no obstante en el caso de las partículas PM_{2.5} se tiene que superaría los límites máximos de concentración permitidos para una exposición anual (Angulo M., 2008). En otro sector como Fertisa, los valores encontrados tampoco sobrepasaron los límites concentrados de material particulado tanto del PM₁₀ y PM_{2.5} de igual tiempo de muestreo de 24 horas también y de una exposición anual, en consecuencia las industrias de estas zonas emiten sus gases de combustión por medio del uso de chimeneas, aunados a este tema se tiene también los contextos meteorológicos que influyen a que el material particulado se trasladen a gran distancia, afectando a las localidades contiguas (Angulo M., 2008).

A nivel nacional, se mencionará un estudio descriptivo explicativo y transversal realizado en Lima con el objetivo de describir el estado de los contaminantes del aire: partículas de CO, PM₁₀ y SO₂ y evaluar los niveles de afectación de los contaminantes en el medio ambiente. Tomaron distintas muestras en diferentes áreas para analizar la cantidad de partículas de CO, PM₁₀ y plomo presentes y ver el impacto de éstos. Llegaron a la conclusión que se ha comprobado que en el campus de dicha Universidad se observa la presencia de contaminantes como CO y PM₁₀, así como de otro contaminante SO₂. Con estos contaminantes se calculó la divergencia en relación a las normas actuales existentes con las que se obtuvo que las concentraciones actuales en el campus en relación al monóxido de carbono son significativas, pero que en conjunto con los otros dos contaminantes afectan a la infraestructura debido a que aceleran procesos y fenómenos como la carbonatación, lixiviación, eflorescencia y corrosión, así como el cambio en el fenómeno de pasivación del acero (Moreano Bohórquez & Palmisano Patrón, 2012).

En Moyobamba – San Martín se ha realizado un estudio cuyo objetivo fue determinar la concentración de material particulado suspendido en el medio atmosférico de Segunda Jerusalén; por lo que realizaron un programa de monitoreo del aire para identificar las partículas en suspensión de tamaño igual o menor que 10µm (PM₁₀); concluyendo que la calidad del aire del medio

atmosférico contiene partículas en suspensión de PM10, cumpliendo con las normas legales peruanas, pero se confirma la presencia de este material cuyas cantidades en promedio son de 10.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el invierno y 13.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el verano (Herrera Díaz, 2011). El (D. S. N° 074-2001-PCM), menciona que los Límites Máximos Permisibles (LMP), para PM10, corresponden a concentraciones de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Angulo M., 2008; OEFA, 2015).

A nivel local, la Dirección General de Salud Ambiental realizó un estudio en Choropampa con el objetivo de determinar el estado de la Calidad del Aire en el Centro Poblado de San Sebastián de Choropampa debido a la existencia de diferentes fuentes que producían la polución del aire en la zona. El investigador obtuvo como resultado que las concentraciones de PM 10 se encontraban entre 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 357 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Concluyendo que la población del Centro Poblado de San Sebastián de Choropampa se encuentra expuesta a altas concentraciones de material particulado (PM10) en la zona céntrica de la Av. Virgen de Fátima donde por la acción del tránsito vehicular y mal estado de la acera se generan partículas suspendidas en el ambiente (DIGESA, 2009). Los valores de PM10 encontrados en esta zona exceden el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para el Aire (D.S. 074-2001-PCM (MINAM, 2001), a diferencia de los niveles de PM10 encontrados en las otras dos estaciones que no exceden el respectivo estándar (DIGESA, 2009).

Otro estudio realizado en Cajamarca buscó evaluar la concentración de plomo y su relación con el PM 2.5 en la atmosfera; identificó temporalmente, altas concentraciones de PM2.5 en las épocas de estiaje y viento que sobrepasaban los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, pudiendo tener efectos desfavorables para la salud (Cachi Crisóstomo, 2014).

Es conocido que el aire está en la atmósfera, la capa gaseosa que envuelve la Tierra. El aire que respiramos tiene una composición muy compleja y contiene alrededor de mil compuestos diferentes; entre los principales elementos son nitrógeno (78%), oxígeno (21%) e hidrógeno (1%); sin estos

compuestos, la vida en la Tierra no existiría. El aire contiene además, argón, que es un gas inerte, dióxido de carbono (CO₂) y cantidades poco significativas de metano y radón (MINAM, 2010; Valle, 2014).

El aire que respiramos proviene de la tropósfera; la cual está formada por vapor de agua, en cantidades variables entre 0 a 7%, dependiendo de las condiciones climatológicas. Ese vapor está cerca de la Tierra por la fuerza de gravedad, pero este equilibrio se ve alterado por la contaminación (MINAM, 2010; Valle, 2014).

La definición de contaminantes atmosféricos indican que éstos producen un efecto negativo sobre los seres vivos. La exposición a determinadas concentraciones de los contaminantes criterios produce efectos sobre la salud de personas, animales y plantas (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Según la Organización Mundial de La Salud (OMS) en el año 2011, la contaminación atmosférica constituye un riesgo medioambiental para la salud y se estima que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo.

Una sustancia contamina el aire, cuando al ser emitido a la atmósfera ya sea por la actividad humana o por procesos naturales, afecta adversamente al hombre o al ambiente. Estas sustancias pueden ser polvos, gases, humos y las partículas sedimentables; material particulado PM₁₀; material particulado PM_{2.5}; dióxido de nitrógeno; dióxido de azufre; monóxido de carbono; ozono. En cambio, se establecen como contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos: el benceno, cadmio, mercurio inorgánico. (Edgar, 2014)

En varios países, especialmente los industrializados, se estima que los cambios climáticos, así como muchas enfermedades tanto del tracto respiratorio como cardiovascular pueden ser causadas por agentes químicos que se encuentran en el aire contaminado, llegando incluso a producir algunos

tipos de cánceres. Dichos contaminantes que pueden producirse de forma natural o antropogénica lo constituyen los bioaerosoles, las partículas y gases como monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono, etc (Edgar, 2014)

Los contaminantes del aire son diversos, en el presente estudio se concreta a la emisión de partículas finas que quedan suspendidas en el aire temporalmente estas son producidas principalmente por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, estos son el carbón, gas y/o petróleo (gasolina); otras emisiones de material particulado que son provenientes de las fabricas e industrias conocidas como fuentes fijas y de las emanaciones del parque automotor llamadas fuentes móviles (MINAM, 2010; Valle, 2014).

El MP es uno de los contaminantes al que se le ha prestado mayor atención a nivel mundial dado sus efectos adversos sobre la salud que incluyen afecciones del sistema respiratorio y cardiovascular. A nivel global, entre el 20 y el 42% de las infecciones de las vías respiratorias inferiores y aproximadamente 24% de las infecciones respiratorias superiores en países en vías de desarrollo, son atribuibles a la disminución de calidad del aire por presencia de material particulado principalmente PM10 y PM2.5. (Edgar, 2014)

La concentración de los contaminantes disminuye al dispersarse en la atmósfera, lo cual depende de factores climatológicos como la temperatura, velocidad del viento, movimiento de sistemas de altas y bajas presiones y su interacción con la topografía. (Edgar, 2014)

Las partículas sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en el aire y los contaminantes primarios y secundarios se clasifican según su tamaño, así se tiene, el material particulado con menos de 10 micrómetros de diámetro PM10 y partículas igual o menos que 2.5 micrómetros (PM2.5). Estas últimas,

son partículas muy pequeñas y las más peligrosas para la salud de los seres humanos porque pueden llegar hasta las zonas inferiores de los pulmones (Favre, May, & Bosteels, 2003; BVS de OPS, 2010).

Las partículas son los contaminantes atmosféricos más complejos, ya que engloban un amplio espectro de sustancias, tanto sólidas como líquidas, procedentes de diversas fuentes, entre las que destacan las siguientes: polvo (producido por desintegración mecánica), humos (procedentes de combustiones), brumas (por condensación de vapor) y aerosoles (mezcla de partículas sólidas y/o líquidas suspendidas en un gas) (ECODES, 2014).

Las partículas gruesas o de diámetro aerodinámico de 10 micras, también llamadas PM₁₀, suelen tener un importante componente de tipo natural, siendo contaminantes básicamente primarios que se generan por procesos mecánicos o de evaporación: minerales locales o transportados, aerosol marino, partículas biológicas (restos vegetales) y partículas primarias derivadas de procesos industriales o del tráfico (asfalto erosionado y restos de neumáticos y frenos generados por abrasión); de entre los pocos contaminantes secundarios que entran a formar parte de su estructura destacan los nitratos (ECODES, 2014).

Las partículas finas o de diámetro aerodinámico de 2,5 µm, también llamado PM_{2.5}, tienen una composición más dañina, ya que es generada por el hombre, especialmente las producidas por vehículos diésel, aerosoles orgánicos secundarios, como el peroxiacetilnitrato (PAN) y El PAN (peroxiacetilnitrato) es un producto químico tóxico que corresponde a un importante componente del smog. El PAN se encuentra en estado gaseoso a temperatura y presión normal, este se forma a partir de los escapes de automóviles que funcionan con combustibles fósiles, centrales eléctricas a carbón y otros procesos industriales y los compuestos orgánicos volátiles (COV), liberados al aire en forma de vapores provenientes de la gasolina, pintura, solventes y pesticidas, corresponden al segundo grupo de ingredientes que pueden formar PAN. La energía de la luz solar facilita estas

reacciones químicas a través de un proceso llamado foto disociación. El PAN es altamente reactivo y un potente agente oxidante. Es un poderoso irritante de los ojos y es también nocivo para el sistema respiratorio. A altas concentraciones, es bastante dañino para los materiales vegetales, los cuales “quema” en una reacción química semejante a la combustión lenta, al igual que los hidrocarburos poli cíclicos aromáticos (HPA) (Diaz & Linare, 2010; ECODES, 2014).

Las partículas de PM 2.5 son cien veces más pequeñas que el grosor de un cabello y son el enemigo invisible de la salud de los pueblos. Atacan directamente al corazón, ingresan por las vías respiratorias, sus efectos son letales y peor aún, su presencia en el aire de la ciudad es cada vez mayor (Favre, May, & Bosteels, 2003; ECODES, 2014).

Por el contrario, son pocas las fuentes primarias de partículas finas, por ejemplo los procesos industriales de molienda y pulverización y los procesos rápidos de condensación de gases expulsados a altas temperaturas (ECODES, 2014).

Por este motivo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) aconseja utilizar como indicadores de la calidad del aire las concentraciones de PM 2,5 en vez de las de PM10 (ECODES, 2014).

El material particulado en relación al cambio climático tiene efecto sobre los ecosistemas, las partículas atmosféricas alteran la cantidad de radiación solar transmitida a través de la atmósfera terrestre. La absorción de radiación solar por partículas atmosféricas junto a la captura de radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre por parte de ciertos gases, intensifica el calentamiento de la superficie terrestre y la baja atmósfera, es el conocido efecto invernadero. Los efectos producidos por el material particulado, incluye la alteración de la cantidad de radiación ultravioleta procedente del Sol que llega a alcanzar la superficie terrestre lo que puede ejercer efectos en la salud

humana, la biota y otros componentes ambientales (Sánchez de la Campa & De la Rosa, 2009)

Por lo tanto la destrucción de la capa de ozono que nos protege de los rayos ultravioleta se da cuando se emiten a la atmósfera los llamados clorofluorocarbonos (CFC), usados en la producción de aerosoles y en sistemas de refrigeración, como los sistemas de aire acondicionado de autos y hogares. Los CFC producen el adelgazamiento de la capa de ozono, por donde pasan los rayos citados (MINAM, 2010; Valle, 2014).

La contaminación del aire se ve influenciada por la dispersión de los contaminantes en el aire, que depende de varios factores, las cuales interactúan en la atmósfera. La emisión de contaminantes atmosféricos por las actividades humanas produce los gases y partículas que llegan a la atmósfera y a continuación pueden: permanecer en ella, transformarse, dispersándose y depositados en tierra, siendo contaminantes nocivos dependiendo de las propiedades del contaminante, ya sea físicas, químicas, también tiene que ver las características meteorológicas, la morfología del terreno, la temperatura y otros. De acuerdo a la cantidad de contaminante presente en la atmósfera, en un volumen dado, se obtiene un valor de concentración del contaminante, el cual determinará la calidad del aire (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Los contaminantes producidos por las fuentes de emisión al ingresar a la atmósfera se dispersan, es decir se mezclan en ella, diluyéndose y alejándose de la fuente. Como causas para la dispersión se tiene la diferencia de concentración del contaminante en diferentes puntos de la masa de aire, el arrastre del viento y los movimientos verticales (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Entre los factores que afectan la dispersión de los contaminantes atmosféricos están las variaciones del clima a nivel local, regional y global y el relieve local (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

El grado de turbulencia cercana a la fuente de emisión influye en la dispersión del contaminante. La turbulencia es el movimiento de la atmósfera. Éste puede ser horizontal, como el caso del viento y vertical, como en el caso de las corrientes de aire ascendente y descendente, la altura de la capa de mezcla, lo que se conoce como estabilidad atmosférica (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Se produce una mayor dispersión de los contaminantes cuando hay viento con mayor velocidad, y cuando hay inestabilidad atmosférica, es decir, fuertes corrientes de aire tanto verticales como horizontales (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Cuando ocurren fenómenos como la inversión térmica, la atmósfera queda estratificada en capas de aire de relativa estabilidad. Esto disminuye el grado de dispersión de los contaminantes, los cuales se concentran en la capa inferior de la atmósfera (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La topografía del área también influye en la dispersión de los contaminantes. Las altas cadenas montañosas, o las laderas de los valles, constituyen obstáculos para la dispersión de los vientos (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Otros factores a considerar son los efectos de turbulencia sobre la Capa Límite Atmosférica, el transporte por convección de la humedad, la deposición húmeda y seca (que modifica la concentración y la tasa de dispersión de las partículas) y la elevación de la pluma contaminante asociada a los incendios forestales, y la adición al transporte de mayor escala a nivel regional (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La meteorología también tiene influencia en la calidad del aire. Generalmente los contaminantes se elevan o flotan lejos de sus fuentes sin acumularse hasta niveles peligrosos. Los patrones de vientos, las nubes, la lluvia y la temperatura pueden afectar la rapidez con que los contaminantes se alejan

de una zona. Los patrones climáticos que atrapan la contaminación atmosférica en valles o la desplacen por la tierra pueden, dañar ambientes limpios distantes de las fuentes originales (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Los fenómenos meteorológicos que influyen en la dispersión de contaminantes se producen en 3 escalas:

- Micro escala (1 km) con acción en minutos y en horas. (Chavez Gomes Da Silva, 2009)
- Meso escala (100 km) actuando durante horas y días. (Chavez Gomes Da Silva, 2009)
- Macro escala (miles de km) interactuando durante días y semanas (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Los factores meteorológicos de interés son:

- Velocidad y Dirección del Viento (Chavez Gomes Da Silva, 2009)
- Temperatura y Humedad (Chavez Gomes Da Silva, 2009)
- Turbulencia (Chavez Gomes Da Silva, 2009)
- Estabilidad Atmosférica (Chavez Gomes Da Silva, 2009)
- Efectos Topográficos en la Meteorología (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

En la capa cercana a la superficie, existen variaciones de la velocidad y dirección del viento debido a la influencia del relieve. Es por eso que se considera una componente media y una componente variable (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La velocidad del viento, al ser dependiente del terreno, es variable con la altura. Para determinar la velocidad del viento que sea independiente de la influencia de edificios y topografía, se utiliza la ley de semejanza de la potencia (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La componente media está determinada por la dirección y velocidad dominantes, y las fluctuaciones de poco tiempo (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Estructuras tipo remolino de velocidad media corresponden a la componente variable de la velocidad, y es denominada turbulencia (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La turbulencia puede ser producida por las irregularidades del terreno, en cuyo caso se habla de turbulencia mecánica (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

El gradiente vertical de temperatura produce corrientes de aire caliente que se eleva desde la superficie, y corrientes de aire descendente, más frío y más denso (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La estabilidad atmosférica depende de las condiciones meteorológicas. Las condiciones neutrales generalmente se dan cuando hay cielos nublados. También la radiación solar cumple un papel importante, al igual que la velocidad del viento (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Una atmósfera neutralmente estable ocurre cuando la variación de temperatura con la altura es igual a la gradiente de temperatura seca adiabática, que corresponde a la disminución de 1°C cada 100 m de altura (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Al ser la variación de la temperatura mayor a 1° , se habla de una atmósfera inestable. Esto produce mayores turbulencias, porque el aire que asciende o desciende, se enfría o calienta a una tasa menor, y al llegar a la nueva altura, se encuentra a diferente temperatura que el aire que lo rodea, produciendo la sustentación o hundimiento que produce inestabilidad de las capas de aire (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La estabilidad atmosférica ocurre cuando la variación de la temperatura con la altura es menor a 1°C por cada 100 m. En estos casos, se habla de atmósfera estable. La atmósfera isoterma es un caso particular, que ocurre al

no haber variación de temperatura con la altura (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La inversión térmica es la condición de mayor estabilidad. Al aumentar la temperatura con la altura, el aire caliente que se enfría 1°C por la expansión adiabática se encuentra rodeado de aire más caliente, lo que lo fuerza a descender y permanecer en la capa inferior, de dónde provenía. Y el aire que desciende, se calienta 1°C por la contracción adiabática, se encuentra con aire más frío, lo cual lo obliga a ascender y retornar a la capa de la que provenía (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La temperatura del ambiente, puede ser un factor que determina si las condiciones atmosféricas son de estabilidad o producir grandes remolinos de turbulencia (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

El contenido de humedad del aire puede modificar las propiedades caloríficas del aire. Además, una atmósfera cargada de humedad produce mayores interacciones entre los NO_x y SO_x que producen partículas (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

La deposición de estas partículas puede ser en forma seca, formando material particulado, que finalmente desciende a tierra. O puede ser de forma húmeda, en precipitaciones en forma de rocío, llovizna, lluvia, aguanieve, nieve, granizo. Permite que los ácidos formados por las reacciones químicas desciendan, con serios problemas para los bosques, la vida acuática y los edificios (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

El relieve afecta a la dispersión de los contaminantes, al ejercer una importante influencia sobre el movimiento de las masas de atmosféricas (Chavez Gomes Da Silva, 2009). Algunos efectos producidos por el relieve en los contaminantes son:

Los cuerpos de agua mantienen el calor durante mayor tiempo, por lo que en la noche, la tierra se enfría más rápidamente. De esta manera, se producen corrientes de aire alternadas de día y de noche, modificando la dirección de los vientos, produciendo condiciones de corrientes nocturnas que pueden concentrar los contaminantes cerca a la fuente de emisión (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Los accidentes geográficos modifican la circulación del aire, reduciendo la velocidad de los vientos y produciendo sus propias turbulencias. Los microclimas generados por el desigual calentamiento de las laderas debido al movimiento del sol y el impacto de la radiación solar durante diferentes horarios en las laderas de la montaña, producen corrientes de convección que impiden la dispersión de los contaminantes, concentrándolos en áreas cercanas a las de las fuentes de emisión (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Si la superficie de la tierra fuera completamente lisa, el aire se elevaría en las regiones ecuatoriales y lo desviaría por la rotación de la tierra hacia el este. Vientos desde el este se encontrarían en las regiones tropicales, y en las regiones templadas se formarían vientos hacia el oeste, los cuales se unirían con vientos polares de dirección variable creando una región de turbulencias en esa zona. Las cadenas montañosas tienen un efecto importante en los patrones de circulación y producen cambios importantes en las regiones cercanas a ellas. Las tierras cercanas a la costa tienen un ciclo de vientos alternativos debido a su ciclo desigual de calentamiento en relación al mar con cambios en los vientos superficiales (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA) son indicadores globales de la calidad del aire en un momento determinado y una estación de monitoreo concreta. Los ECAs del aire son instrumentos de gestión ambiental que consiste en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que vivimos, permitiéndole a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, seguimiento y fiscalización de los

efectos causados por las actividades humanas. Los ECAS son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, para que no representen riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM, 2001).

Al monitorea los niveles de contaminación. Se estudia el comportamiento de la contaminación atmosférica de los contaminantes. Se recomienda evaluar los contaminantes especialmente en los asentamientos humanos como una buena herramienta para la información y la gestión ambiental. A continuación se presenta el valor de los ECAs y su correspondencia de concentración de PM10 y PM2.5; de acuerdo al rango de éste índice, se lo clasifica y asigna como bueno o malo a la calidad del aire.

**Tabla N° 01: Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental del Aire.
D.S. N° 074-2001-PCM.**

CONTAMINANTE	PERIODO	FORMA DEL ESTÁNDAR	
		VALOR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	FORMATO
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media Aritmética Anual
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año
PM - 10	Anual	50	Media Aritmética Anual
	24 horas	150	NE más de 3 veces al año
Monóxido de Carbonato	8 horas	10000	Promedio Móvil
	1 Hora	30000	NE más de 1 vez al año

Fuente: D.S. N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental del Aire.

Tabla N° 02: Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental del Aire.

D.S. N° 003-2008-MINAM.

PARÁMETRO	PERIODO	VALOR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VIGENCIA	FORMATO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Benceno ¹	Anual	4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero de 2010	Media aritmética	Cromatografía de gases
		2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero de 2014		
Hidrocarburo Totales (HT) Expresado como Hexano	24 horas	100mg/m ³	1 de enero de 2010	Media aritmética	Ionización de la llama de hidrógeno
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM 2.5)	24 horas	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero de 2010	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
	24 horas	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero de 2014	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
Hidrógeno Sulfurado (H ₂ S)	24 horas	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero de 2009	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)

Fuente: D.S. N° 003-2008-MINAM.Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental del Aire.

Los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECAs) son normas que están reglamentadas a nivel nacional por el Decreto Supremo N° 074- 201- PCM y establece valores para los diferentes parámetros, en lo que se refiere a las concentraciones de material particulado está dado en microgramos por milímetro cúbico representado en la siguiente simbología de unidad de medida $\mu\text{g}/\text{m}^3$. También cuenta con la modificatoria mediante Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, que aprueban estándares de calidad para aire (MINAM, 2001; MINAM, 2008).

La Calidad del Aire se refiere a concentraciones de contaminantes que permiten caracterizar el aire de una región con respecto a concentraciones de referencia, fijadas con el propósito de preservar la salud y bienestar de las personas (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

El indicador límite que establece los ECAs del aire está establecido en PM10 para 24 horas de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el PM2.5 está fijado en $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas, según Decreto Supremo N° 074- 2001- PCM y Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM (MINAM, 2001; MINAM, 2008).

La importancia de la calidad del aire se evidencia cuando se asocian a una baja calidad del aire y altos niveles de contaminación problemas como: enfermedades humanas, afecciones en plantas y animales, deterioro de edificios, pérdida de visibilidad, paisaje y otros (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Describir la realidad problemática resulta hablar acerca del cambio global en el medio ambiente que venimos atravesando, desde la Revolución Industrial, el hombre ha sido capaz de modificar el medio ambiente. Actualmente, el ser humano es el primer ente que produce cambios ambientales, donde los efectos de las actividades antropogénicas amenazan la vida del mismo hombre sobre el planeta, tras la repercusión de la polución y el aumento del efecto invernadero que es causado por la eliminación de gases como el

anhídrido de carbono (consumo de combustibles fósiles), de la producción y emisión de halocarbonos (CFC y halones en particular), del consumo de combustibles hechos con biomasa (leña o carbón vegetal) principales generadores de las partículas micro pequeñas que quedan suspendidas en el aire, ocasionando consecuencias silenciosas que pueden degenerar la vida humana (Anglada, 1998).

Los valores límites establecidos según Normas son definidos como resultado de un gran número de trabajos de investigación sobre los efectos producidos sobre la salud humana. La OMS a través de sus Guías para la Calidad del Aire, determina los valores que deberían tomarse, basado en estudios epidemiológicos, principalmente aquellos que describen exposición a niveles de concentración de contaminantes en espacios exteriores (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Como factores importantes sobre el efecto en la salud humana se tienen: el tiempo de exposición y la concentración de los contaminantes. Y hay un efecto sinérgico al asociarse varios contaminantes según Mujica y Figueroa, lo cual significa que los efectos de varios contaminantes entre sí se potencian, produciendo mayores problemas en la salud a quienes se exponen a estas sustancias contaminantes de manera conjunta (Chavez Gomes Da Silva, 2009).

Entre el 1% y el 4% de la mortalidad de la población mundial se atribuye al material particulado suspendido en el aire (Garrido Prada & Rodríguez Granobles, 2011); según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3.7 millones de defunciones prematuras (OMS, 2014); esta mortalidad se debe a la exposición a pequeñas partículas de 10 micrones de diámetro (PM10) o menos, que pueden causar cardiopatías, neumopatías y cáncer (OPS, 2014; Valle, 2014)

Datos de las Américas sugieren que el 95% de los residentes en áreas urbanas de países de bajos y medianos recursos estarían expuestos a contaminación del aire que excede los niveles de concentraciones de partículas PM2.5 dado los procesos de desarrollo y de rápida industrialización en sus cambios de uso de suelo, señalados por la OMS (OPS, 2015).

En el Perú la emisión de humos genera material particulado provenientes de las industrias y fundiciones que contienen compuestos de azufre, que al contacto con el agua atmosférica forman ácidos letales para las plantas. Este problema es muy grave en La Oroya (Junín), la fundición de cobre de Ilo (Moquegua) y la acerería de Chimbote, donde el material particulado producto de los humos tóxicos están aniquilando la vegetación, afectando a la agricultura y a la salud humana. Durante los meses de sequía, en la sierra y en la selva alta se queman los pajonales y los bosques, emitiéndose al aire grandes cantidades de humo que enturbian la atmósfera y deterioran la capa de ozono, es decir, daños ambientales que afectan a la salud (Herrera Gonzáles, 2008).

Se debería realizar un cálculo de las emisiones vehiculares utilizando métodos que involucre a los factores de emisión. Los conteos del tráfico forman la base para los cálculos de las emisiones provenientes del tráfico motorizado. Cada tramo de carretera tiene características en cuanto al volumen del tráfico y a la composición de la flota; el volumen del tráfico además varía mucho durante las 24 horas del día. Se necesitan datos sobre el flujo vehicular por hora durante todo el día. En un conteo de doce horas de las 6am a las 6pm no se registra la mitad del volumen diario del tráfico, sino que 65% y entre las 6am y las 8pm, aproximadamente el 78% del volumen diario del tráfico pasa en este período (OPS, CEPIS, CONAMA, 2000) .

La calidad del aire en Lima Metropolitana también se encuentra muy influenciada por las concentraciones de material particulado menor a 10 micrómetros (PM10). Las condiciones meteorológicas y la presencia de fuentes contaminantes son factores determinantes en la distribución de la

contaminación del aire, así que es natural que se registren mayores concentraciones de material particulado y si a ello le sumamos las actividades propias de cada zona, como el intenso tránsito de vehículos pesados y las actividades industriales, la concentración de contaminantes por material particulado se incrementa (SENAMHI, 2011).

Cajamarca es considerada como una de las grandes ciudades del Perú debido a la actividad minera, en los últimos años ha experimentado una creciente expansión demográfica, económica y social, que ha conducido a la presencia de grandes emisiones de contaminantes a la atmósfera afectando el ambiente y la salud pública (SENAMHI, 2011).

Según la Dirección de Salud Ambiental en Cajamarca (DESA), más del 90% de los vehículos gasolineros emiten gases que contienen partículas contaminantes que superan lo permitido por la Organización Mundial de la Salud. La Dirección Regional de Salud manifiesta que el 2.7% de cada mil habitantes cajamarquinos presentan enfermedades respiratorias como consecuencia del estado de aire (Diario El Clarin, 2015; RENAMA - CAJAMARCA, 2015).

Según SENAMHI, son muchos los agentes responsables de este daño al aire de Cajamarca; en primer lugar está el parque automotor, la erosión de suelos y laderas, los movimientos de tierra ocasionados por la minería y las canteras, ladrilleras, pollerías, panaderías, la quema de leña, entre otros (Diario El Clarin, 2015).

El incremento del parque automotor en Cajamarca es uno de los factores que han atenuado a la emisión de contaminantes de gases y material particulado, a pesar que no se cuenta con un inventario de estas fuentes, se es notorio que en ciudad el parque automotor específicamente centro de la ciudad ha colapsado, sin embargo se tiene hasta el año 2014 una fuente de datos proporcionado por el SAT CAJ referente al número de vehículos en Cajamarca.

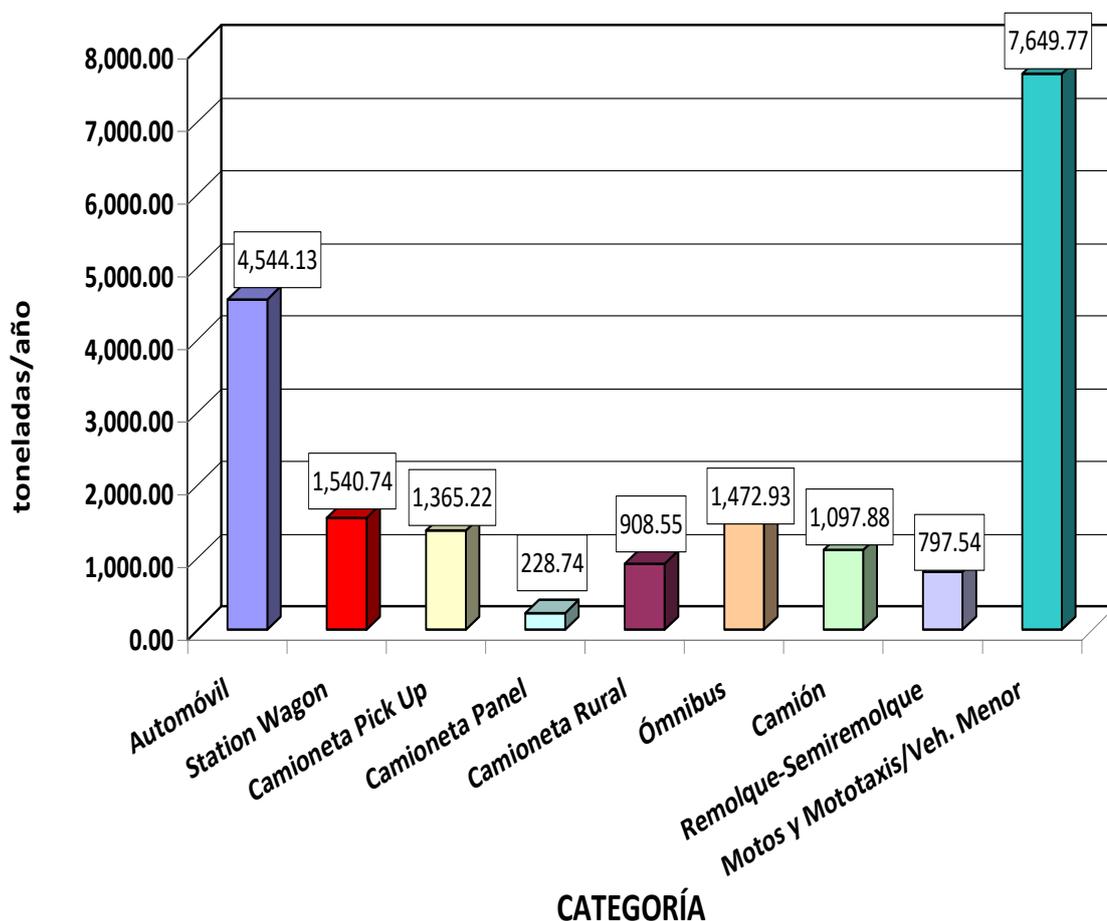
Tabla N° 03: Inventario Vehicular al año 2014 - Cajamarca.

VEHÍCULOS	POR CLASE Y TIPO		SIN CLASE Y TIPO	TOTAL DE VEHICULOS
	SAT CAJ	SUNAR	SAT CAJ	
ATOMOVIL	10196	303	11386	21885
VEHÍCULO MENORES	9947		10492	20439
STATION WAGON	1629		4682	6311
CAMIONETA PICK UP	4310		6618	10928
CAMIONETA PANEL	171	254	273	698
CAMIONETA RURAL	6760		5136	11896
BUSES Y OMNIBUSES	1433	422	931	2786
CAMIONES	2750		3253	6003
REMOLCADOR	139		693	832
SEMI REMOLQUE	45		258	303
	37380	979	43722	82081

Fuente: Registro SAT CAJ-Municipalidad Provincial de Cajamarca

Publicado www.sialcajamarca (2014)

Gráfico N° 01. Clasificación de vehículos más contaminantes con emisiones de gases y material particulado en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca.



Fuente: SENATI CAJAMARCA Monitoreo de Opacidad- 2013.

Para el proceso de monitoreo de MP10 y MP2,5 realizado en la Estación La Colmena se contó con un equipo Muestreador Gravimétrico de Alto Volumen (HI- VOL) equipado con cabezal PM10 de marca Thermo Fisher Scientific, de serie P5679 venturi, modelo N° G10557PM10-1 y un Kit de conversión para PM2.5 de modelo G1200 calibrado.

La recolección de muestras se desarrolló en 24 horas con una frecuencia de dos veces por mes, utilizándose el Protocolo de DIGESA- 2005; el equipo

consta de una bomba de succión, un porta filtro, su registrador de flujo conocido como disco chart y un programador de tiempo de muestreo (TIMER), cubierto por una cabina de protección de madera.

El procedimiento manual fue el siguiente, se coloca dentro del equipo HI VOL el filtro de microfibra cuarzo, el equipo marca la presión inicial por medio del nanómetro y en el programador de tiempo se configura las 00.00 horas, inicio de muestreo, el aire es succionado por el equipo durante 24 horas con un flujo de 1.13 m³/min a través de una abertura resistente a la intemperie. El aire fluye por unos tubos llamados boquillas que son en un total de 40 boquillas que dirigen el aire a la superficie de recolección, el tamaño de las partículas más grandes que 2.5 micras se retienen en un disco poroso que se encuentra aceitado para que se mantenga húmedo el cabezal de PM2.5 G1200-56 50Z BOTTLE DIFUSIÓN OIL que es un aceite donde se impregna las partículas gruesas para que estas no ingresen en el filtro de cuarzo.

Pasadas las 24 horas las muestras son retiradas y embaladas en sobre manila llevando una caja sobrepotectora de cartón con plástico, las mismas que serán transportadas a la ciudad de Lima al laboratorio certificado ENVIROLAB SAC para su análisis y obtención de resultados.

Para este muestreo se tomó en cuenta los factores de temperatura atmosférica, teniendo en cuenta el clima, la velocidad y dirección del viento, la presión atmosférica, el peso inicial del papel que lo preserva.

Los cambios de filtros se realiza con un equipo de protección para evitar algún contaminante externo a la muestra, con unas pinzas especiales se coloca en el porta filtro cuidando que la porosidad quede con cara hacia arriba, se asegura con un soporte para el porta filtro y se coloca la tapa del mismo y luego se coloca dentro del muestreador. Para esto el motor tiene que estar encendido en unos 4 minutos, se toma la lectura y luego se apaga. Todo esto se va registrando en la ficha de campo.

Conocer el comportamiento de las micro partículas suspendidas en el aire es un tema de interés público y de importancia para toda la población, identificar la presencia y las cantidades elevadas de material particulado en el aire tienen consecuencias que pueden generar varios efectos nocivos en la salud de los seres humanos y en los ecosistemas ambientales. Un indicador de este tipo de contaminante es la medición de PM10 y PM2.5, este último es capaz de penetrar no solo las vías respiratorias altas, sino llega hasta a la tráquea, los pulmones y los bronquios y pueden ser causas de múltiples enfermedades tales como asma, obstrucción pulmonar crónica y cáncer pulmonar, entre otras. También son fuente potencial de problemas en la vista, problemas cardiovasculares y congestiones cardíacas (Perez Padilla & Riojas Rodríguez, 2010; Reina & Olaya, 2012).

El propósito de este trabajo fue contar con una línea de base de datos sistematizados referente a los resultados obtenidos de las mediciones de material particulado, la realización de estas mediciones fue de necesaria importancia puesto que nos permitió determinar la existencia de elementos nocivos que afectan la calidad del aire en Cajamarca para tener conocimiento de las concentraciones del material en suspensión en la cuenca atmosférica de Cajamarca ocurrido en los últimos años; teniendo como fuentes teóricas que el material particulado especialmente el PM 2.5 es de suma peligrosidad para la salud y el ambiente; por lo tanto estos indicadores estudiados permitirá ampliar estudios de próximas investigaciones relacionados con los temas de salud específicamente en aquellas enfermedades determinadas como infecciones respiratorias agudas, las famosas IRAs que son muy cotidianas en la población cajamarquina y ambientalmente los daños que este material le ocasionan, esta información obtenida de un proceso de monitoreo de muestras de material particulado constituye una herramienta para tomar decisiones y aplicar propuestas relacionadas para mitigar la contaminación del aire, específicamente para aquellas instituciones públicas, gobiernos locales y organismos no gubernamentales inmersos en la gestión ambiental local.

1.1. Problema

¿Cuáles son las concentraciones de material particulado PM10 y PM2.5 en relación a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire en la cuenca atmosférica de Cajamarca durante los años 2014 y 2015?

1.2. Hipótesis

Al superar las concentraciones de material particulado a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, determinarán un deterioro en la calidad del aire de la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, durante los años 2014 y 2015.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la concentración del material particulado PM10 y PM2.5 en relación a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, en la cuenca atmosférica de Cajamarca durante los años 2014 y 2015.

1.3.2. Objetivos específicos

- Monitorear los niveles de concentración de material particulado PM10 y PM2.5 en la cuenca atmosférica de Cajamarca durante los años 2014 y 2015.
- Analizar y Sistematizar las concentraciones del material particulado PM10 y PM2.5
- Comparar los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) de Aire en la cuenca atmosférica de Cajamarca durante los años 2014 y 2015.

**MARCO
METODOLÓGICO**

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Variables

- **Variable Independiente** : Estándares de Calidad Ambiental del Aire
- **Variable Dependiente** : Concentraciones de Material particulado PM10 y PM2.5

2.2. Operacionalización de variables:

2.2.1. Definición Conceptual:

VI: Instrumento de gestión ambiental que regula parámetros y obligaciones para proteger la salud pública y la calidad ambiental.

VD: Cantidad de materia sólida o líquida suspendida en el aire, menores a 10 y 2.5 micrómetros de diámetro

2.2.2. Definición Operacional:

VI: Parámetros para calidad del aire. Valores establecido por D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. 03-2008-MINAM

VD: Análisis y resultados de muestras tomadas de PM10 y PM2.5

2.2.3. Indicadores:

VI: - PM10 = 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas.
- PM2.5 = 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas

VD: - PM10 = Mayor que 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas.
- PM10 = Menor que 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas.
- PM2.5 = Mayor que 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas
- PM2.5 = Menor que 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas

2.2.4. Escalas de Medición

Intervalo.

2.3. Metodología

Método Observacional: Evidencia hechos tal como se dan en su contexto natural y los analiza.

2.4. Tipos de estudio

Descriptivo-Correlacional.

- Descriptivo.- Porque describe con frecuencia las características más importantes del problema.
- Correlacional.- Porque evalúa el nivel de relación entre ambas variables.

Método y Técnica: Cuantitativo y Observación del participante.

2.5. Diseño de Investigación

- No experimental.- Se da tal cual en su naturaleza, no existe manipulación de las variables
- Longitudinal.- Analiza cambios a través del tiempo

2.6. Población y muestra

Población: Determinada por la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, con una demarcación de un área total de 28,635.78 hectáreas. Perímetro: 143.37 Km determinada según estudios del grupo GESTA de la Calidad del Aire y de acuerdo al “Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos” elaborado por la DIGESA – 2005. (Ver mapa N° 1 de ubicación de la estación de muestreo y mapa N°2, ubicación de Cuenca Atmosférica).

Muestra: Muestra no probabilística, conformada por un punto de monitoreo llamado Estación de Monitoreo de la Calidad del Aire.

Unidad de análisis: Determinado por el número de toma de muestras, es decir 11 muestras de PM10 y 11 muestras de PM2.5 durante el año 2014. Y también 14 muestras de PM10 y 12 muestras de PM2.5 del año 2015. Las muestras son seleccionadas de acuerdo a los objetivos y criterios de la investigación.

Criterio de Inclusión: Mediciones realizadas en la Estación de monitoreo La Colmena de la Municipalidad Provincial de Cajamarca por ser la única estación de monitoreo a nivel local que se cuenta.

Criterio de exclusión.- Se carece de un equipo móvil para tomar muestras en diferentes puntos.

2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.7.1. Técnicas

- **Técnica de Observación:** Se evidencia directamente el problema, fenómeno, tomador información y registrándola para su interpretación y análisis.

Ficha de campo: la recolección de las muestras se desarrolla en un monitoreo quincenal durante todo el año 2015, en una Estación de monitoreo fija de muestreo que involucra la recolección de material particulado mediante la utilización de un filtro de 20 microfibras de cuarzo por día (24h), Esta técnica se encuentra validada por el AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL -EPA, para la Vigilancia de la Calidad de Aire.

- **Técnica de Análisis:**
Análisis de laboratorio de las muestras recogidas en las campañas de monitoreo. (Laboratorio ENVIROLAC SAC - LIMA) Técnica empleada conocida como Separación inercial/filtración- (Gravimetría). (Anexo 2 Protocolo de análisis de muestra)

Ficha Cadena Custodia. Formato que registra datos de la fuente institucional para garantizar su correcto transporte al laboratorio de análisis. (Protocolo DESA)

Formulario de Resultado de Análisis de Laboratorio ENVIROLAC.

Procedimientos

Descripción del proceso de muestreo de PM10 y PM2.5:

- Los trabajos de muestreo fueron realizados en la Estación de Monitoreo de Calidad de Aire “La Colmena” perteneciente a la Municipalidad Provincial de Cajamarca, la cual tiene una extensión de monitoreo a lo largo de la Cuenca Atmosférica de Cajamarca.
- Se escogió esta estación de monitoreo por ser la única del Distrito de Cajamarca; además, los equipos de monitoreo no son móviles por lo cual es la única zona en donde se realizaron los monitoreos.
- Las muestras fueron captadas por un lapso de 24 horas en un periodo programado quincenalmente, luego son enviadas para su respectivo análisis de laboratorio, cuyos resultados determinaran los valores de concentración de PM10 y PM2.5, los cuales son evaluados en comparación a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire – ECAS, determinando finalmente la calidad del aire en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca.
- Se determinó 01 Estación de monitoreo E-LC, donde se encuentra un equipo Muestreador Gravimétrico de Alto Volumen (HI VOL) equipado con cabezal PM-10 y PM2.5, marca Thermo Fisher Scientific, número de serie de venturi P5679 modelo N°G10557PM10-1, Un Kit de Conversión para PM-2.5 se coloca en el modelo G1200 calibrado que permitió medir las concentraciones de PM 10 y PM 2.5.

- Se programó frecuencia del muestreo quincenalmente durante todo el año por parte de la Municipalidad de Cajamarca.
- Las muestras fueron embaladas en sobres manila y en una caja de cartón protegido con plástico y transportadas al Laboratorio ENVIROLAB SAC-LIMA para su análisis respectivo.
- El análisis de las muestras se realizó en la ciudad de Lima en el laboratorio ENVIROLAB SAC. Cuya financiación estuvo realizada por la Municipalidad Provincial de Cajamarca.
- Con los resultados obtenidos, se sistematizó la información y se contrastaron con los estándares calidad Ambiental del Aire en lo que respecta al material particulado PM-2.5 y PM 10 en 24 horas.

2.8. Métodos de análisis de datos:

Por las tipologías de la tesis, este no se ajusta a un esquema estadístico, por tanto el análisis está ligado a la hipótesis contrastado con los hallazgos de la investigación.

Los resultados se analizarán a través de tablas y gráficos elaborados en el paquete estadístico Excel 2014

RESULTADOS

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la presente investigación está en función a los objetivos planteados, es decir la determinación de las concentraciones de PM10 y PM 2.5 obtenido de la toma de muestras durante el año 2014 y 2015 en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, resultados que se compararan en relación con lo establecido por normatividad vigente, los Estándares de Calidad Ambiental del Aire según D.S. N° 074-2001 PCM y el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM.

El sistema de monitoreo consistió en la toma de muestras mensuales, las mismas que han sido analizadas en el laboratorio certificado ENVIROLAC teniendo así las siguientes muestras:

- Material particulado PM10 durante el año 2014 con 11 muestras denominadas M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11.
- Material particulado PM 2.5 durante el año 2014 con 11 muestras denominadas M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11.
- Material particulado PM10 durante el año 2015 con 14 muestras denominadas M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12, M13, M14.
- Material particulado PM 2.5 durante el año 2015 con 12 muestras denominadas M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12.

A continuación tenemos la sistematización de datos en las siguientes tablas y gráficos.

3.1 ESTACIÓN DE MONITOREO

Tabla N° 04. Ubicación del punto de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	UTM	MODELO DE EQUIPO	INSTITUCIÓN RESPONSABLE	N° DE MUESTRAS ANALIZADAS			
				AÑO 2014		AÑO 2015	
				PM 10	PM 2.5	PM 10	PM 2.5
ESTAC. LA COLMENA – CAJAMARCA.	9208194	GUV-15H-1-60	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA	11	11	14	12

Fuente: Municipalidad Provincial de Cajamarca

Elaboración: Las investigadoras.

3.2. RESULTADOS MENSUALES DE MONITOREOS 2014.

3.2.1 Monitoreo de material particulado PM 10

Tabla N° 05. Concentración de Material Particulado PM10 durante el año 2014, en relación a los ECA de Aire- DS- 074-2001-PCM.

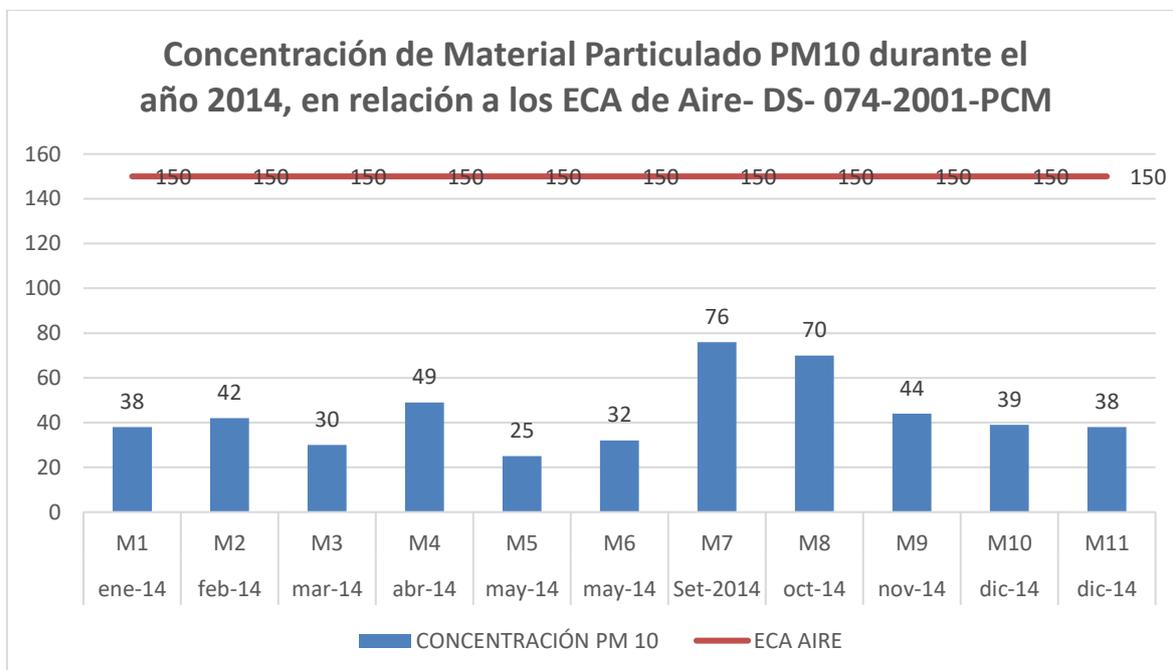
PARTICULAS	UNIDAD	MES	N° MUESTRAS	CONCENTRACIÓN	ECA DEL AIRE
PM 10	µg/m ³	Ener-2014	M1	38	150
PM 10	µg/m ³	Febr-2014	M2	42	150
PM 10	µg/m ³	Marz-2014	M3	30	150
PM 10	µg/m ³	Abril-2014	M4	49	150
PM 10	µg/m ³	May-2014	M5	25	150
PM 10	µg/m ³	May-2014	M6	32	150
PM 10	µg/m ³	Set-2014	M7	76	150
PM 10	µg/m ³	Oct-2014	M8	70	150
PM 10	µg/m ³	Nov-2014	M9	44	150
PM 10	µg/m ³	Dic-2014	M10	39	150
PM 10	µg/m ³	Dic-2014	M11	38	150

Fuente: Análisis de laboratorio ENVIROLAC

Muestreo: Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Elaboración: Las investigadoras.

Gráfico N°02. Concentraciones de Material Particulado PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en relación a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca durante el año 2014.



Fuente: Análisis de laboratorio ENVIROLAC

Muestreo: Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Elaboración: Las investigadoras.

Interpretación:

En la Tabla N° 05 y el gráfico N°02 se observa que las concentraciones de muestreo PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ realizadas en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca durante el año 2014 no superan a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire. Sin embargo a pesar de las concentraciones bajas podemos referenciar que en los meses de setiembre y octubre toman una tendencia a incrementar sus concentraciones en comparación a los otros meses del año; lo que nos indica que debido a la época de estiaje se nota una ligera tendencia a subir las concentraciones del PM 10.

3.2.2. Monitoreo de material particulado PM 2.5

Tabla N° 06. Concentración de Material Particulado PM2.5 durante el año 2014, en relación a los ECA de Aire DS-003-2008-MINAM.

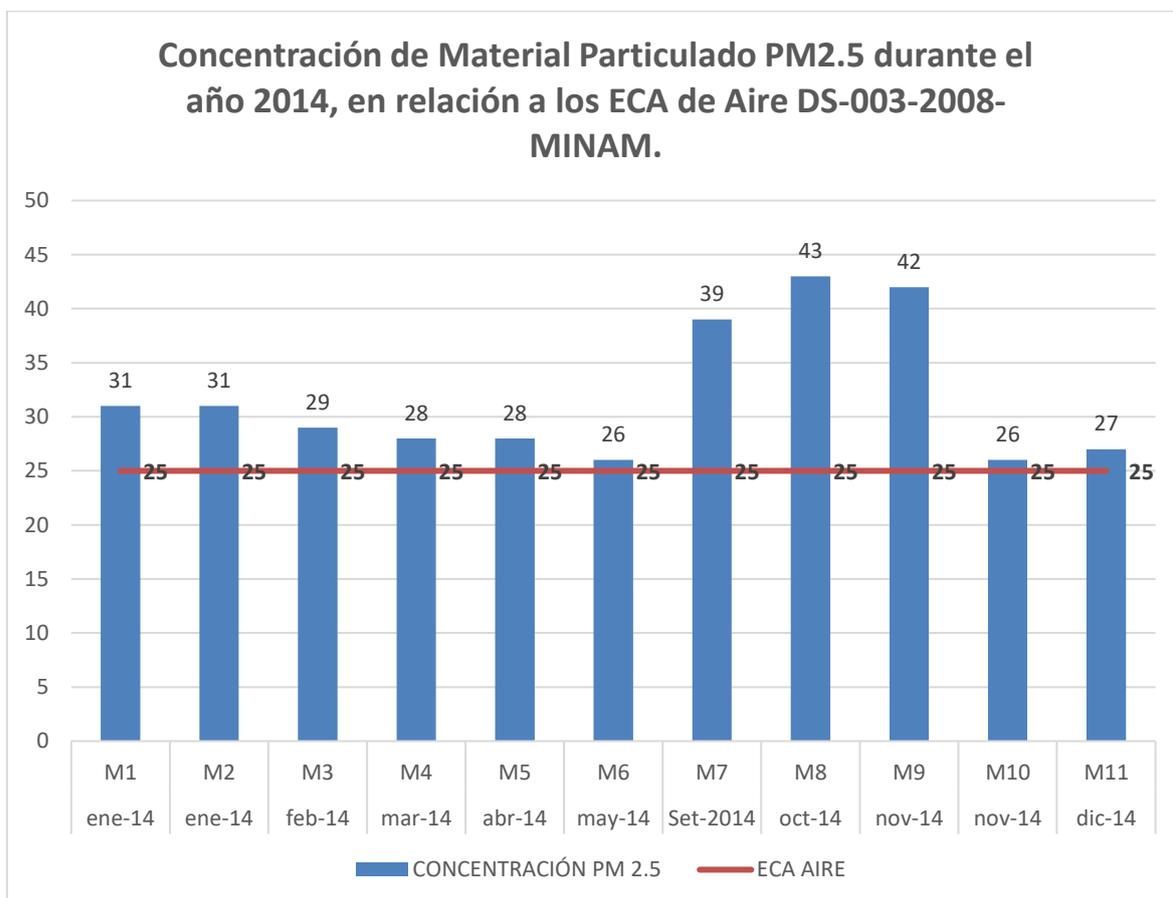
PARTICULAS	UNIDAD	MES	N° MUESTRAS	CONCENTRACIÓN	ECA DEL AIRE
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ener-2014	M1	31	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ener-2014	M2	31	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Feb-2014	M3	29	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Marz-2014	M4	28	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abril-2014	M5	28	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	May-2014	M6	26	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Set-2014	M7	39	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Oct-2014	M8	43	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nov-2014	M9	42	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nov-2014	M10	26	25
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dic-2014	M11	27	25

Fuente: Análisis de laboratorio ENVIROLAC

Muestreo: Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Elaboración: Las investigadoras.

Gráfico N° 03. Concentraciones de Material Particulado PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en relación a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca durante el año 2014.



Fuente: Análisis de laboratorio ENVIROLAC

Muestreo: Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Elaboración: Las investigadoras.

Interpretación:

En la tabla N°06 y el gráfico N°03 se observa que las concentraciones de muestreo PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ realizado en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca superan a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire durante todas las muestras de los meses del año 2014, teniendo que en el mes de enero existe un incremento de 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentraciones de PM 2.5 donde se tiene que dadas las costumbres de celebraciones lugareñas de fin de año se realiza la quema de diferentes materiales tóxicos inflamables (fuegos artificiales y quema de muñecos) acciones que provocan una atmósfera cargada de partículas y smog.

Así mismo se evidencia un exceso de concentración que supera incluso los 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En los meses de setiembre y noviembre efectivamente son los meses que tiene que ver con la época de estiaje en Cajamarca, luego en el mismo mes de noviembre a segunda quincena se evidencia una baja de concentración de PM2.5 debido que a las primeras lluvias que se producen por estas fechas, las mismas que descargan y ayudan a limpiar la atmósfera, aun así la actividad antropogénica continua dando como resultados del PM 2,5 ha superado los ECAS del aire en todos los meses del año 2014.

3.3. Resultados Mensuales de Monitoreo - 2015.

3.3.1 Monitoreo de material particulado PM 10

Tabla N° 07. Concentración de Material Particulado PM10 durante el año 2015, en relación a los ECA de Aire- DS- 074-2001-PCM.

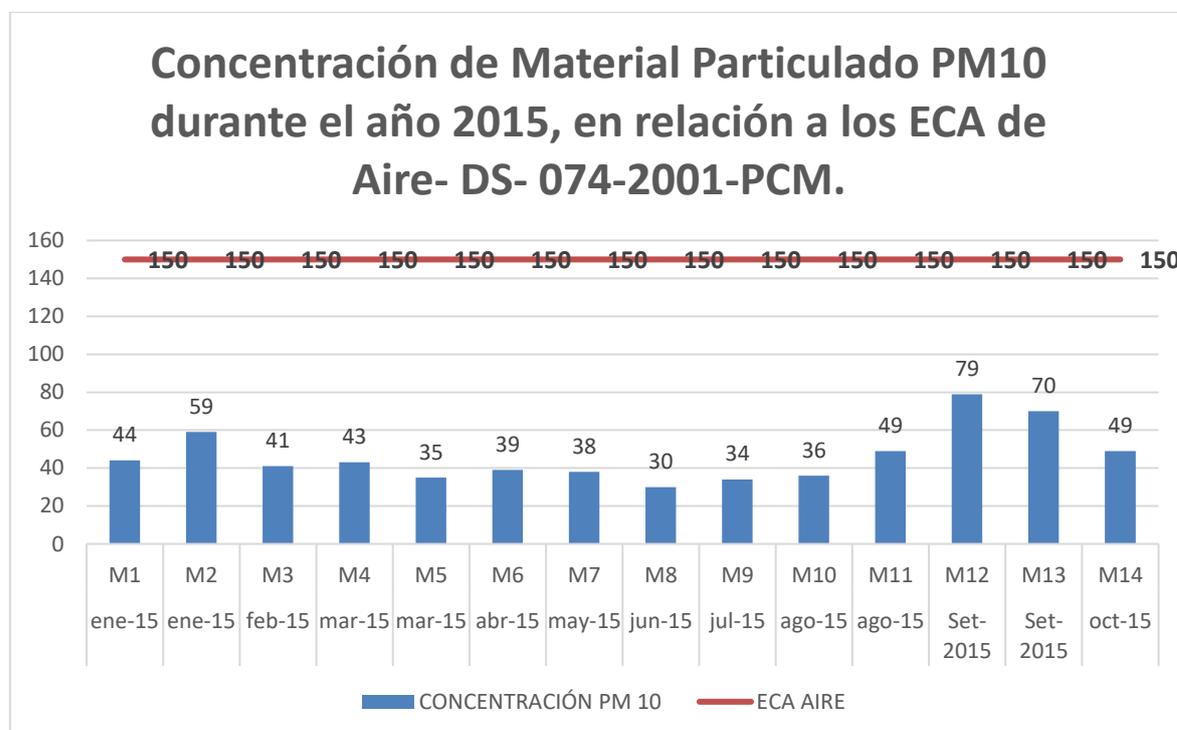
PARTICULAS	UNIDAD	MES	N° MUESTRAS	CONCENTRACIÓN	ECA DEL AIRE
PM 10	µg/m ³	Ener-2015	M1	44	150
PM 10	µg/m ³	Ener-2015	M2	59	150
PM 10	µg/m ³	Feb-2015	M3	41	150
PM 10	µg/m ³	Marz-2015	M4	43	150
PM 10	µg/m ³	Marz-2015	M5	35	150
PM 10	µg/m ³	Abr-2015	M6	39	150
PM 10	µg/m ³	May-2015	M7	38	150
PM 10	µg/m ³	Jun-2015	M8	30	150
PM 10	µg/m ³	Jul-2015	M9	34	150
PM 10	µg/m ³	Agos-2015	M10	36	150
PM 10	µg/m ³	Agos-2015	M11	49	150
PM 10	µg/m ³	Set-2015	M12	79	150
PM 10	µg/m ³	Set-2015	M13	70	150
PM 10	µg/m ³	Oct-2015	M14	49	150

Fuente: Análisis de laboratorio ENVIROLAC

Muestreo: Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Elaboración: Las investigadoras.

Gráfico N° 04. Concentraciones de Material Particulado PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en relación a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca durante el año 2015.



Fuente: Análisis de laboratorio ENVIROLAC

Muestreo: Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Elaboración: Las investigadoras.

Interpretación:

En la Tabla N°07 y el gráfico N° 04 se observa que las concentraciones de Muestreo PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ realizado en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca no sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental del Aire durante todo el año 2015 y vemos que la tendencia se repite al igual que en el año 2014 incrementándose las concentraciones en comparación a los otros meses del año como los meses de agosto, setiembre y octubre, es decir época de estiaje.

3.3.2 Monitoreo de material particulado PM 2.5

Tabla N° 08. Concentración de Material Particulado PM2.5 durante el año 2015, en relación a los ECA de Aire DS-003-2008-MINAM.

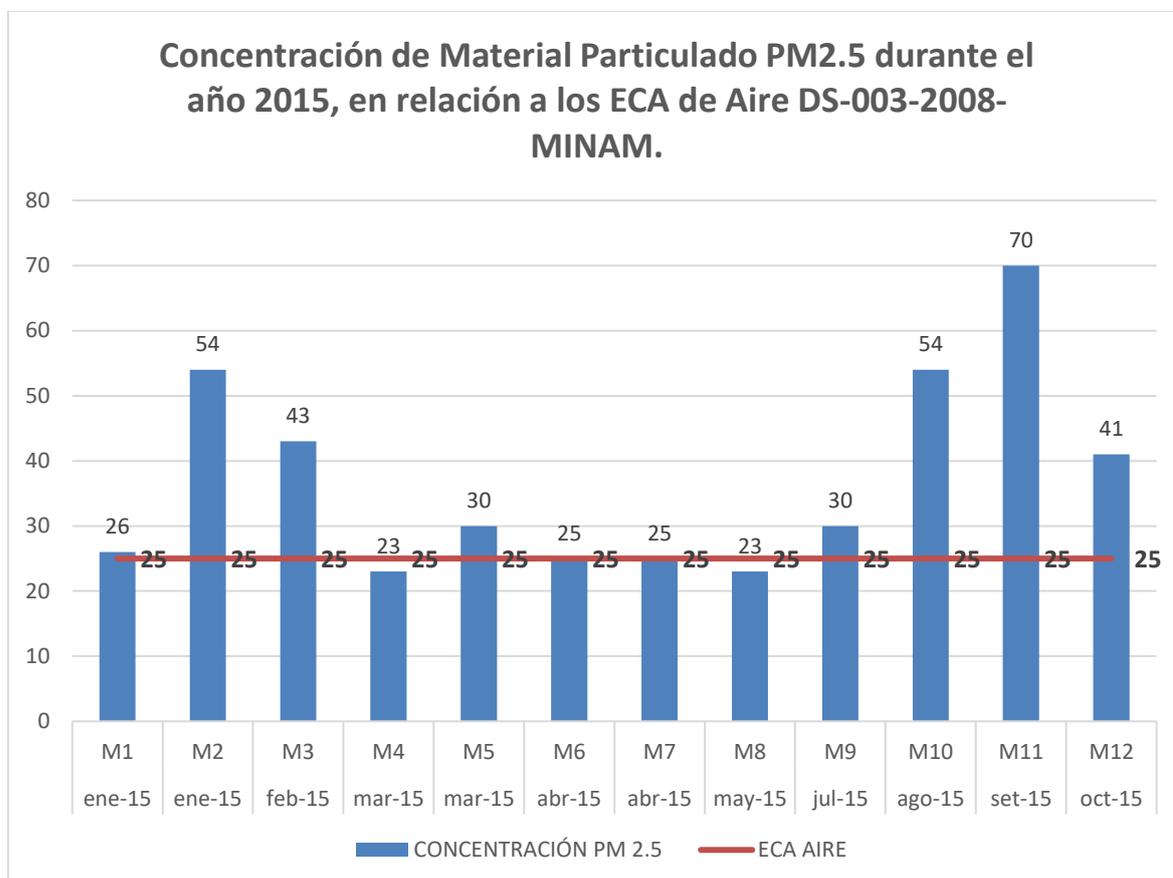
PARTICULAS	UNIDAD	MES	N° MUESTRAS	CONCENTRACIÓN	ECA DEL AIRE
PM 2.5	µg/m ³	Ener-2015	M1	26	25
PM 2.5	µg/m ³	Ener-2015	M2	54	25
PM 2.5	µg/m ³	Feb-2015	M3	43	25
PM 2.5	µg/m ³	Marz-2015	M4	23	25
PM 2.5	µg/m ³	Marz-2015	M5	30	25
PM 2.5	µg/m ³	Abril-2015	M6	25	25
PM 2.5	µg/m ³	Abril-2015	M7	25	25
PM 2.5	µg/m ³	May-2015	M8	23	25
PM 2.5	µg/m ³	Jul-2015	M9	30	25
PM 2.5	µg/m ³	Agos-2015	M10	54	25
PM 2.5	µg/m ³	Set-2015	M11	70	25
PM 2.5	µg/m ³	Oct-2015	M12	41	25

Fuente: Análisis de laboratorio ENVIROLAC

Muestreo: Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Elaboración: Las investigadoras.

Gráfico N° 05. Concentraciones de Material Particulado PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en relación a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca durante el año 2015.



Fuente: Análisis de laboratorio ENVIROLAC

Muestreo: Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Elaboración: Las investigadoras.

Interpretación:

En la tabla N° 08 y el gráfico N° 05 se observa que las concentraciones de muestreo PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ realizadas en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca superan los Estándares de Calidad Ambiental del Aire durante casi todo el año 2015, a excepción de los meses de marzo y mayo cuya diferencia es mínima; mientras que los meses de enero, febrero, agosto, setiembre y octubre se evidencia un exceso muy significativo de los ECAS del aire, siguiendo las tendencias de los resultados de las muestras de los meses del año 2014.

DISCUSIÓN

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del año 2014 y 2015 con respecto a las concentraciones de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca no superan a los Estándares de Calidad Ambiental del Aire. Concordando con casi todos los antecedentes enunciados, tal es así que Martín, P. en el 2005, Angulo y cols. en el 2006, a nivel internacional; Herrera Díaz en el 2011, a nivel nacional; y, Cachi Crisóstomo en el 2014, a nivel local mencionan resultados similares; a diferencia de la investigación realizada por la DIGESA en el año 2009 en Choropampa – Cajamarca donde menciona haber encontrado en algunas áreas del pueblo concentraciones de PM10 que sobrepasan los ECAS, asociando, éste fenómeno, al tránsito vehicular y el estado de las carreteras como principales factores para el exceso de PM 10 suspendido en el área. Los resultados obtenidos por tales autores en sus respectivas investigaciones coinciden con los de la presente investigación lo que significa el refuerzo al presente trabajo.

Sin embargo, en Cajamarca las concentraciones de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ni si quiera superan los 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ estando por debajo de los límites establecidos por los Estándares de calidad del Aire ($\text{PM}_{10} < 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tal como establece el Ministerio del Ambiente del Perú. Como ya se mencionó en acápite citados anteriormente, el material particulado PM10 es proveniente especialmente por partículas de polvo acápite citados anteriormente, el material particulado PM10 es proveniente especialmente por partículas de polvo y fuentes que no corresponden necesariamente a las generadas por el ser humano, sino por la propia naturaleza, indicando que es esta misma la que regula sus concentraciones así como el contexto y el entorno que influye en este tema. Por ejemplo, podemos hacer hincapié en que Cajamarca se encuentra a 2750 m.s.n.m., altura geográfica donde la presión atmosférica es mayor que al nivel del mar y por lo tanto las partículas de menor tamaño tienden a ascender, dicho de otra manera, será más fácil encontrar partículas grandes (PM10) en menores altitudes corroborándose que en Cajamarca

estas concentraciones no sobrepasan los valores referenciales enunciados por los ECAs.

En cuanto a los resultados obtenidos del año 2014 y 2015 con respecto a las concentraciones de PM_{2.5} µg/m³ en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca varían en cada año, encontrándose casi en todo momento por encima de los ECAS, es decir por encima de los valores de 25 µg/m³. Estos resultados coinciden con Angulo a nivel internacional, quién aduce que las concentraciones de PM 2.5 µg/m³ se encuentran elevadas debido al aumento de las industrias en algunas áreas de Guayaquil. Por otro lado, en Cajamarca, Cachi Crisóstomo también encuentra valores de PM_{2.5} µg/m³ que exceden los ECAS, sobre todo en épocas de estiaje y viento coincidiendo con los resultados de la presente investigación.

El encontrar concentraciones de PM 2.5 que superen los estándares de calidad significa que el indicador de contaminación ambiental del aire se está afectando, tal como menciona la OMS. Las partículas PM 2.5 son indicadores de la contaminación del aire urbano especialmente, puesto que su origen proviene generalmente de las actividades antropológicas y de las partículas emitidas por la combustión, en especial de los automóviles que usan el tipo de combustible diésel.

La zona de monitoreo se ve afectada principalmente porque se trata de una zona urbana, específicamente estamos hablando del centro histórico de la ciudad de Cajamarca, donde la principal fuente de contaminación es el parque automotor, que ha ido incrementándose durante los últimos años.

A estos puntos se le puede añadir que parte de la contaminación ambiental del aire se debe a múltiples factores, como son la geografía que ya se mencionó anteriormente o la dispersión de las partículas. Esto último hace referencia a que los diferentes contaminantes que se emiten al aire se pueden esparcir a lo largo de la atmosfera, pero esto no significa que lo realice de forma homogénea. Es ahí donde intervienen los factores como los vientos, ya que las partículas contaminantes pueden ser arrastradas según la velocidad y dirección de los vientos o el grado de turbulencia que puede haber en la atmósfera generando que las

partículas contaminantes viajen y se disipen por múltiples localidades. Sin embargo, en este aspecto también influye la topografía de la ciudad, ya que las cadenas montañosas, los valles y las laderas obstaculizan la dispersión de los vientos ocasionando que estas partículas no logren circular a través de la atmósfera y se queden atrapadas en esta región, considerando que el relieve de Cajamarca es zona montañosa y ligeramente accidentado.

Otro aspecto importante a lo cual se puede atribuir la acumulación mayoritaria de las partículas PM 2.5 es la meteorología; el estar en la zona de sierra, implica que las nubes se condensan en esta área permitiendo que las partículas más pequeñas, que son las menos densas o pesadas, floten de forma estrecha, es decir “encajonada” permitiendo la mayor acumulación de estas. Por otro lado, la lluvia y la humedad permiten que las partículas se asienten en la superficie terrestre, no obstante esto es más meritorio o consecuente de que se produzca con las partículas más grandes quedando las partículas finas aun en suspensión.

En el año 2014, en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, las concentraciones de PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ superan los Estándares de Calidad Ambiental del Aire durante todos los meses del año, siendo en enero el mes en que estos valores se multiplican aproximadamente 8 veces más de los límites superiores de los ECAS. Analizando las posibles causas que complementan la aparición de este episodio en el mes de enero, podemos asociar el exceso de las concentraciones de PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a las celebraciones por año nuevo, puesto que en estas festividades es común el uso de juegos pirotécnicos y la quema de muñecos causando una excesiva contaminación de la atmósfera cajamarquina.

De igual manera sucede en el año 2015, donde en casi todos los meses los niveles de PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ exceden los ECAS, a excepción de los meses de Marzo y Abril cuya diferencia es de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para alcanzar estos límites; siendo estas partículas aún más dañinas que las de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. También se observa, al igual que en el año 2014, un exceso de las concentraciones de PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de enero, llegando a duplicar los valores estándares, asociándolo de igual manera a las festividades de año nuevo. Pero, además se observa en los meses de Febrero,

Agosto, Setiembre y Octubre concentraciones de PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que duplican, e incluso casi triplican los límites de los ECAS.

De la misma forma que la Dirección General de Salud Ambiental y el Senhami, también asociamos que el aumento del parque automotor, sobre todo de automóviles gasolineros, la minería, las canteras, las ladrilleras, las pollerías, las panaderías, la quema de leña para cocinar, la quema de basura y pastizales, entre otros factores contribuyen a la producción de gases y al exceso de partículas en suspensión como PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la atmósfera. Todo ello, constituye factores de morbilidad en la población de Cajamarca, pues según menciona la OMS, estas partículas pueden ocasionar neumopatías, cardiopatías, cáncer y otro tipo de enfermedades que afectaran a toda la población en general, en especial a los niños, ancianos y gestantes.

CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos fueron que las concentraciones de PM10 no sobrepasaron los Estándares de Calidad Ambiental del Aire en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, tanto para el año 2014 como para el año 2015. Por lo que no significaron mayor impacto tratándose de determinar el tema de calidad de aire en esta zona determinada.
- No obstante los resultados obtenidos en material particulado PM2.5 sobrepasan de una manera atenuante en los años 2014 y 2015, por lo tanto estos resultados se los consideró como un excelente indicador de los contaminantes primarios presentes en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, donde la mayor parte de la contaminación atmosférica es de origen antrópico, debido principalmente al alto número de vehículos diésel que se han incrementado en la ciudad.
- Del mismo modo, se concluyó que las emisiones de PM2.5 sobrepasan durante todos los meses del año 2014, observando el gráfico N° 2 se encontró una sobresaliente emisión en el mes de enero, la concentración data a 195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; esta magnitud se le asocia a las costumbres tradicionales celebradas para año nuevo en Cajamarca, es decir la quema de muñecos, neumáticos, fuegos artificiales y otro tipo de tóxicos que se utiliza.
- Durante el año 2015 las concentraciones de PM2.5 siguen la misma tendencia que las del año anterior, donde los meses de enero, agosto, setiembre y octubre también sobrepasan en una manera considerable a los otros meses del año, específicamente en el mes de setiembre se tiene la costumbre de quemar los restos de la actividad agrícola con la idea de renovar la tierra y preparar el terreno para la nueva siembra.

- Finalmente se concluyó que los niveles de concentración de PM2.5 encontrados fueron indicadores del detrimento de la calidad de aire en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, que los resultados proyectados a los años futuros tienden a sobrepasar cada vez con mayor concentración en comparación a los niveles permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental, conllevando a problemas de la salud siendo en Cajamarca los casos de afecciones respiratorias más frecuentados, entre otros motivos.

RECOMENDACIONES

VI. RECOMENDACIONES

El tema de cambio climático y contaminación ambiental es muy amplio, las acciones que se deben tomar son múltiples, y deben ser aplicadas desde las entidades de mayor jerarquía como el Estado o el Ministerio del Ambiente hasta la población. Es por eso que nuestras recomendaciones son:

➤ Al Ministerio del Ambiente:

- Es necesario mantener un monitoreo constante de la calidad del aire a nivel regional por lo que se vuelve imprescindible realizar mayor inversión para la implementación de equipos para su respectiva medición y monitoreo.

➤ Al Gobierno Regional y Local de Cajamarca:

- Proponer, plantear, ejecutar, monitorizar y evaluar planes de trabajos sectoriales e interinstitucionales que intervengan en el sector transportes, educación, salud, saneamiento, medio ambiente, etc. con la finalidad de implementar propósitos y metas para la mejora de la calidad del aire.

➤ A las Universidades Públicas y Privadas:

- Promocionar la realización de proyectos de investigación en el tema de calidad de aire y cambio climático para identificar problemas y brindar soluciones que sean aplicables a toda la comunidad en busca de lograr mayores progresos para la ciudad de Cajamarca.

➤ A la Población Cajamarquina:

- Es imperioso promover una educación y cultura ambiental en la población, en especial en los niños, pues son ellos el futuro de nuestro país y lo que se siembre en ellos hoy, se cosechará el día de mañana.

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Anglada, M. L. (1998). *El Cambio Global en el Medio Ambiente*. Mexico: Alfaomega.
- Angulo M., R. (2008). *Medición y evaluación de la calidad del aire en los sectores de Fertisa y Trinitaria de la ciudad de Guayaquil debido a la presencia de material particulado menor a 10 y 2.5 um*. Escuela Superior Técnica del Litoral, Guayaquil - Ecuador. Recuperado el 2015, de Medición y Evaluación de la Calidad del Aire en los Sectores de Fertisa y: www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11970/2/Tesis%2520de%2520grado.docx+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe
- BVS de OPS. (2010). *Los contaminantes criterio*. Organización Panamericana de la Salud, Biblioteca Virtual de Salud. Recuperado el 2016, de http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/orienta/lecc4/lecc4_2.html
- Cachi Crisóstomo, C. (2014). *Evaluación de la Concentración de Plomo y su Relación con el material particulado PM2.5 en la Atmósfera de la Ciudad de Cajamarca en los años 2010 y 2011*. Cajamarca - Perú.
- Chavez Gomes Da Silva, F. (2009). *Estudio de la dispersión de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra*. Tesis, Santa Cruz de la Sierra - Bolivia. Recuperado el Febrero de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/50563984/Estudio-de-la-Dispersion-de-los-Contaminantes-Atmosfericos-en-la-Ciudad-de-Santa-Cruz-de-la-Sierra#download>
- Diario El Clarin. (27 de Agosto de 2015). Cajamarca respirando veneno. *Diario El Clarin*, pág. 3.
- Diaz , J., & Linare, C. (2010). Contaminación Atmosférica y Salud. *Calidad del Aire*. España. Recuperado el Enero de 2016, de <http://www.ecodes.org/salud-calidad-aire/201302176118/Las-causas-de-la-contaminacion-atmosferica-y-los-contaminantes-atmosfericos-mas-importantes>
- DIGESA. (2005). *Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos*. Direccion General de Salud Ambiental, Perú. Recuperado el 2016, de http://www.digesa.sld.pe/norma_consulta/protocolo_calidad_de_aire.pdf

- DIGESA. (Mayo de 2009). *Ministerio de Salud*. Dirección General de Salud Ambiental, Choropampa - Cajamarca. Recuperado el Diciembre de 2015, de Monitoreo de Calidad del Aire en el Centro: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/pral2/mpca-informes/INFORME%20cajamarca%20choropampa%20%202009.pdf>
- ECODES. (2014). *Ciudad y transporte*. Calidad del Aire y la Salud, España. Recuperado el 2016, de ecodes.org/component/option,com_phocadownload/.../view,category/
- Favre, C., May, J., & Bosteels, D. (2003). EMISSIONS CONTROL TECHNOLOGIES TO MEET CURRENT AND FUTURE EUROPEAN VEHICLE EMISSIONS LEGISLATION. *Asociación Española contra el cáncer*. Recuperado el Diciembre de 2015, de <http://www.aecc.eu/content/pdf/Emissions%20Control%20Technologies%20to%20meet%20current%20and%20future%20European%20vehicle%20emissions%20legislation.pdf>
- Garrido Prada, H., & Rodríguez Granobles, F. (2011). *Factores de emisión como herramienta en la cuantificación de la efectividad de las acciones emprendidas por las autoridades ambientales de Bogotá*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Recuperado el 2016, de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7505/2/141058.pdf>
- Herrera Diaz, S. (Agosto de 2011). *Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto*. Recuperado el Diciembre de 2015, de Distribución Espacial Vertical de las Partículas en Suspensión PM10 del Medio Atmosférico Urbano en Segunda Jerusalen - Rioja - San Martín - Perú: <http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/330/1/Santos%20Clemente%20Herrera%20D%C3%ADaz.pdf>
- Herrera Gonzáles, D. (2008). *Contaminación del Aire*. Recuperado el 2016, de El aire en peligro: <http://contaminaciondelaireenarequipa124b.blogspot.pe/>
- MARTÍN, P. (2005). *Universidad de Buenos Aires*. Recuperado el 2015, de Contaminación del Aire por Material Particulado en la Ciudad de Buenos Aires: http://digital.bl.fcen.uba.ar/gsd1-282/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=tesis&d=Tesis_3931_Martin

- MINAM. (2001). *D.S. N° 74 - 2001 - PCM.*, Ministerio del Ambiente, Lima - Perú. Recuperado el 2016, de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2014/07/D.S-N%C2%B0-074-2001-PCM-Reglamento-de-Est%C3%A1ndares-Nacionales-de-Calidad-Ambiental-para-Aire.pdf>
- MINAM. (2008). *Decreto Supremo N° 003 - 2008-MINAM.* Lima - Perú: Ministerio del Ambiente. Recuperado el 2016, de www.minem.gob.pe
- MINAM. (2010). Perú: País Maravillo. Lima - Perú. Recuperado el 2016
- Moreano Bohórquez, D., & Palmisano Patrón, A. (Setiembre de 2012). *Pontificia Universidad Católica del Perú.* Recuperado el Diciembre de 2015, de Nivel de Afectación de la Contaminación Atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitarios debido a la Emisión de Partículas PM10 y CO: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1763/MORIANO_DAVID_Y_PALMISANO_ANTONIO_CONTAMINACION_ATMOSFERICA.pdf?sequence=1
- OEFA. (2015). *Instrumentos Básicos para la Fiscalización Ambiental.* Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Lima - Perú. Recuperado el 2015, de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978
- OMS. (2014). *Calidad del aire (exterior) y salud.* Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 2016, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- OPS. (2014). *ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD.* Obtenido de La calidad del aire se está deteriorando en muchas de las ciudades del mundo: http://www.paho.org/arg/index.php?option=com_content&view=article&id=1314%3AAla-calidad-del-aire-se-esta-deteriorando-en-muchas-de-las-ciudades-del-mundo&catid=334%3Aarg04-salud-ambiental-y-desarrollo-sustentable&Itemid=511
- OPS. (2015). *La calidad del aire se está deteriorando en muchas de las ciudades del mundo.* Organización Panamericana de la Salud, Ginebra. Recuperado el 2016, de http://www.paho.org/arg/index.php?option=com_content&view=article&id=1

- 314:la-calidad-del-aire-se-esta-deteriorando-en-muchas-de-las-ciudades-del-mundo&Itemid=228
- OPS, CEPIS, CONAMA. (2000). *El proceso de fijación y revisión de la calidad del aire*. Organización Panamericana de la Salud - Council of European Professional Informatics Societies. Lima - Perú: CEPIS. Recuperado el 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/normas/pres.pdf>
- Perez Padilla, S., & Riojas Rodríguez. (2010). Impact of neuraminidase inhibitors on influenza A(H1N1)pdm09-reñated pneumonía.
- Reina, J., & Olaya, J. (2012). Ajuste de curvas mediante métodos no paramétricos para estudiar el comportamiento de contaminación del aire por material particulado PM10. *Revista EIA*. Recuperado el 2016, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372012000200003
- RENAMA - CAJAMARCA. (2015). *DESA DETECTÓ CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO POR ENCIMA DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE*. Gobierno Regional Cajamarca, Cajamarca - Perú. Recuperado el 2016, de <http://www.regioncajamarca.gob.pe/actividades-area/desa-detect-concentraci-n-de-mon-xido-de-carbono-por-encima-de-los-est-ndares-de-calidad-del-aire>
- Sánchez de la Campa, A., & De la Rosa, J. (2009). *Caracterización del material particulado atmosférico de la provincia de Huelva*. tesis, Universidad de Huelva, Huelva - España. Recuperado el 2016, de <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/8545/Caracterizacion%20del%20material%20particulado.pdf?sequence=2>
- Sbarato, V., Basan, R., Manzo, P., Ortega, J., Campos, M., & Salort, M. (2000). *Análisis y Caracterización del Material Particulado Atmosférico*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba - Argentina. Recuperado el 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/unc/paper24.pdf>
- SENAMHI. (2011). *Informe de la Dirección General de Asuntos Ambientales*. Peru. Valle, A. (2014). *Contaminación del aire*. Perú. Recuperado el 2016, de http://es.slideshare.net/leonardoadhairvallea/exposicion-contaminacin-del-aire?qid=fa504a8d-e576-4604-82ea-6fcb789d9a57&v=&b=&from_search=1

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO N° 1: (DIGESA, 2005)

1. Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos DIGESA – 2005

Propósito:

Éste protocolo incluye información para la instalación y la operación de sistemas de monitoreo de calidad del aire, así como el manejo de los datos una vez colectados (DIGESA, 2005).

El propósito de este protocolo es ser una herramienta para garantizar de las operaciones y el tratamiento de los datos generados, a disposición de los operadores de redes de monitoreo de la calidad del aire, de modo que guarde seguridad en los procesos de monitoreo y sean realizados de una manera correcta, consistente, eficiente de la información generada con un mínimo de recursos. (DIGESA, 2005).

Alcance:

Este protocolo está diseñado para proporcionar a los operadores de monitoreo de la calidad del aire los principios básicos para la operación de una red de monitoreo de la calidad del aire en exteriores, para centros poblados en sus diferentes etapas, así como en la gestión de datos. (DIGESA, 2005).

Base Legal.

Artículo 2° inciso 22 de la Constitución Política del Perú, establece que el deber primordial del estado es garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida. Así mismo, el artículo 67° señala que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales. (DIGESA, 2005).

La ley N° 26821, Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de la atmósfera y su manejo racional teniendo en cuenta su capacidad de renovación. (DIGESA, 2005). El código del medio ambiente y los recursos naturales, en su título preliminar, Artículo I establece que es obligación de toda conservación del ambiente y consagra la obligación del Estado de prevenir y controlar cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que pueden inferir con el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad. (DIGESA, 2005).

Criterios para la selección de métodos:

Es recomendable elegir la técnica idónea para desarrollar las tareas, si se emplea un método inadecuado o demasiado sofisticado puede conducir a errores, el desempeño de la red podría ser deficiente, generar datos de poca utilidad y aún peor pérdida de recursos económicos. Si bien los objetivos del monitoreo son el principal factor que se debe considerar para el diseño, también es importante tener en cuenta las limitaciones de recursos y la falta de personal calificado. Es necesario lograr un equilibrio entre costos y equipos, la complejidad y el desempeño. Los sistemas más avanzados puede suministrar en la selección del método de medición son los siguientes:

Parámetro técnico:

- Selectividad: indica el grado por el cual un método puede determinar un contaminante sin ser interferido por otros componentes.
- Especificidad: indica el grado de interferencias en la determinación.
- Límite de Detección, es la concentración mínima detectable por un sistema de medición.
- Sensibilidad: tasa o amplitud de cambio de la lectura del instrumento con respecto a cambios de los valores característicos de la calidad del aire.
- Exactitud: Es el grado de acuerdo a la semejanza entre valor verdadero o valor medio o medido, depende tanto de la especificidad del método como de la exactitud de la calibración, que a su vez depende de la

disponibilidad de estándares primarios y de la forma como es calibrado el equipo. Indica ausencia de errores por predisposición o sesgo por azar.

- Precisión: Grado de acuerdo a semejanzas entre los resultados de una serie de mediciones aplicando un método bajo condiciones predeterminadas y el valor medio de las observaciones.
- Calibración del instrumento: Disponibilidad de gases de calibración en el mercado de estándares primarios y a su aplicación en el sistema de muestreo, así como las necesidades de la frecuencia de su uso.
- Gases de calibración: gases primarios o secundarios.
- Tiempo de respuesta del instrumento: corresponde al tiempo necesario para que el monitor responda a una señal dada, es decir a un periodo transcurrido desde la entrada del contaminante al instrumento de medición hasta la emisión del valor de medición donde se suele distinguir dos partes, el tiempo de retraso, aquel en que se alcanza el 10% del cambio final del instrumento de lectura y el tiempo de crecimiento o caída, durante el cual se pasa del 10% al 90% de cambio final en el instrumento de lectura. (DIGESA, 2005).

Otros parámetros:

- Disponibilidad de sensores.
- Resolución espacial
- Mantenimiento.
- Porcentaje de intervalo de tiempo fuera de la operación
- Equipamiento adicional necesario.
- Mano de obra especializada requerida para la operación y mantenimiento.
- Simplicidad de la aplicación y uso.
- Confiabilidad y compatibilidad
- Costo de adquisición, operación y mantenimiento.
- Soporte.

Métodos de referencia nacionales:

El D.S. 074-2001-PCM, establece métodos de referencia para la medición de contaminantes. Los cuadros siguientes presentan los métodos de referencia para el monitoreo de estos contaminantes y las normas técnicas nacionales vigentes para algunos de estos contaminantes.

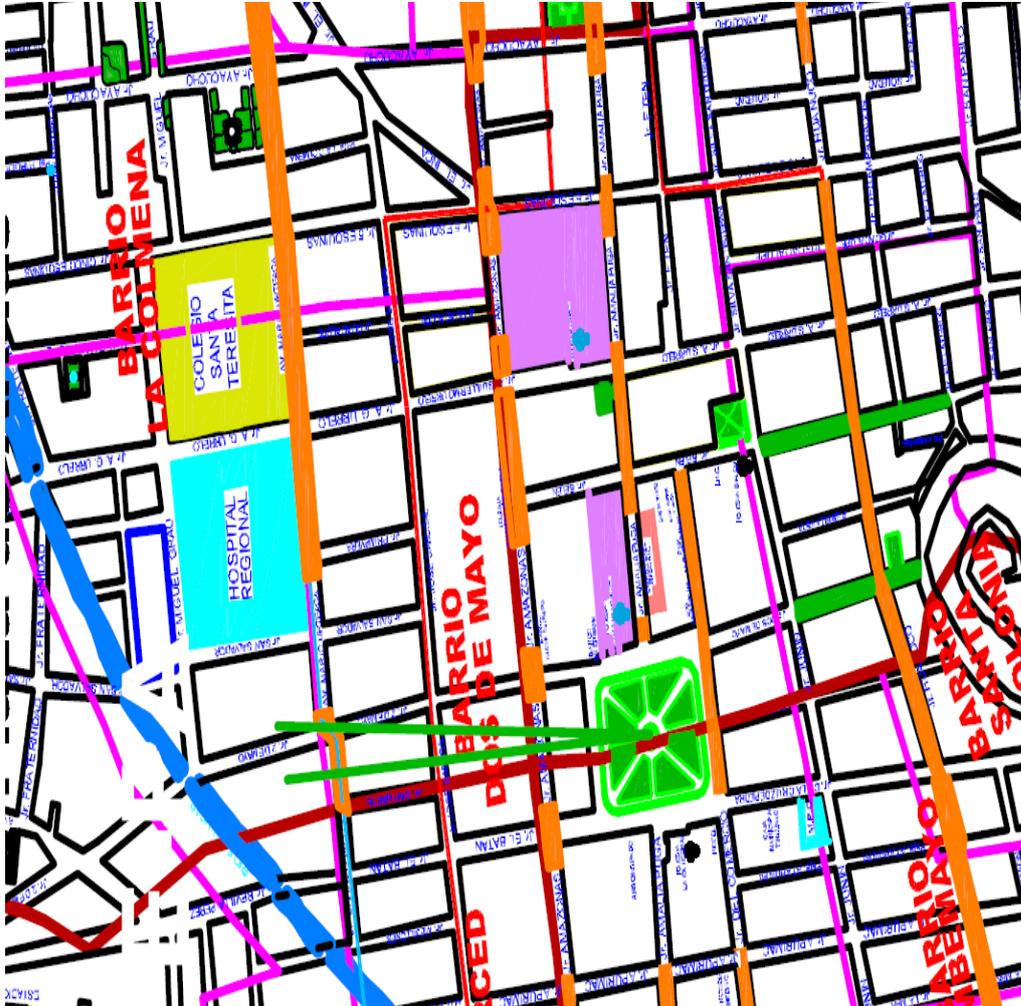
Tabla N° 09. Métodos de referencia nacionales para la medición de contaminantes del aire.

CONTAMINANTE	MÉTODO DE REFERENCIA	NORMA TÉCNICA PERUANA
Dióxido de azufre	Fluorescencia UV	En proceso
PM 10	Separación inercial/ filtración	NTP 900.030 Del 24 de abril del 2003.
Monóxido de carbono	Infrarrojo no dispersivo	NTP 900.031 Del 24 de julio del 2003.
Dióxido de nitrógeno	Quimioluminiscencia	NTP 900.033 Del 02 de julio del 2004
Ozono	Fotometría UV	En proceso
Plomo	Método PM 10 (espectrofotometría de absorción atómica)	NTP 900.032 Del 23 de noviembre del 2003
Sulfuro de Hidrógeno	Fluorescencia UV	En proceso

Fuente: DS- 074-2001-PCM. Estándares de Calidad del Aire.

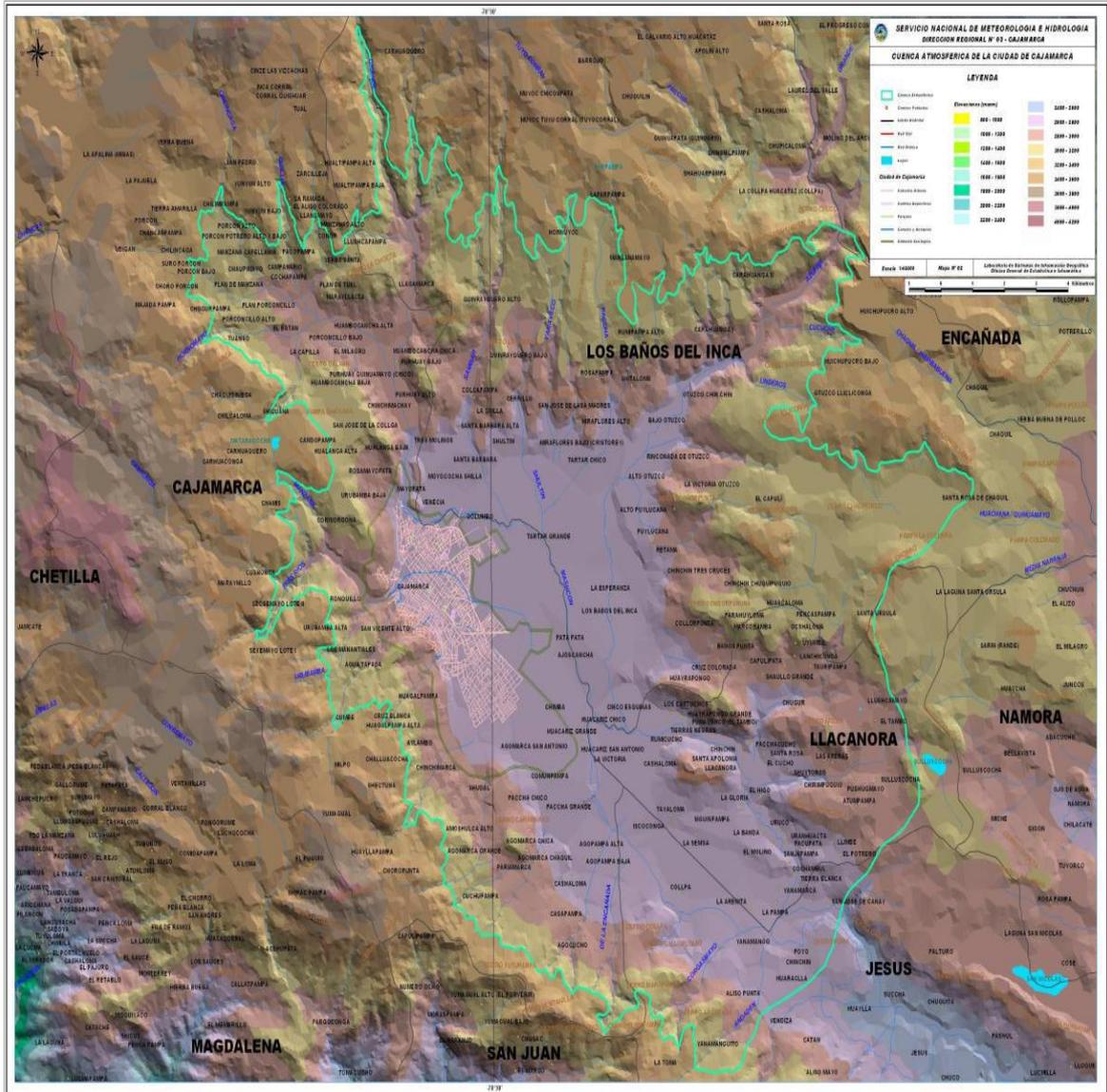
ANEXO 2

Mapa 01.- Ubicación Estación de Monitoreo “La Colmena” (E_LC)



ANEXO 3

Mapa N° 02: Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Cajamarca.



FORMATO N° 01

HOJA DE DATOS DE CAMPO DEL MUESTREADOR HI VOL PM -10

Nombre de la Estación : EST. LA COLMENA...
 Modelo del Equipo : GUV-15H-1-60

Serie VFC (Venturi)	P 5679 PM 10 - 1
----------------------	------------------

Código del Filtro : 028-2013
 Código del circular Chart :
 Fecha del muestreo : 02/05/2014
 Fecha de instalación : 02/05/2014 Fecha de Retiro : 03/05/2014
 Tiempo de Muestreo : 24 Horas

Presión Inicial (in/H2O):	13.9	Presión Final (in/ H2O):	14.6
Hora de Inicio del Muestreo	9:15 am	Hora de Terminó del Muestreo	9:14 am.

Horómetro Inicial :		Horómetro Final :	
----------------------------	--	--------------------------	--

Humedad Relativa : 77 %
 Temperatura : 15.8 °C
 Presión Actual (Pa) : 556.6 (mm Hg)

Observaciones :
 Llovió por la tarde, Muestreo inicio a las 9:15 am. hasta
 9:15 am del siguiente día

Responsable del Monitoreo:

Nombres y Apellidos:
 Enrique Carlo P.

Firma :



FORMATO N° 01

HOJA DE DATOS DE CAMPO DEL MUESTREADOR HI VOL P/1-10

Nombre de la Estación : E. L.C.
Modelo del Equipo : GUV-15H-1-60

Serie VFC (Venturi)	P 5679 PM 10 - 1
----------------------	------------------

Código del Filtro : S-0001074047-01
Código del circular Chart :
Fecha del muestreo : 11.1.09.1.2014
Fecha de instalación : 10.1.09.1.2014 Fecha de Retiro : 12.1.19.12214
Tiempo de Muestreo : 24 Horas

Presión Inicial (In/H2O):	<u>13.7</u>	Presión Final (in/ H2O):	<u>14.9</u>
Hora de Inicio del Muestreo	<u>00:00h</u>	Hora de Terminó del Muestreo	<u>24:00h</u>

Horómetro Inicial :	-	Horómetro Final :	-
---------------------	---	-------------------	---

Humedad Relativa : 59.3 %
Temperatura : 14 °C
Presión Actual (Pa) : 558.7 (mm Hg)

Observaciones :

FORMATO N° 01

HOJA DE DATOS DE CAMPO DEL MUESTREADOR HI VOL FM -11

Nombre de la Estación : E. L.C.
Modelo del Equipo : GUV-15H-1-60

Serie VFC (Venturi)	P 5679 PM 10 - 1
----------------------	------------------

Código del Filtro : 5-0001074048-03
Código del circular Chart :
Fecha del muestreo : 03.1.19.1.2014
Fecha de instalación : 02.1.19.1.2014 Fecha de Retiro : 04.1.12.1.2014
Tiempo de Muestreo : 24 Horas

Presión Inicial (in/H2O):	<u>13.7</u>	Presión Final (in/ H2O):	<u>14.6</u>
Hora de Inicio del Muestreo	<u>00:00h</u>	Hora de Terminó del Muestreo	<u>2:00h</u>

Horómetro Inicial :	-	Horómetro Final :	-
---------------------	---	-------------------	---

Humedad Relativa : 58 %
Temperatura : 14 °C
Presión Actual (Pa) : 560.5 (mm Hg)

Observaciones :

.....

FORMATO N° 02

HOJA DE DATOS DE CAMPO DEL MUESTREADOR HI VOL IM-2 5

Nombre de la Estación : E. L.C.
Modelo del Equipo : GUV-15H-1-60

Serie VFC (Venturi)	P 5679 PM 10 - 1
----------------------	------------------

Código del Filtro : 5-0001074057-06
Código del Circular Chart:
Fecha del Muestreo : 01.11.2014
Fecha de instalación : 31.10.2014 Fecha de Retiro : 02.11.2014
Tiempo de Muestreo : Horas

Presión Inicial (in/H2 O):	<u>14.7</u>	Presión Final (in/ H2O):	<u>15.4</u>
Hora de Inicio del Muestreo	<u>00:00h</u>	Hora de Terminó del Muestreo:	<u>21:00h</u>

Horómetro Inicial :	-	Horómetro Final :	-
---------------------	---	-------------------	---

Humedad Relativa : 746.7 %
Temperatura : 14 °C
Presión Actual (Pa) : 560.0 (mm Hg)

Observaciones :



GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL
Sub Gerencia de Medio Ambiente y R. R. N. N.

FORMATO N° 02

HOJA DE DATOS DE CAMPO DEL MUESTREADOR HI VOL PM -2.5

Nombre de la Estación : EST. LA COLMENA....
Modelo del Equipo : GUV-15H-1-60

Serie VFC (Venturi)	P 5679 PM 10 - 1
----------------------	------------------

Código del Filtro : *S-0001074063-17*
Código del circular Chart :
Fecha del muestreo : *01/03/2015*
Fecha de instalación : *28/02/2015* Fecha de Retiro *03/03/2015*
Tiempo de Muestreo : *24* Horas

Presión Inicial (in/H2O):	<i>15.7</i>	Presión Final (in/ H2O):	<i>16</i>
Hora de Inicio del Muestreo	<i>00:00h</i>	Hora de Terminó del Muestreo	<i>24.6</i>

Horómetro Inicial :		Horómetro Final :	
----------------------------	--	--------------------------	--

Humedad Relativa : *71* %
Temperatura : *15* °C
Presión Actual (Pa) : *555.82* (mm Hg)

Observaciones :
..... *Lluvia leve por momentos durante el muestreo*

Responsable del Monitoreo:

Nombres y Apellidos:
Enrique Cacho C.

Firma :
[Signature]

Av. LA ALAMEDA DE LOS INCAS
COMPLEJO "QHAPAC ÑAN"
TELEF.- 076-599250 ANEXO 2150
www.municipal.gov.pe

FORMATO N° 01**HOJA DE DATOS DE CAMPO DEL MUESTREADOR HI VOL PM -10**

Nombre de la Estación : E. L.C.
Modelo del Equipo : GUV-15H-1-60

Serie VFC (Venturi)	P 5679 PM 10 - 1
----------------------	------------------

Código del Filtro : S. 000. 10.74.074
Código del circular Chart :
Fecha del muestreo : 29.1.07.1.2015
Fecha de instalación : 28.1.07.1.2015 Fecha de Retiro : 30.1.07.1.2015
Tiempo de Muestreo : 2.4 Horas

Presión Inicial (in/H2O):	12.7	Presión Final (in/ H2O):	13.5
Hora de Inicio del Muestreo	00:00h	Hora de Terminó del Muestreo	24:00h.

Horómetro Inicial :	-	Horómetro Final :	-
---------------------	---	-------------------	---

Humedad Relativa : 53 %
Temperatura : 13.8 °C
Presión Actual (Pa) : 741.0 (mm Hg)

Observaciones :

... El Filtro presenta un pequeño orificio detectado al abrir y sacar del sitio
medida por parte de la adquisición de FANVPROLUB S:

Responsable del Monitoreo:

Nombres y Apellidos:

Enrique Caehi Crisóstomo

Firma :

.....

.....

Av. LA ALAMEDA DE LOS INCAS
COMPLEJO "QHAPAC ÑAN"
TELEFONO -511-76-363626
www.municaj.gob.pe

ANEXO N° 5

INFORME DE FICHAS CADENA CUSTODIA.

2014 -

Municipalidad Provincial de Cajamarca
 QHAPAC ÑAN
 CARRERA A BAÑOS DEL INCA
 KM. 3.5 - Frente a la UNC
 www.municipalprovincialdecajamarca.gob.pe

GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL
 SUB GERENCIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
 CADENA DE CUSTODIA
 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Formato N° 03
 N° DE INFORME DE ENSAYO

Solicitante	Municipalidad Provincial de Cajamarca	Proy./ Progr.	Monitoreo de la Calidad del Aire	Orden de Servicio N°	1202-13	25/05/2013	V O.S. 1362 del 03-09-2014
Dirección	AV. Almendra de los Inca N° 253-257- QHAPAC ÑAN	Dist.	Cajamarca	Provincia	Cajamarca	06-feb-13	
Contacto	Ing. José Bardales Escalante / Enrique Cachi Crisóstomo			Tel./RPM	# 976561157	31/05/2013	Factura N° 001-0047123 - 05-09-2014
e-mail	jlobaes@hotmail.com / c.henry1507@hotmail.com			Firma:			
Responsable del muestreo	Ing. José Bardales Escalante / Enrique Cachi Crisóstomo			Dpto.:	Cajamarca		
				Fax :			

Código laboratorio	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Origen de la fuente	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Partículas		Metales		Gases		Observaciones	
									PM-10	PM-2.5	Plomo	Arsénico	SO2	NO2		
				Código del Filtro		Tiempo de muestreo (h:mm)						T. muestreo		Flujo de muestra (L/min)		
1	E-LC	11/09/2014	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	01-2014 24 h		x					COT 00020344
2	E-LC	19/09/2014	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	02-2014 24 h		x					Orden de compra N° 723 Orden de Servicio N° 1362
3	E-LC	09/10/2014	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	03-2014 24 h		x					O.S. del 03-09-2014
4	E-LC	16/10/2014	09.15	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	04-2014 24 h		x					
5	E-LC	25/10/2014	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	05-2014 24 h		x					
6	E-LC	01/11/2014	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	06-2014 24 h							
7	E-LC	30/11/2014	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	07-2014 24 h							
1	E-LC	11/09/2014	0.33	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca						x		Orden Serv. N° 1202 del 25/05/2013
2	E-LC	30/11/2014	08.40 a.m.	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca						x		Orden Serv. N° 1202 del 25/05/2013
													Flujo muestreo PM 10, PM 2.5 : 1:13 M3/min		Tiempo real : 24 horas	

Entregado por:	José Bardales Escalante	Institución	Municipalidad Prov. de Cajamarca	Firma		Fecha	C-04-12-2014	Hora	
Recibido por:									

(Ultimo Lote) 05 Frascos de sustancia captadora con muestras de NO2 y SO2 para análisis, Materiales adquiridos con Cotiz. N° 000 15403 del 06-02-13 y Orden de Servicio N° 1202, de fecha 25/05/2013 Envirolab Perú S.A.C.

Municipalidad Provincial de Cajamarca
 Gerencia de Desarrollo Ambiental
 Sub Gerencia de Medio Ambiente y Recursos Naturales
 Ing. José Bardales Escalante
 Responsable de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Municipalidad Provincial de Cajamarca
 OHPAC ÑAN
 CARRETERA A BAÑOS DEL INCA
 KM. 3.5 - Frente a la UNC
 www.municipalcajamarca.gob.pe

CODIGO EPSF MPC CAJAMARCA
 J - 00167604

Solicitante: Municipalidad Provincial de Cajamarca
 Dirección AV. Alameda de los Inca N° 253-257- OHPAC ÑAN
 Contacto Ing. José Bardales Escalante / Enrique Cachi Crisóstomo
 e-mail jolbaes@hotmail.com / c.henny1507@hotmail.com
 Responsable del muestreo Ing. José Bardales Escalante / Enrique Cachi Crisóstomo

Proy./ Progr.: Monitoreo de la Calidad del Aire
 Dist.: Cajamarca
 Prov.: Cajamarca
 Telf./RPM 976561157
 Firms:

Orden de Servicio N° 1362
 Cotización N° COT_00020344
 Factura N° 01 N° 0047122
 Dpto.: Cajamarca
 Fax :

Formato N° 03
 N° DE INFORME DE ENSAYO

Código laboratorio	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Origen de la fuente	Localidad	Distrito	Provincia	Departament	Partículas		Metales		Gases		Observaciones	
									PM-10	PM-2.5	Plomo	Arsénico	T. muestreo	Flujo de muestra		
Código del Filtro		Tiempo de muestreo (hh:mm)														
1	E-LC	10/01/2015	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	12-2014	24 h	x					COT 00020344
2	E-LC	10/01/2015	08.02	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	24 h					x	24 h	Orden de Servicio N° 1362 del 03-09-2014
3	E-LC	10/01/2015	08.02	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca						x	1 h	
				xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx												
Flujo muestreo PM 10, PM 2.5 : 1:13 M3/min Tiempo real : 24 horas Flujo muestreo : 0.2 y 0.3 M3/min Tiempo real : N02 01 hora y S02 24 horas																

Entregado por: Ing. Enrique Cachi Crisóstomo
 Recibido por :
 Nombre: _____
 Institución: Municipalidad Prov. de Cajamarca
 Firma: _____
 Fecha: C-08-01-2015
 Hora: _____

- 01. Filtros - adquiridos recientemente mediante cotización N° COT 00020344 del 04 de Abril 2014 y los servicios de análisis con Orden de Servicio N° 0001362 de fecha 03/09/2014, cancelado a Envirolab Perú S.A.C.
- 02. Frascos de sustancia captadora con la misma cotización y orden servicio respectivamente



GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL
 SUB GERENCIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
CADENA DE CUSTODIA
 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

QHAPAC ÑAN
 CARRETERA A BAÑOS DEL INCA
 KM. 3.5 - Frente a la UNC
 www.municipalajamarca.gov.pe

Municipalidad Provincial de Cajamarca
 Gerencia de Desarrollo Ambiental
 Sub Gerencia de Medio Ambiente y Recursos Naturales

CODIGO EPSF MPC CAJAMARCA
 J - 00167499

Formato N° 03
 N° DE INFORME DE ENSAYO

Solicitante	Municipalidad Provincial de Cajamarca	Proy./ Progr.	Monitoreo de la Calidad del Aire	Orden de Servicio N°	1202-13	25/05/2013
Dirección	Alameda de los Inca N° 253-257- QHAPAC ÑAN	Dist.	Cajamarca	Provincia	Cajamarca	COT: 0015403
Contacto	Ing. José Bardales Escalante / Enrique Cachi Crisóstomo	Telf./RPM	976561157	Factura N°	001 N° 040762	06-feb-13
e-mail	jolbaes@hotmail.com / c.henry1507@hotmail.com	Firma:		Dpto.:	Cajamarca	31/05/2013
Responsable del muestreo	Ing. José Bardales Escalante / Enrique Cachi Crisóstomo			Fax :		

Código Laboratorio	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Origen de la Fuente	Localidad	Distrito	Provincia	Departament	Partículas		Metales		Gases		Observaciones
									Código del Filtro	Tiempo de muestreo (h:mm)	Plomo	Arsénico	T. muestreo	Flujo de muestra	
									PM-10	PM-2.5			SO2	NO2	
1	E-LC	10/12/2014	08.00 a.m.	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca					x	1 h	Orden Serv. N° 1202 del 25/05/2013
2	E-LC	10/12/2014	08.00 a.m.	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca					x	24 h	Orden Serv. N° 1202 del 25/05/2013
3	E-LC	15/12/2014	11.30 a.m.	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca					x	1 h	
4	E-LC	15/12/2014	08.00 a.m.	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca					x	24 h	
5	E-LC	25/12/2014	10.00 a.m.	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca					x	1 h	
6	E-LC	25/12/2014	10.00 a.m.	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca					x	24 h	
7	E-LC	01/01/2015	08.00 a.m.	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca					x	1 h	
8	E-LC	01/01/2015	08.00 a.m.	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca					x	24 h	

Entregado por:	Ing. Enrique Cachi Crisóstomo	Institución	Municipalidad Prov. de Cajamarca	Firma		Fecha	C-08-01-2015	Hora	
Recibido por:		Nombre							

08 Frascos de sustancia captadora con muestras de NO2 y SO2 para análisis, Materiales adquiridos con Cotiz. N° 000 15403 del 06-02-13 y Orden de Servicio N° 1202, de fecha 25/05/2013 Envirolab Perú S.A.C.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA
 GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL
 SUB GERENCIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
 Ing. José Bardales Escalante
 Gerente de Medio Ambiente y Recursos Naturales

OHAPAC ÑAN
Municipalidad Provincial de Cajamarca
 CARRTERA A BAÑOS DEL INCA
 KM. 3.5 - Frente a la UNC
 www.municajamarca.gob.pe

GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL
 SUB GERENCIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CADENA DE CUSTODIA
 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

CODIGO EPSF MPC CAJAMARCA
 J-0178494

Solicitante: Municipalidad Provincial de Cajamarca
 Dirección: AV. Alameda de los Incas N° 253-257- OHAPAC ÑAN
 Contacto: Ing. José Barredas Escalante / Enrique Cachi Crisóstomo
 e-mail: jolbaes@hotmail.com / c.henry1507@hotmail.com
 Responsable del muestreo: Ing. José Barredas Escalante / Enrique Cachi Crisóstomo

Proy./ Progr.: Cajamarca
 Dist.: Cajamarca
 Monitoreo de la Calidad del Aire
 Cajamarca
 Prov.: Cajamarca
 Telf./RPM: 976561157
 Dpto.: Cajamarca
 Fax:
 Firms:
 Orden de Servicio N°: 1362
 Cotización N°: COT 00020344
 Factura N°: 01 N° 0047122
 Dpto.: Cajamarca
 03/09/2014
 04-abr-14
 05/09/2014

Formato N° 03
 N° DE INFORME DE ENSAYO

Código Laboratorio o campo	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Origen de la fuente	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Partículas		Metales		Gases		Observaciones
									PM-10	PM-2.5	Plomo	Arsénico	T. muestreo	Flujo de muestra	
1	E-LC	11/03/2015	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	18-2014 24 h		x				COT 00020344
2	E-LC	21/03/2015	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	19-2014 24 h		x				Orden de Servicio N° 1362 del 03-09-2014
3	E-LC	31/03/2015	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	20-2014 24 h		x				
4	E-LC	10/04/2015	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	21-2014 24 h		x				
5	E-LC	20/04/2015	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	22-2014 24 h		x				
6	E-LC	30/04/2015	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	23-2014 24 h		x				
7	E-LC	10/05/2015	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	24-2014 24 h		x				
8	E-LC	20/05/2015	00.00	Estación La Colmena	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	25-2014 24 h		x				
				xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx											

Flujo muestreo PM 10, PM 2.5 : 1.13 M3/min
 Tiempo real : 24 horas

Entregado por: Ing. Enrique Cachi Crisóstomo	Nombre	Institución	Firma	Fecha	Hora
Recibido por:		Municipalidad Prov. de Cajamarca		C-15-06-2015	

Envío 08 Filtros. Adquiridos mediante cotización N° COT 00020344 del 04 de Abril 2014 y los servicios de análisis con Orden de Servicio N° 0001362 de fecha 03/09/2014, cancelado a Envirolab Perú S.A.C.

Enrique Cachi Crisóstomo
ENRIQUE CACHI CRISÓSTOMO
 INGENIERO AMBIENTAL
 REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 16434

ANEXO N° 6

INFORME FICHAS DE MUESTRAS DE LABORATORIO.

M-2.5 ✓
 E-L-C
 0-04-2013



ENVIROLAB - PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

FILTRO N°: 027-2013

Wi = 3,74342g

Hoja de Datos

Muestreador de Partículas de Alto Volumen PM10 PM-2.5 ✓

Número de Muestra: 02	Fecha de Muestreo: 10-Abril-2014
Sitio de Muestreo: E-L-C	Fecha de Instalación: 09-Abril-2014
	Fecha de Retiro: 11-Abril-2014
Operador: Beeth Enrique Carlos Cristóbal	
Condiciones Ambientales de Operación:	Ta 14.4 °C Pa 557.1 inHg
Diferencial Inicial de Filtro (Pi): 15.5	Diferencial Final de Filtro (Pf): 16.5
Hora de Inicio del Muestreo: 00:00h	Hora de Término del Muestreo: 23:59h
Honómetro Inicial	Honómetro Final:
N/S del Equipo (venturi): P5679 PM-10-1	Modelo del equipo: 60V-15H-1-60
Observaciones: solo despegado durante el muestreo.	

037

E-L.C
29-05-2014

4



ENVIROLAB - PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

FILTRO N°: 029-2013

$w_i = 3,77806g$

Hoja de Datos
Muestreador de Partículas de Alto Volumen PM10

Número de Muestra: 04	Fecha de Muestreo: 09 mayo 2014
Sitio de Muestreo:	Fecha de Instalación: 08 mayo 2014
	Fecha de Retiro: 10 mayo 2014
Operador: Ing. José Bardales Escalante, Tec. Enrique Cadillo	
Condiciones Ambientales de Operación:	Ta <u>13.5</u> °C Pa <u>558.3</u> inHg
Diferencial Inicial de Filtro (Pi): <u>15.7</u> $\frac{34}{4120}$	Diferencial Final de Filtro (Pf): <u>16.1</u> $\frac{34}{4120}$
Hora de Inicio del Muestreo: <u>00:00 h.</u>	Hora de Término del Muestreo: <u>23:54 h.</u>
Honómetro Inicial	Honómetro Final:
N/S del Equipo (venturi): <u>P5079 PM-10.1</u>	Modelo del equipo: <u>GUV-15H-1-60</u>
Observaciones: <u>foto por la neblinada y lluvias secas por la tarde durante el muestreo y por la neblinada lluvia durante las primeras horas de muestreo</u>	

Especificar correctamente las unidades de las variables a utilizar

033

PM-10 ✓

Wt. 3.28920

E-L.C

19-02-2015



S-0001074062

Tipo de Muestra: Filtro
Cliente: C0198950 Programa 0066



J-00148050

ID de Muestra: Filtro - 16
Muestreado: 2014-09-06 Recepción: 2014-09-06



HOJA DE DATOS PARA MUESTREO DE PARTICULAS DE ALTO VOLUMEN

DATOS DE PROYECTO	
EPSF N°	
Código de Laboratorio	
Identificación del Punto de Muestreo	E - L.C.
Ubicación/Lugar del Punto de Muestreo	S. Mariano Melgar N° 331
Coordenadas del Punto de Muestreo	UTM. 9208194
Muestreado por	<input checked="" type="checkbox"/> Cliente <input type="checkbox"/> NSF Envirolab
Operador	Enrique Cadu Prisoastomo / Angela Castillo Ulanco

DATOS DE FILTRO	
Código de Filtro NSF Envirolab	S-0001074062-16
Peso Inicial (W _i)	3.28920
Peso Final (W _f)	
Análisis	<input type="checkbox"/> PTS <input checked="" type="checkbox"/> PM-10 <input type="checkbox"/> PM-2.5 <input checked="" type="checkbox"/> Metales Pb. <input type="checkbox"/> HT

DATOS DE OPERACIÓN			
Numero de Serie	PS679 PM10-1	Código del Equipo	GVV-15H-1-60
Fecha de Inicio de Muestreo	19-02-2015	Fecha de Fin de Muestreo	19-02-2015
Hora de Inicio de Muestreo	00:00h	Hora de Fin de Muestreo	24:00h.
Horómetro Inicial	-	Horómetro Final	-
Diferencial Inicial de Filtro (inH2O)	14.8	Diferencial Final de Filtro (inH2O)	14.2
Presión Ambiental (mmHg)	555.44	Temperatura Ambiental (°C)	16

OBSERVACIONES
- Viento suave durante el muestreo.

P77-10 ✓
 W1. 301955.
 F - L - E
 C. 19-06-2015



 S-0001074072

Tipo de Muestra: Filtro
 Cliente: C0198950 Programa 0066 51

 J-00148050

ID de Muestra: Filtro - 26
 Muestreado: 2014-09-06 Recepción: 2014-09-06

ENVIROLAB - PERU S.A.C.
 Environmental Laboratories Perú S.A.C.

FILTRO N°: 26 - 2015

Hoja de Datos
 Muestreador de Partículas de Alto Volumen PM10

Número de Muestra: 01-Jul - Ag. 2015	Fecha de Muestreo: 19-06-2015
Sitio de Muestreo: E-LE ESTACION LA COLMENA	Fecha de Instalación: 18-06-2015
	Fecha de Retiro: 20-06-2015
Operador: Ing. José Bardales Escalante / Enrique Cachi Priscostomo	
Condiciones Ambientales de Operación:	Ta 15.1 °C Pa 740.9 inHg
Diferencial Inicial de Filtro (Pi): 12.7	Diferencial Final de Filtro (Pi): 13.5
Hora de Inicio del Muestreo: 00.00	Hora de Terminó del Muestreo: 24.00
Honómetro Inicial: —	Honómetro Final: —
N/S del Equipo (venturi): P 5679 PM10-1	Modelo del equipo: GUY-15H-1-60
Observaciones: —	

~~PM-2.5V~~

W. 3.10564

E-L.C.

30-04-2015

74



S-0001074069

Tipo de Muestra: Filtro

Cliente: C0198950 Programa: 0066



J-00148050

ID de Muestra: Filtro - 23

Muestreado: 2014-09-06 Recepción: 2014-09-06



HOJA DE DATOS PARA MUESTREO DE PARTICULAS DE ALTO VOLUMEN

DATOS DE PROYECTO	
EPSF N°	J-001748494
Código de Laboratorio	
Identificación del Punto de Muestreo	E-L.C.
Ubicación/Lugar del Punto de Muestreo	Jr: Mariano Melgar N° 331
Coordenadas del Punto de Muestreo	9208194
Muestreado por	<input checked="" type="checkbox"/> Cliente <input type="checkbox"/> NSF Envirolab
Operador	Enrique Cadui Crisóstomo

DATOS DE FILTRO	
Código de Filtro NSF Envirolab	
Peso Inicial (W ₁)	3.10564
Peso Final (W ₂)	
Análisis	<input type="checkbox"/> PTS <input type="checkbox"/> PM-10 <input checked="" type="checkbox"/> PM-2.5 <input checked="" type="checkbox"/> Metales Pb <input type="checkbox"/> HT

DATOS DE OPERACIÓN			
Numero de Serie	P5679 PM 10-1	Código del Equipo	GUV-154-1-60
Fecha de Inicio de Muestreo	30-04-2015	Fecha de Fin de Muestreo	30-04-2015
Hora de Inicio de Muestreo	00:00 h.	Hora de Fin de Muestreo	24:00 h.
Horómetro Inicial	—	Horómetro Final	—
Diferencial Inicial de Filtro (inH ₂ O)	14.0	Diferencial Final de Filtro (inH ₂ O)	15.1
Presión Ambiental (mmHg)	555.6	Temperatura Ambiental (°C)	16

OBSERVACIONES
- Lluvia suave al medio día durante el muestreo.