



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**  
**FACULTAD EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

**TEMA**

“INCIDENCIA DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN  
LAS CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO (PM<sub>10</sub>)  
EN LA CIUDAD DE MANTA.”

**AUTORES**

ALONSO BAILÓN ERWIN STEEPHEN  
LOOR MERO ANTHONY EMILIO

**TUTOR**

ING. PEDRO LÓPEZ ZAMBRANO MG.

**MANTA – MANABÍ – ECUADOR**

**2019**

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**FACULTAD EN CIENCIAS AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO**

**“Incidencia de las condiciones meteorológicas en las concentraciones de material particulado (PM<sub>10</sub>) en la ciudad de Manta”**

**Tesis presentada al H. Consejo Directivo de la Facultad Ciencias Agropecuarias como requisito para obtener el título de:**

**INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES**

-----  
Ing. Yessenia García Montes Mg. Sc

**DECANA DE LA FACULTAD**

-----  
Ing. Pedro López Zambrano Mg

**TUTOR DE TESIS**

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

**Ing. Ángel Pérez Bravo, Mg.**

-----

**Ing. Luis Macías Zambrano, Mg.**

-----

**Ing. Juan Macías Demera, Mg.**

-----

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Ing. Pedro Isaac López Zambrano, certifica haber tutelado la tesis “Incidencia de las condiciones meteorológicas en las concentraciones de material particulado (PM<sub>10</sub>) en la ciudad de Manta”, que ha sido desarrollado por Alonso Bailón Erwin Steephen y Loo Mero Anthony Emilio, egresados de la carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales, previo a la obtención del título de Ingeniero en Recursos Naturales y Ambientales, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL, de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

---

Ing. Pedro Isaac López Zambrano, Mg.

C.I.: 131164988-1

## **DECLARACION DE AUTORÍA**

La responsabilidad de los hechos, ideas, doctrina expuestos en la presente tesis, corresponde exclusivamente al tutor y el patrimonio intelectual de los autores, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

-----  
Alonso Bailón Erwin Steephen  
C.I: 131419285-5

-----  
Loor Mero Anthony Emilio  
C.I.: 131573586-8

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme vida, salud y sabiduría a lo largo del estudio.

A mis padres y hermanos, quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera, que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento nunca desistieron para que yo tampoco lo haga aun cuando todo se complicaba. En especial por su paciencia, confianza y por todo lo que me han dado a lo largo de mi carrera y de mi vida.

De igual manera a mi novia que durante estos años de carrera ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por su ayuda.

Finalmente, pero no menos importante a mis maestros de la facultad por todas las enseñanzas impartidas en el aula de clases y en el campo, por ayudarme a construir los cimientos de mi futuro como profesional.

**STEEPEN ALONSO BAILÓN**

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por ser la fuente principal de mi existencia, al ser mi guía, mi compañero, mi fortaleza para seguir luchando, por permitirme experimentar, conocer, aprender, soñar y ser feliz.

A mis padres y mis hermanos, por estar presente en cada paso, por cada consejo, por cada apoyo y por cada esfuerzo que han hecho por mí, forjándome para convertirme en un ejemplo de vida.

A nuestro tutor de Tesis al Ing. Pedro López, por ser nuestro dirigente en este proyecto investigativo y demás docentes que brindaron sus enseñanzas a lo largo de nuestra vida estudiantil y que sirvieron como base para la realización del estudio.

Y como no agradecerles aquellas personas que están a tu lado vayas a donde vayas, aquellas que comparten momentos inolvidables, aventuras, situaciones y pensamientos, a cada uno de estas personas que entran a nuestra vida y dejan huellas y para aquellas que nos enseñan que la vida está hecha para experimentar ya que no todo está los libros de la biblioteca, a ellos les dejos mis más profundos agradecimientos.

**ANTHONY LOOR MERO**

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, al que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello con toda la humildad que mi corazón puede emanar, dedico en primer lugar mi trabajo a Dios.

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar.

A mis hermanos, gracias por su apoyo, cariño y por estar en los momentos más importantes de mi vida. Este logro también es de ustedes.

**STEEPEN ALONSO BAILÓN**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser la fuente primordial de mi fortaleza y permitirme completar esta fase de mi vida profesional.

A mi madre Jacqueline Mero, por sus consejos, valores, enseñanzas y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar; a mis hermanas por estar presente en aquellos momentos difíciles y ser el apoyo fundamental a cada paso de mi vida.

A mis mejores amigos, por compartir momentos de aventuras y enseñanza, al estar ahí brindándome su apoyo para la culminación de este trabajo.

**ANTHONY LOOR MERO**

## INDICE GENERAL

MIEMBROS DEL TRIBUNAL .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACION DE AUTORÍA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA.....	vi
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE TABLAS .....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xii
INDICE DE MAPA.....	xii
RESUMEN .....	xiii
SUMMARY.....	xiv
CAPITULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
3. JUSTIFICACIÓN .....	5
4. OBJETIVOS .....	6
4.1. Objetivo General .....	6
4.2. Objetivos Específicos.....	6
5. HIPÓTESIS .....	6
CAPITULO II .....	7
2. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Contaminación del Aire.....	7
2.1.1. Contaminantes Atmosféricos .....	7
2.1.2. Material Particulado .....	8
A. Clasificación del Material Particulado.....	8

B. Principales Fuentes Generadoras de Material Particulado .....	10
C. Efectos que Provocan en la Salud el Material Particulado .....	11
2.2. Norma de Calidad del Aire Ambiente Ecuatoriana (NECA) .....	11
2.3. Factores Meteorológico .....	12
A. Humedad.....	12
B. Velocidad del Viento.....	12
C. Temperatura.....	13
CAPITULO III .....	14
3. METODOLOGÍA .....	14
3.1. Localización del Área de Estudio .....	14
A. Climatología .....	15
3.2. Métodos de Medición .....	15
3.3. Materiales .....	16
A. Materiales para la Recolección del PM <sub>10</sub> .....	16
3.4. Procedimiento .....	18
A. Calibración del equipo.....	18
B. Instalación del Equipo .....	19
C. Tratamiento del Filtro Blanco .....	19
D. Tratamiento del Filtro con Muestra.....	20
3.5. Datos y Procesamiento de la Información.....	21
A. Muestreo .....	21
B. Información Complementaria .....	21
3.6. Estadística .....	22
A. Modelo Estadístico por Serie de Tiempo.....	22
B. Elección de Serie Temporal .....	23
C. Recolección de Datos .....	24

D. Correlación de la Información .....	25
E. Cumplimiento Normativo .....	26
CAPITULO IV .....	27
4. RESULTADOS .....	27
4.1. Porcentaje de Captura de Datos .....	27
4.2. Porcentaje de Reportes de Meteorología .....	27
4.3. Graficas de la Serie de Tiempo para cada una de las Variables Analizadas .....	28
4.4. Correlación de las Variables .....	33
A. Gráficos estadísticos .....	34
4.5. PM <sub>10</sub> Comparación con la Normativa.....	37
4.6. Incide de Calidad de Aire .....	41
CAPITULO V .....	46
5. DICUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	46
6. CONCLUSIONES .....	48
7. RECOMENDACIONES .....	49
BIBLIOGRAFIA .....	50
ANEXOS .....	55

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICA 1:</b> Porcentaje de datos validos de la captura de concentración de PM <sub>10</sub> sede en el GADM Manta y de la Estación DGA – Uleam.....	28
<b>GRÁFICA 2:</b> Componente de Ciclo de tendencia para PM <sub>10</sub> , en el período Marzo a Septiembre de 2018.....	30
<b>GRÁFICA 3:</b> Componente de Ciclo de tendencia para HUMEDAD, en el período de Marzo a Septiembre de 2018.....	31

<b>GRÁFICA 4:</b> Componente de Ciclo de tendencia para TEMPERATURA, en el período de Marzo a Septiembre de 2018.....	32
<b>GRÁFICA 5:</b> Componente de Ciclo de tendencia para VELOCIDAD DEL VIENTO, en el período de Marzo a Septiembre de 2018.....	33
<b>GRÁFICA 6:</b> Correlación (Regresión Simple) PM <sub>10</sub> vs Velocidad del Viento.....	35
<b>GRÁFICA 7:</b> Correlación (Regresión Simple) Temperatura vs Humedad.....	36
<b>GRÁFICA 8:</b> Correlación (Regresión Simple) Temperatura vs Velocidad del Viento.....	37
<b>GRÁFICA 9:</b> Porcentaje ICA en consideración con el IQCA.....	42

## **INDICE DE TABLAS**

<b>TABLA 1:</b> LMP de Material Particulado.....	12
<b>TABLA 2:</b> Características del papel filtro para muestreo de PM <sub>10</sub> .....	16
<b>TABLA 3:</b> Características del equipo de Alto Volumen.....	17
<b>TABLA 4:</b> Datos estándar para el equipo muestreador de alto volumen – EPA.....	19
<b>TABLA 5:</b> Prueba Estadística proporcionada por Statgraphics, gráfica de secuencias para las variables analizadas.....	29
<b>TABLA 6:</b> Correlación de Pearson.....	33
<b>TABLA 7:</b> Criterio de Interpretación de correlación de Pearson.....	34
<b>TABLA 8:</b> Límite Máximo Permisible del PM <sub>10</sub> por Año.....	51
<b>TABLA 9:</b> Límite Máximo Permisible del PM <sub>10</sub> por Día.....	51
<b>TABLA 10:</b> Categorización de los resultados del PM <sub>10</sub> de acuerdo con el IQC.....	55
<b>TABLA 11:</b> Registro de muestra PM <sub>10</sub> – MANTA.....	54
<b>TABLA 12:</b> Datos Meteorológicos – ESTACIÓN DGA – ULEAM.....	59

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Distribución típica de las partículas en la atmósfera donde se muestran las partículas finas y las gruesas.....	9
<b>FIGURA 2:</b> Distribución del número de partículas en función del diámetro.....	10
<b>FIGURA 3:</b> Límite numéricos de cada categoría del IQCA (ug/m3).....	41

## INDICE DE MAPA

<b>MAPA 1:</b> Localización del Equipo de Alto Volumen Thermo – Andersen, ubicada en las coordenadas 0°56'54.3" S y 80°43'17.8" O, a 12 msnm, en el GADM del cantón Manta.....	14
--	----

## RESUMEN

La contaminación atmosférica es un problema a nivel global pues es una amenaza tanto para la salud humana y el ambiente, debido a que puede ocasionar enfermedades, por tanto, el principal objetivo del presente estudio es determinar la incidencia de las condiciones meteorológica en el comportamiento de las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ) mediante datos recogidos diariamente a lo largo de los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre del año 2018. Los equipo, métodos y procedimiento utilizados son descritos en la legislación ambiental federal de los Estado Unidos de América (Code of Federal Regulations) (40 CFR Part 50,Appendix J o Appendix M). Donde se pueden observar las respectivas variaciones meteorológicas y correlaciones según el índice de Pearson, que son acompañados por medio de gráficas donde se establecen la relación entre variable contaminante y variables meteorológicas. Dentro de los resultados se obtuvo que la relación de la temperatura con las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ) no presenta una relación estadística, según el índice de Pearson con un valor de correlación de -0.0169, la humedad no presenta una relación estadística, con un valor de correlación de 0.0032, la velocidad del viento es significativa estadístico, según el índice de Pearson con un valor de correlación de 0.1684. concluyendo que en la ciudad de Manta las condiciones meteorológicas mantienen una relación estadísticamente no significativa con las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ).

## SUMMARY

Air pollution is a global problem because it is a threat to both human health and the environment, because it can cause diseases, therefore, the main objective of this study is to determine the incidence of weather conditions on the behavior of the concentrations of particulate material (PM<sub>10</sub>) through data collected daily throughout the months of March, April, May, June, July, August and September of the year 2018. The equipment, methods and procedure used are described in the federal environmental legislation of the United States of America (Code of Federal Regulations) (40 CFR Part 50, Appendix J or Appendix M). Where you can see the respective weather variations and correlations according to the Pearson index, which are accompanied by graphs where the relationship between pollutant variable and meteorological variables are established. Within the results it was obtained that the relationship of the temperature with the concentrations of particulate material (PM<sub>10</sub>) does not present a statistical relationship, according to the Pearson index with a correlation value of -0.0169, the humidity does not present a statistical relationship, with a correlation value of 0.0032, the wind speed is statistically significant, according to the Pearson index with a correlation value of 0.1684. concluding that in the city of Manta the meteorological conditions maintain a statistically non-significant relationship with the concentrations of particulate material (PM<sub>10</sub>).

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es actualmente uno de los grandes problemas a nivel mundial, está presente en todas las sociedades independientemente de su desarrollo socioeconómico, provocando grandes incidencias en la salud del hombre. Existen grupos poblacionales expuestos a fuentes fijas de contaminantes atmosféricos que carecen de zonas de protección sanitaria; industrias que cuentan con chimeneas de baja altura, lo que aumenta la acción contaminante de sus emanaciones, y en muchas ocasiones no disponen de medidas de control para la disminución de la contaminación a la atmósfera. El crecimiento demográfico ha llevado al incremento de actividades industriales a su posterior la existencia de un alto flujo vehículos, originando que la contaminación atmosférica llegue a puntos extremos (Romero *et al.*, 2006:44).

Debido a esta problemática la OMS (2012), emite directrices donde establece claramente que cada país debe tomar en consideración las normas de calidad de aire, con la finalidad de proteger la salud pública de los ciudadanos, en concordancia con los aspectos de cada país, por lo tanto, es deber la realización de estudios que generen guías y normas de cumplimiento.

Estudios realizados a nivel mundial han demostrado que las concentraciones de los contaminantes en la atmósfera se ven afecta por variables meteorológicas como, la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar, que controlan a su vez la velocidad con la que se realizan las reacciones químicas atmosféricas. Por otro lado, la dispersión de estos contaminantes es influenciada por la velocidad, así como la estabilidad que predomina en la atmósfera (Ramos *et al.*, 2010).

La contaminación atmosférica es un problema en el cual tiene mucha influencia la meteorología, y desde el conocimiento de esta, se puede entender cómo es la dispersión de los contaminantes que se emiten a la atmósfera y cómo actúan estos al momento de entrar en ella; por lo tanto el relacionar la incidencia de las

variaciones que se presentan meteorológicamente frente a las concentraciones de contaminante  $PM_{10}$  (material particulado de diámetro inferior a 10 micras), pueden dar un punto de partida respecto a la influencia que tiene el medio ambiente para contrarrestar estos efectos (González y Torrez, 2015).

La medición y monitoreo de la calidad del aire es un elemento clave para el control atmosférico, en este sentido existe un grupo reducido de ciudades que disponen de un sistema de monitoreo de la calidad del aire adecuado y sistemático (Janhke, 1993); es cierto que la gran mayoría de las ciudades del Ecuador no lo tienen.

El cantón Manta, es la urbe más grande y poblada de la provincia de Manabí, cuenta con una población de 217.553 habitantes aproximadamente, con una densidad poblacional de 5438,83 hab/km<sup>2</sup>; es importante recalcar que en los últimos años el crecimiento de la ciudad ha dado paso a una concentración urbana la cual ha causado presión al entorno natural, cuyas actividades principalmente industriales han generado un impacto potencial hacia la atmósfera (Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta. 2014).

Con el presente estudio se busca analizar la serie de datos recogidos y ofrecidos por la estación meteorológica, ubicada en la facultad ciencias agropecuarias de la universidad laica Eloy Alfaro de Manabi - Uleam, para establecer si existe una relación entre la meteorología y el comportamiento de la concentración del  $PM_{10}$ , con el fin de poder interpretar como las variables influyen sobre las concentraciones de los contaminantes atmosféricos.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación atmosférica es un problema a nivel global pues es una amenaza tanto para la salud humana y el ambiente, debido a que puede ocasionar enfermedades y en la cual está causado por fuentes naturales y antropogénicas, que debe siempre estar en constante monitoreo para prever consecuencias (Cevallos, 2018).

Existen diferentes tipos de contaminantes que se encuentran presente en la atmósfera, como es en el caso de partículas en suspensión y sedimentables, que por lo general presentan un tamaño mayor a 10  $\mu\text{m}$  siendo estas partículas gruesas de tierra y polvo tóxico, constituido por diferentes tipos de composiciones químicas, diseminadas en la atmósfera (Gobierno de Chile. 2016).

El material particulado sedimentable (MPS) y atmosférico causa perjuicios al desarrollo normal de la vida y su peligrosidad depende de su composición, tamaño y permanencia en el aire. Pues su exposición incesante a elevadas concentraciones causa irritación de garganta y mucosas siendo retenidas en las cavidades nasales. Su naturaleza, en función de sus características físicas y químicas es compleja; estas características se las considera como factores críticos de toxicidad que intervienen en los diferentes niveles tróficos. (Díaz, 2015).

Según OMS (2012) la carga de morbilidad de la contaminación del aire exterior por  $\text{MP}_{10}$  o de menor diámetro es responsable de 3,7 millones de muertes prematuras en ciudades y zonas rurales de todo el mundo; de las cuales el 88% corresponden a países de bajo o mediano ingreso. El 80% de estas muertes corresponden a cardiopatía isquémica y accidentes cerebrovasculares, 14% a enfermedad pulmonar obstructiva crónica o infección respiratoria aguda baja y un 6% a cáncer pulmonar.

Ecuador no cuenta con una fuente confiable de información precisa del estado actual de la calidad de aire, esto se debe a que la gestión de investigación es de

origen reciente. En lo general la ciudad de Quito presenta información diaria y concreta sobre emisiones de gases y de compuesto sedimentables (dióxido de carbono, monóxido de carbono, material particulado, óxidos de nitrógeno, ozono e hidrocarburos no consumidos) y esto debido a su red de monitoreo atmosféricos constante; por lo tanto, las ciudades de las diferentes regiones del Ecuador no realizan estas mediciones con exactitud, siendo este un tema pobre en estudios de concentraciones de contaminación (Organización Panamericana de la Salud. 2003).

El Ecuador cuenta con estimaciones de las posibles cargas de contaminantes sobre las emisiones originadas por el sector industrial; empleando de esta forma el Sistema de proyección industrial de contaminantes (IPPS), donde señalaban la concentración de contaminantes del país en el año 2000 (Organización de las Naciones Unidas, 2008).

La secretaria de ambiente de Quito y su red Metropolitana Atmosférica, determinó que las emisiones ( $PM_{10}$ ). El 56% de las emisiones de  $PM_{10}$  son producidas por fuentes de área, principalmente canteras, resuspensión de vías no asfaltadas, incendios y quemas y erosión eólica del suelo. Las fuentes móviles generan el 32% de emisiones de  $PM_{10}$ , en su mayor parte producidas por los buses y vehículos pesados a diésel (20%). Las fuentes fijas generan el 12%; la mayor parte tiene su origen en procesos industriales de producción de agregados, cemento y pinturas (8%) (Guillaume *et al.*, 2008).

En Manabí la información es escasa y de poca accesibilidad referente a estudio gravimétrico y calidad de aire, esto debido a una falta de interés en las autoridades administrativas, solo existen datos de ciertos proyectos que trabajan en conjunto con el Banco Mundial, el cual exige un monitoreo cada mes referente a la calidad de aire.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El estudio se justifica por:

1. La necesidad de recolectar datos de concentración de material particulado del cantón Manta, para obtener conocimiento sobre la relación e incidencia que tiene las condiciones meteorológicas sobre el  $PM_{10}$ .
2. Constituye un aporte de carácter científico y técnico, al problema de contaminación, permitiendo que las autoridades, estudiantes e investigadores, tomen decisiones ante el estado actual de la calidad del aire de Cantón Manta, ya que no se ha recibido ningún tipo de atención de parte de las autoridades de GADM Manta, como consecuencia no se han generados estudios que permitan reducir o minimizar los impactos.
3. Proporcionará información importante que puede ser utilizada como retroalimentación por la comunidad universitaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, para futuras investigaciones.

Por lo cual es de mucha importancia monitorear el MPS ya que es uno de los factores que representa un problema para el ambiente, y su presencia está dada por varias razones, tales como el desarrollo industrial, que incluye entre otras actividades la explotación de materiales áridos y pétreos, sumado a esto la deforestación, entre otras actividades (Villacrés, 2015).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

Determinar la incidencia de las condiciones meteorológicas en las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ) en la ciudad de Manta durante el período de marzo a septiembre de 2018.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar las condiciones meteorológicas dentro del período de muestro.
- Evaluar la relación de las condiciones meteorológicas con las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ).
- Generar información gravimétrica de la ciudad de Manta para futuras investigaciones.
- Determinar la calidad de aire de la ciudad de Manta, según el NECA.

## **5. HIPÓTESIS**

La gravimetría del  $PM_{10}$  se encuentra directamente relacionado con las variables meteorológicas (temperatura, humedad y velocidad del viento).

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Contaminación del Aire

La NECA (Norma de Calidad del Aire Ambiente Ecuatoriana), define a la contaminación como: la presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente (NECA, 2011).

##### 2.1.1. Contaminantes Atmosféricos

La calidad de aire, se debe entender como un juicio cualitativo y cuantitativo relacionado directamente con los ecosistemas naturales y el confort humano. Este concepto no es una simple valoración numérica, tampoco un concepto cualitativo de “limpio”, “sucio” o “contaminado” que causan un impacto en el medio ambiente (Alfaro, 1998).

Los contaminantes del aire se clasifican en primario y secundario:

- Primario: son los que permanecen en la atmosfera, tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluar la calidad del aire se consideran: el óxido de nitrógeno, los hidrocarburos y las partículas.
- Secundarios: son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmosfera. Entre ellos se destacan los oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono.

Según Álvarez (2008) nos menciona que, aunque se desconoce el total de contaminantes en la atmósfera y la forma que éstos tienen de actuar, un buen número de ellos están perfectamente identificados, así como la forma de interferir con el medio y los efectos que producen. La actividad contaminante introduce

ciertos desequilibrios en los ciclos biogeoquímicos (carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo.) lo que puede llegar a provocar reacciones de consecuencias impredecibles para la Biosfera.

Según Bradshaw (2013), existen cinco contaminantes que aportan el 95% del total de emisiones a la atmósfera:

- Monóxido de carbono (CO<sub>2</sub>),
- Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>),
- Hidrocarburos
- Material particulado.

### **2.1.2. Material Particulado**

Material particulado (PM) es un término utilizado para describir pequeños materiales sólidos o líquidos que pueden variar considerablemente de tamaño, geometría, composición química y propiedades físicas.

Las partículas que se encuentran en el aire generalmente se dividen en rangos de tamaño que van desde el material sedimentable (partículas > 30 µg) y partículas suspendidas que generalmente se dividen en PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, que son partículas más pequeñas que 10 y 2,5 micrómetros de diámetro respectivamente (µm = milésima parte de un milímetro) (Díaz, 2015).

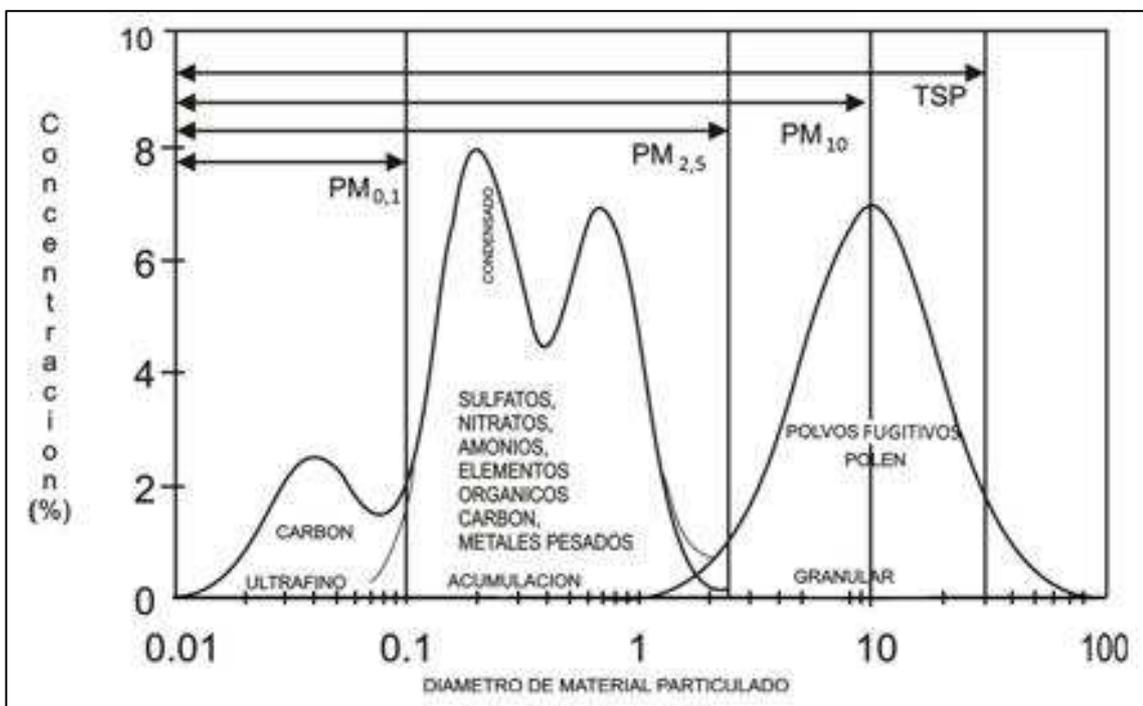
#### **A. Clasificación del Material Particulado**

Las partículas se clasifican en base a su diámetro, en:

- PTS: Partículas totales suspendidas diámetro hasta 100 µm.
- PM<sub>10</sub>: Partículas respirables con diámetro aerodinámico menor de 10 µm
- PM<sub>2,5</sub>: Partículas finas con diámetro aerodinámico menor de 2,5 µm
- PM<sub>1</sub>: Partículas ultra fina con diámetro aerodinámico menor de 1 µm.  
(Gobierno de Aragón, 2017).

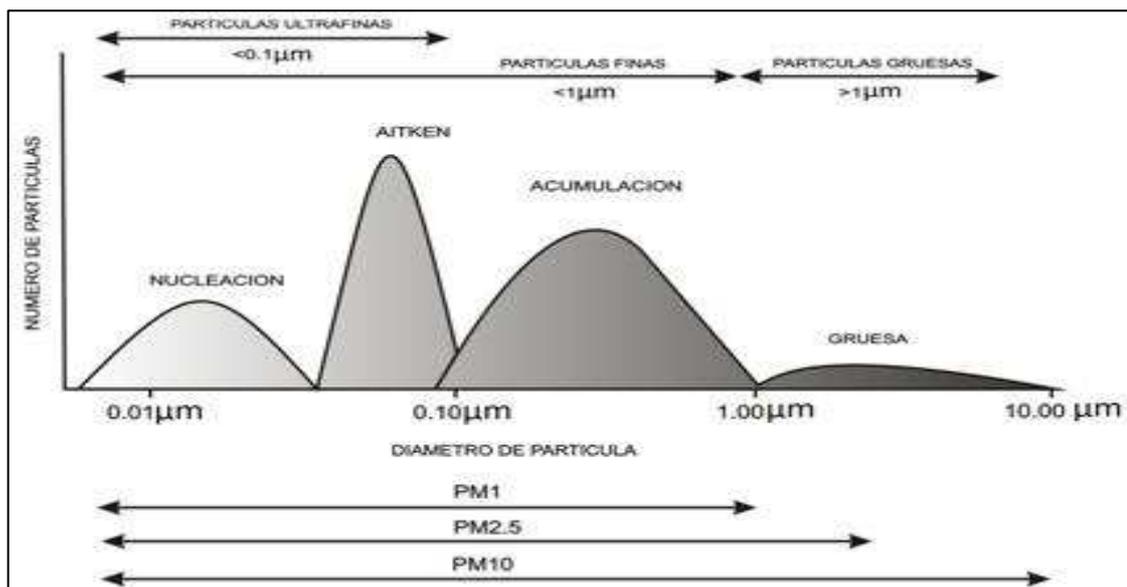
Según Agirre *et al.* (2006) el tamaño de partícula es uno de los principales factores que inciden en la peligrosidad de las partículas atmosféricas en suspensión como contaminante del aire. Las partículas asociadas a cada fuente de emisión tienden a tener una composición química y tamaño determinados (Ver Figura 1).

A su vez nos señala: el modo o moda de partículas finas (< 2,5  $\mu\text{m}$ ) está principalmente formado por partículas secundarias, generadas mediante procesos de nucleación y condensación de sus precursores gaseosos. Entre las fases secundarias más importantes de este rango destacan los sulfatos y nitratos, originados a través de la oxidación de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$ , y los aerosoles orgánicos secundarios, como el PAN (Peroxiacetil nitrato) o los HPA (Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos). Son pocas las fuentes que emiten MPA primario en el rango de las partículas finas. Tales emisiones están asociadas a procesos rápidos de condensación de gases (previamente a la emisión) expulsados a altas temperaturas, o bien a procesos industriales de molienda y pulverización (Ver Figura 2).



**FIGURA 1.** Distribución típica de las partículas en la atmósfera donde se muestran las partículas finas y las gruesas.

**FUENTE:** Tomado de Watson & Chow (2000).



**FIGURA 2.** Distribución del número de partículas en función del diámetro.  
**FUENTE:** Tomado de Viana (2003).

## B. Principales Fuentes Generadoras de Material Particulado

Las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>, se producen principalmente por emisiones directas de estos contaminantes a la atmósfera, ya sea de origen antropogénico o natural (MMA, 2012).

Las principales fuentes emisoras de contaminantes, pueden ser clasificadas, según sus características en fuentes fijas, móviles y fugitivas. Las fuentes fijas consideran las emisiones generadas por la quema de combustibles producto de actividades industriales y residenciales, ya sea para la generación de energía, calor o vapor y otros procesos industriales, como por ejemplo la fundición del cobre. También incluyen las emisiones generadas por la quema de otros combustibles como la biomasa, asociada a la calefacción de viviendas. Las fuentes móviles corresponden a las emisiones provenientes de los gases de escape, desgaste de frenos y neumáticos, de distintos tipos de transporte: automóviles, camiones, buses y motocicletas.

Las fuentes fugitivas, consisten en emisiones que no son canalizadas por ductos, chimeneas u otros sistemas hacia el exterior, tales como emisiones provenientes de calles pavimentadas y sin pavimentar, así como de la construcción,

demolición, entre otras. Las emisiones fugitivas también tienen un origen natural, debido a la suspensión de tierra o erosión de rocas por acción del viento. Sus tasas de emisión dependen fuertemente de parámetros meteorológicos como la velocidad del viento, humedad ambiental y precipitaciones (Maza y Serrano, 2012).

### **C. Efectos que Provocan en la Salud el Material Particulado**

Según la web [murciasalud.es](http://murciasalud.es); "La exposición crónica a las partículas aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón. La mortalidad en ciudades con niveles elevados de contaminación supera la registrada en ciudades más limpias del 15-20%" (Murcia Salud, 2013).

El aire se introduce en la nariz, donde el vello fino filtra la mayor parte de las partículas más grandes que miden alrededor de diez micrómetros de diámetro; el aire se calienta y humedece, y entonces se filtra, a través de la tráquea, hacia el interior de los conductos/bronquiales, los cuales subdividen la corriente de aire al introducirlo en los pulmones, donde hay una multiplicidad de sacos de aire (alveolos pulmonares); en esta sección del pulmón es donde el oxígeno (y los contaminantes del aire) se pueden absorber y transferir a la corriente sanguínea (Strauss y Mainwaring, 2011).

### **2.2. Norma de Calidad del Aire Ambiente Ecuatoriana (NECA)**

La NECA es una norma técnica de aplicación obligatoria en el Ecuador para evaluar el estado de la contaminación atmosférica. Su objetivo principal es preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general, para lo cual ha determinado límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel del suelo, así como los métodos y procedimientos que permitan su determinación y cuantificación en aire ambiente.

En base al criterio anteriormente mencionado, la referencia nacional obligatoria para evaluar el estado de la contaminación atmosférica constituye la Norma de Calidad del Aire Ambiente (NECA), publicada como parte constituyente del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Libro VI De la Calidad Ambiental, Anexo 4), emitida a través del Registro Oficial Suplemento 2 de 31 de marzo de 2003, última modificación 14 de agosto de 2012 (Ver Tabla 1).

**TABLA 1: LMP de Material Particulado**

<b>Contaminante</b>	<b>Tiempo de exposición</b>	<b>Máxima concentración permitida</b>
<b>PM<sub>10</sub></b>	1 AÑO	50ug/m <sup>3</sup>
	24 HORAS	100 ug/m <sup>3</sup>
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	1 AÑO	15 ug/m <sup>3</sup>
	24 HORAS	65 ug/m <sup>3</sup>

**FUENTE:** (MAE, 2012).

### **2.3. Factores Meteorológico**

El tamaño y la cantidad de materia que se recoge en un equipo captador de material sedimentable dependen especialmente de las condiciones meteorológicas en la zona y tiempo de muestreo, tales como la velocidad del viento, humedad y temperatura (Villacrés, 2015).

#### **A. Humedad**

La humedad es una propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, el cual se puede expresar en términos de varias magnitudes. Algunas de ellas se pueden medir directamente y otras se pueden calcular a partir de magnitudes medidas (Rosa *et al*, 2004).

#### **B. Velocidad del Viento**

Es el movimiento del aire sobre la superficie terrestre que tiene una velocidad y dirección determinada, esta se la expresa en unidades de m/s basados en la

escala Beaufort, la misma que asigna al viento velocidades que van de 0 (bajas, en calma) hasta el 12 (Grandes velocidades, ejemplo un huracán) (Rosa *et al*, 2004).

### **C. Temperatura**

Es un parámetro físico descriptivo de un sistema que caracteriza el calor, o transferencia de energía térmica, entre ese sistema y otros. Desde un punto de vista microscópico, es una medida de la energía cinética asociada al movimiento aleatorio de las partículas que componen el sistema. Cuando dos sistemas en contacto están a la misma temperatura, se dice que están en equilibrio térmico y no se producirá transferencia de energía. Cuando existe una diferencia de temperatura, la energía tiende a transferirse del sistema de mayor temperatura al de menor temperatura hasta alcanzar el equilibrio térmico (Opazo, 2009).

# CAPITULO III

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Localización del Área de Estudio

El Cantón Manta está localizado en la provincia de Manabí – Ecuador, ubicada en la saliente más occidental de América del Sur sobre el Océano Pacífico, consta de una superficie total de 306 km<sup>2</sup> con una población de 247.463 hab. Aproximadamente (INEC, 2010); limita al norte con el Océano Pacífico, al sur con el Cantón Montecristi, al este con los cantones Jaramijó y Montecristi y al oeste con el Océano Pacífico.

Geoastronómicamente, se localiza entre las coordenadas: 0°57'0.08" S y 80°42'58.32" O, el Cantón Manta se extiende a ambos lados de la línea equinoccial, de 0°25 minutos de latitud norte hasta 1°57 minutos de latitud sur y de 79°24 minutos de longitud oeste a los 80°55 minutos de longitud oeste (Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta, 2014) (VER MAPA 1).



**MAPA 1.-** Localización del Equipo de Alto Volumen Thermo – Andersen, ubicada en las coordenadas 0°56'54.3" S y 80°43'17.8" O, a 12 msnm, en el GADM del cantón Manta.

## **A. Climatología**

La meteorología del cantón Manta se encuentra influenciada por dos corrientes atmosféricas: la corriente de Humboldt, que viene del sur, es fría y propicia la disminución de temperatura permitiendo crear microclimas en las diferentes zonas de Manabí y la corriente llamada tropical, viene del norte y oeste del Pacífico y produce el fenómeno de “El Niño”, con lluvias y temperaturas altas que aparecen en forma cíclica y se caracteriza por pluviosidades altas. El clima del Cantón Manta es catalogado como clima Sub-desértico tropical; generalmente mantiene una temperatura media de 24°C, en época de invierno y verano la temperatura oscila de 16 a 36°, con precipitaciones promedio de 300,2 mm y una humedad relativa media anual del 77% (Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta, 2014).

### **3.2. Métodos de Medición**

Los equipo, métodos y procedimiento utilizados en la determinación de la concentración de contaminantes, fueron aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estado Unidos de América (Code of Federal Regulations), y cuya descripción es referenciada al Método Gravimétrico, mediante muestreador de alto o de bajo caudal (40 CFR Part 50, Appendix J o Appendix M).

En la presente investigación se realizaron las siguientes actividades:

- Determinación del punto de monitoreo.
- Calibración del equipo.
- Cuantificación de PM<sub>10</sub>.
- Muestreo.
- Obtención de datos meteorológicos.
- Análisis e interpretación de datos.

### 3.3. Materiales

Para la ejecución de las actividades antes descritas se emplean los materiales y equipos que se describen a continuación.

#### A. Materiales para la Recolección del PM<sub>10</sub>

- **Filtros:** Los filtros que se emplearon son de las siguientes características (Ver Tabla 2):

**TABLA 2.** Características del papel filtro para muestreo de PM<sub>10</sub>

<b>CARÁCTERÍSTICAS DEL PAPEL FILTRO</b>				
<b>MATERIAL</b>	<b>CALIDAD DE PUREZA</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>UNIDADES / LOTE</b>	<b>MARCA</b>
Fibra de Quarzo	Alta	20,3 cm x 25,4 cm ( 8" x 10" )	197	Munktell

#### B. Equipo para la determinación de PM<sub>10</sub>

- **Fundamento del funcionamiento del equipo muestreador de alto volumen:** el Método de Referencia Federal (FRM) describe los requerimientos básicos de ejecución para todos los muestreadores PM<sub>10</sub>. Este equipo extrae las partículas cuyo diámetro es menor a 10 µm, mismas que son retenidas sobre un filtro que es pesado antes y después del muestreo para determinar la masa neta ganado de la muestra. La concentración de PM<sub>10</sub> en el ambiente es computarizado como la masa neta dividida para el volumen de aire muestreado. Debido a que el muestreador opera en condiciones actuales o promedios de temporada, la rata de flujo operacional deberá ser corregida a las condiciones de referencia de la US EPA (298 k, 760 mmHg) para reportar. Las concentraciones serán expresadas en microgramos por metro cúbico estándar (µg/std.m<sup>3</sup>).

Al encender el equipo, se recomienda que éste permanezca en funcionamiento al menos unos 5 minutos hasta estabilizar el flujo de aire, al cabo de este tiempo se coloca el portafiltro con el filtro nuevo que ha sido previamente tratado en el laboratorio.

- **Dispositivo:** el equipo consta de una estructura de aluminio, su masa aproximada es de 40 Kg y su altura de 1,62 m. Básicamente consta de dos partes: i) la estructura inferior, que contiene el motor que funciona con una corriente de 110 V, y dispositivos electrónicos de configuración de tiempos de monitoreo; ii) la estructura superior, consiste de un cabezal móvil, por cuyos bordes ingresa el aire succionado por el motor; en su interior se encuentran tubos y boquillas de ventilación, y en la base del cabezal se encuentra un portafiltros extraíble que consiste en una malla sobre la cual se fija el filtro (Ver Tabla 3).

Este equipo fue facilitado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Manta y tendrán las siguientes características.

**TABLA 3.** Características del equipo de Alto Volumen

CARÁCTERÍSTICAS EQUIPO MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN							
Dispositivo	Date	Model No.	Volts	Serial No.	Cycles	AMPS.	MARCA
Motor	06/11 06/18	GBM2360	110	2010	60	8	Thermo Scientific
Digital Time	06/11	G303	110	2000	60	8	Thermo Scientific
Medidor de flujo	06/11	G105	110	2007	60	8	Thermo Scientific
Cabezal	PM <sub>10</sub> Reference Method No. RFPS-1287-063						

- **El portafiltros:** Viene junto con el equipo; el portafiltro con papel filtro nuevo, el cual es colocado en el interior del equipo para iniciar el

muestreo. El portafiltro conteniendo al filtro lleno de material particulado recolectado en 24 h.

### **3.4. Procedimiento**

Para la operación del equipo, se siguieron los siguientes pasos:

- Se conecta el equipo a una toma de corriente de 110 V.
- Se enciende el equipo al menos unos 5 minutos antes de colocar el filtro, a fin de estabilizar los caudales de aire.
- Se configura el cronómetro para que funcione por 24 horas.
- Se instala el disco registrador Dixon, es un círculo de papel que gira permanentemente y sobre el cual se asienta una pluma o marcador. La línea continua indica que el equipo funcionó ininterrumpidamente las 24 h; una línea entrecortada indica los tiempos que el equipo dejó de funcionar durante el monitoreo, que generalmente se da por variaciones de voltaje.
- Luego de transcurridos 5 minutos, se levanta el cabezal para instalar el portafiltro con el filtro nuevo que ha sido previamente tratado en el laboratorio.
- Se cierra el cabezal teniendo la precaución que quede herméticamente cerrado.
- Se inicia el monitoreo de  $PM_{10}$ , presionando el respectivo botón de mando.
- Al cabo de 24 horas, se apaga el equipo, se retira el portafiltro con el filtro lleno de muestra de  $PM_{10}$ , que será trasladado al laboratorio para su respectivo análisis.
- Después de vuelve a realizar el mismo procedimiento.

#### **A. Calibración del equipo**

La empresa Industrias “Solucioning”, realizo la calibración del equipo, provisto por el GADM Manta. Los datos de la calibración se muestran a continuación en la Tabla 4:

**TABLA 4.** Datos estándar para el equipo muestreador de alto volumen - EPA

	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>R</b>
<b>FIJOS</b>	2,01	-0,02902	0,999932
<b>REGRESION</b>	52,6544485	-5,21534537	0,998724682

#### **NOMENCLATURA:**

- M= pendiente de Qest del orificio.
- B= intersección de Qest del orificio.
- R= coeficiente de correlación.

#### **B. Instalación del Equipo**

El muestreador de Alto Volumen es un equipo amigable y capaz de proveer exactitud datos reproducibles cuando se encuentra debidamente calibrado y se lo opera y mantiene cuidadosamente. El procedimiento está incluido en las referencias dadas por la U.S. EPA, en nuestro caso, cumple con los siguientes requerimientos mínimos:

- El equipo se transporta cuidadosamente al sitio de monitoreo.
- Se ubican al menos 20 m de los árboles, edificios u otros obstáculos grandes.
- El cabezal no presenta restricción de flujo de aire.
- El cabezal se asienta sobre losa de concreto. Se recomienda no asentarlo sobre tierra o cascajo.
- El equipo no debe instalarse cerca de chimeneas o ventiladores.
- El muestreador debe atornillarse o anclarse a la plataforma del sitio.
- Se verifica que la toma de corriente sea de 110 V. Se sugiere emplear un supresor de voltaje eléctrico.

#### **C. Tratamiento del Filtro Blanco**

- Se inicia con una inspección del filtro, si se detectan huecos, roturas o irregularidades, deberá desecharse y seleccionar otro filtro.

- Empleando la pinza de punta lisa, se lo introduce en la balanza analítica para obtener su masa inicial (tara).
- Se coloca el filtro nuevo en el portafiltro, se lo traslada hasta la estación de monitoreo para ser instalado en el equipo Muestreador de Alto Volumen.
- Se levanta el cabezal del muestreador soltando las 6 agarraderas del soporte y suavemente doblar el cabezal hacia atrás hasta que el soporte esté asegurado en la segunda posición.
- Se aflojan las cuatro tuercas que sujetan al portafiltros. Debe inspeccionarse la malla del portafiltro por depósitos o material extraño. Si la situación amerita se limpiará y se verificará que los empaques no estén dañados o comprimidos. Debe cambiarse de ser necesario.
- Centrar el portafiltro sobre la malla del muestreador; apretar las cuatro tuercas diagonalmente en esquinas opuestas simultáneamente para asegurar una compresión uniforme.
- Asegurarse que la grabadora de flujo esté conectada al enjaulamiento del motor.
- Se enciende el equipo y se registran los datos respectivos de hora de inicio y contador digital. Al cabo de 24 h se apaga el equipo y se registra el dato de tiempo efectivo de monitoreo.

#### **D. Tratamiento del Filtro con Muestra**

- El filtro que contiene la muestra es retirado conjuntamente con el portafiltro y se lo traslada al laboratorio.
- Es introducido en la balanza analítica para obtener la masa final (denso).
- La diferencia entre la masa final (denso) y la inicial (tara) nos permite obtener la masa neta ganada de la muestra.
- Los filtros con muestras se almacenan en fundas herméticas de aluminio y protegidas de la luz.

### 3.5. Datos y Procesamiento de la Información

Se puede encontrar la totalidad de los datos obtenidos para los siguientes parámetros:

- Punto de muestreo
- Fechas de muestreo
- Número de filtro
- Masa: de filtro vacío, de filtro con muestra, la masa neta
- Contador digital
- Horario de monitoreo
- Tiempo de muestreo
- Flujo estándar “Qest” y velocidad estándar “Vest”

#### A. Muestreo

El presente estudio se realizó durante los meses comprendido entre marzo a septiembre del 2018.

- **Estación de monitoreo:** Se consideraron varias opciones para el muestreo en la zona céntrica de la ciudad; la más conveniente resultó ser la terraza del GADM Manta. Para la instalación del equipo se siguen cuidadosamente las sugerencias presentadas en los puntos anteriores. El equipo se asentó sobre losa de concreto, su altura de 12 m. y respecto a la avenida es de 20 m. Cada monitoreo fue de 24 horas. (VER MAPA 1).

#### B. Información Complementaria

- **Obtención de datos meteorológico.** Los datos meteorológicos son recopilados por el equipo meteorológico automático de la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabi, ubicada a 2.61 Km de distancia al punto de muestreo.

La estación Meteorológica realiza la medición de la temperatura, precipitación, velocidad, presión atmosférica y humedad.

Las estaciones meteorológicas consisten en la detección de resultados representativos en condiciones reales; estos resultados son válidos para estaciones que midan aquellas concentraciones de calidad de aire siempre que se mantengan en su rango de captación (Harry, 2017).

Otros datos son proporcionados por el Inamhi. La estación meteorológica se encuentra en las instalaciones del Puerto Marítimo Manta a 1.17 Km de distancia al punto de muestreo; información el cual corroborara los valores obtenidos en la estación meteorológica Ulearn.

### **3.6. Estadística**

El presente trabajo centra su análisis en buscar una asociación entre las variables meteorológicas (temperatura, humedad y velocidad del viento) y las concentraciones de PM<sub>10</sub>, de tal manera, se describe a continuación la metodología para la obtención de resultados:

#### **A. Modelo Estadístico por Serie de Tiempo**

El objetivo primordial del análisis a través de las series temporales es explicar las variaciones observadas en la serie en el pasado, tratando de determinar si responden a un determinado patrón de comportamiento, de tal manera que, si se consigue definir ese patrón o modelo, se puede intentar predecir el comportamiento futuro de la misma. Para alcanzar este objetivo se utiliza una metodología bastante consolidada, según la cual se admite que la serie temporal es una función del tiempo:  $Y_t = f(t)$ . Bajo este esquema, la serie sería una variable dependiente y el tiempo una independiente o explicativa. Sin embargo, es necesario dejar bien claro que el tiempo, en si, no es una variable explicativa, es simplemente el “soporte” o escenario en el que se realiza o tiene lugar la serie temporal.

El tiempo nos sirve para explicar el comportamiento de la serie. A esta forma de abordar el estudio de una serie temporal se le conoce como enfoque clásico, frente al causal, según el cual, cualquier serie, como variable que es, puede ser explicada por otra u otras series.

De acuerdo a lo anterior es importante resaltar que el desarrollo de esta investigación se basará en el análisis de series temporales, ya que el interés es encontrar los patrones de comportamiento de las variables contempladas en el estudio (precipitación, vientos y temperatura) respecto al  $PM_{10}$ , llegando a aplicar el análisis de la calidad del aire en la ciudad (Sierra, 2006).

## **B. Elección de Serie Temporal**

La forma más sencilla de iniciar el análisis de una serie temporal, es mediante una representación gráfica. Para ello se hará uso de un sistema cartesiano en el que los valores o periodos de tiempo se llevan al eje de abscisas (eje x) y los valores de la serie,  $Y_t$ , se llevan al eje de ordenadas (eje y). El resultado es un diagrama de dispersión, con la particularidad de que el eje de abscisas se reserva siempre a la misma variable: el tiempo.

Mediante este tipo de representación se pueden detectar las características más sobresalientes de una serie, tales como el movimiento a largo plazo, la amplitud de las oscilaciones, la posible existencia de ciclos, los puntos de ruptura, la presencia de valores atípicos o anómalos, etc. Teniendo en cuenta estas características una serie temporal puede presentar cualquiera de estas cuatro componentes: tendencia, variaciones estacionales, variaciones cíclicas y variaciones residuales o accidentales.

Pero esta descomposición de la serie no deja de ser un procedimiento diseñado para que el estudio de la misma resulte más fácil, pues esas componentes no siempre existen.

Mediante una previa documentación sobre calidad del aire y meteorología, y con la preocupación de las concentraciones persistentes de  $PM_{10}$  en la ciudad, se determinó que las variables a contemplar para este análisis en meteorología fueron humedad, temperatura, velocidad del viento y para calidad del aire  $PM_{10}$ .

## C. Recolección de Datos

Para llevar a cabo el estudio, se requirió la recolección de datos que se registró a diario del captador y estación meteorológica.

- **Tabulación**

Se descargaron los datos por cada serie a estudiar (PM<sub>10</sub>, humedad, temperatura y velocidad del viento), por medio de software Statgraphics Centurión, se proceden a organizarlo de forma que puedan ser observados por días, con el fin de tener en cuenta como es su comportamiento a través del tiempo.

**Statgraphics centurion** es una potente herramienta de análisis de datos que combina una amplia gama de procedimientos analíticos con extraordinarios gráficos interactivos para proporcionar un entorno integrado de análisis que puede ser aplicado en cada una de las fases de un proyecto, desde los protocolos de gestión Six Sigma hasta los procesos de control de calidad.

Incluye funciones estadísticas avanzadas, capaces de proporcionar rigurosos análisis propios de los profesionales estadísticos más exigentes y experimentados, y al mismo tiempo ofrece una interface muy intuitiva, con funciones de asistencia exclusivas, de tal forma que proporciona la simplicidad suficiente para permitir a un analista inexperto realizar procedimientos complejos.

En cuestión de datos faltantes el software proporcionara herramienta para completar la serie de datos con un índice de confiabilidad del 95%.

- **Promedio de datos**

Es de suma importancia tener en cuenta el comportamiento a fondo a los datos que se registraron en las estaciones, los datos recogidos a lo largo de los meses de marzo a septiembre del 2018 se promediaran y obtener la media aritmética de estos valores de manera diaria, dado de este modo se podrá acompañar la mayor incidencia del contaminante con momentos meteorológicos. Este

procedimiento se llevará a cabo tanto para los contaminantes como para las variables meteorológicas.

Recalcar que la variable  $PM_{10}$  se expresa en  $\mu g/m^3$  (microgramos sobre metro cubico), las cuales podrán ser comparadas con los niveles máximos permisibles establecidos por el Tulsma.

- **Identificación de concentraciones máximas**

Con los datos organizados y posterior apreciadas en ilustraciones, se procede a la realización de análisis para establecer si se encuentra un comportamiento de concentraciones del  $PM_{10}$  en función de las variables meteorológicas, esta actividad se basa en identificar cuáles son los días en que el contaminante se encuentran en su máximo nivel.

Esta nos permitirá clasificar las concentraciones de  $PM_{10}$  en días Críticos, Moderados y bajo en base a la normativa ambiental vigente. Para esta comparativa se llevó a cabo, mediante el IQCA (índice de calidad de aire de quiteño), el cual califica el aire en 5 categoría que va desde deseables hasta nivel de emergencia; para las categorías (alerta, alarma y emergencia), se adoptan de los valores establecidos por el NECA, correspondiente a los niveles de episodios críticos de contaminación del aire.

## **D. Correlación de la Información**

Las concentraciones de los contaminantes a lo largo del día varían, donde se puede encontrar que el nivel de contaminante es alto o mínimo. Este tipo de variaciones, tanto máximas como mínimas se analizan asociando y correlacionando con datos atmosféricos que se presenta en esos momentos especiales, el análisis que se realiza es de acuerdo a los cambios que tiene el clima y como pueden llegar a influir en los contaminantes para hacer que bajen o suban el nivel de concentración.

El análisis de la información consistió correlacionar las variables a través de la matriz de Pearson (Magda, 2006), graficar la serie de velocidad vientos, humedad, temperatura y  $PM_{10}$  para observar su comportamiento a través del

tiempo, realizar un proceso de diferenciación en la base de datos para mejorar el comportamiento de la serie, correlacionar las variables meteorológicas con PM<sub>10</sub> buscando sus grados de asociación y correlacionar las variables meteorológicas entre sí.

### **E. Cumplimiento Normativo**

Respecto al incremento durante el tiempo del contaminante, se realiza el cálculo de cuantos  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (microgramos sobre metro cubico) aumenta por hora tanto en las horas de la mañana como en las horas de la tarde, también se hace un promedio para la comparación de las concentraciones que se fijan horariamente, diariamente y anualmente para establecer si hay un cumplimiento o incumplimiento en el sector y presentar cual es el nivel de incidencia sobre las personas que se encuentran alrededor con el Índice de Calidad del Aire. Como tercer punto importante se expondrán los días donde el contaminante excedió el límite máximo permisible de concentración.

## **CAPITULO IV**

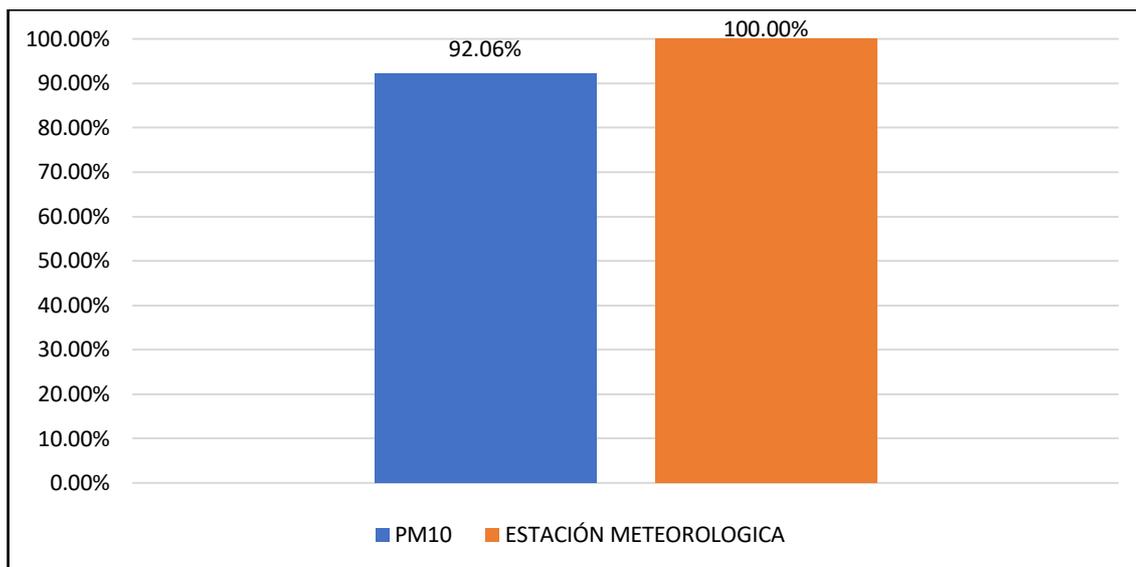
### **4. RESULTADOS**

#### **4.1. Porcentaje de Captura de Datos**

El porcentaje de datos capturados a lo largo de los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre del 2018 en la sede del GAD Manta, se puede apreciar que los valores que  $PM_{10}$  cumple con una representatividad temporal del 92%, según el Manual de operaciones de sistemas de vigilancia de calidad del aire se define como aceptable un 75%. En el caso de los datos que hicieron falta; los momentos de medición se debieron a problemas de funcionamiento de equipo (daño de motor), fallo de energía eléctrica, retraso de los filtros, limpieza, mantenimiento, cambio de carbones, entre otros que generaron problemas en las mediciones (Ver Grafica 1) (Ver Anexo 1).

#### **4.2. Porcentaje de Reportes de Meteorología**

Durante el tiempo de muestro la estación DGA – Uleam del año 2018, el porcentaje de datos válidos para la temperatura, humedad y velocidad del viento fue del 100%, el cual corresponde a un total de datos de 25820 datos durante los 7 meses, con intervalo de tiempo que 5 a 30 minutos (Ver Graficas 1) (Ver Anexo 1).



**Grafica1:** Porcentaje de datos válidos de la captura de concentración de  $PM_{10}$  sede en el GADM Manta y de la Estación DGA – Uleam.

### 4.3. Graficas de la Serie de Tiempo para cada una de las Variables Analizadas

Se graficó cada una de las variables a evaluar, con el fin de ver su comportamiento a través del tiempo; mediante esta gráfica se puede observar si la serie tiene tendencia, variaciones estacionales o cíclicas.

Se puede contemplar que las variables  $PM_{10}$  tienen un comportamiento similar en su serie, su variabilidad y media no son constante, por lo cual se puede inferir que esta variable no es estacionaria, además de no presentar ninguna tendencia, mientras que la humedad si es una variable estacionaria, a su favor mantienen una agrupación estadísticamente significativa. Las variables de velocidad de viento y temperatura presentan una tendencia estadísticamente significativa, presentando un comportamiento similar en sus series (Tabla 5).

**Tabla 5.** Prueba Estadística proporcionada por Statgraphics, gráfica de secuencias para las variables analizadas.

<i>PM<sub>10</sub></i>					
Prueba	Observados	Esperados	Más Largo	P(>=)	P(<=)
Corridas arriba y abajo de la mediana	80	108,0	22	0,999953	0,0000821157
Corridas arriba y abajo	138	142,333	6	0,784346	0,266268
<i>HUMEDAD</i>					
Corridas arriba y abajo de la mediana	74	106,498	14	0,999997	0,00000502574
Corridas arriba y abajo	132	141,0	4	0,939921	0,0821855
<i>TEMPERATURA</i>					
Corridas arriba y abajo de la mediana	36	108,0	48	1,0	0,0
Corridas arriba y abajo	127	142,333	5	0,99503	0,00786482
<i>VELOCIDAD DEL VIENTO</i>					
Corridas arriba y abajo de la mediana	44	108,0	29	1,0	0,0
Corridas arriba y abajo	121	142,333	4	0,999811	0,000346931

Los valores P se usan para determinar si los patrones aparentes son estadísticamente significativos.

Entre las variables PM<sub>10</sub> y Humedad, puesto que el valor P es menor que 0,025 para las corridas arriba y abajo de la mediana, existe una agrupación estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%.

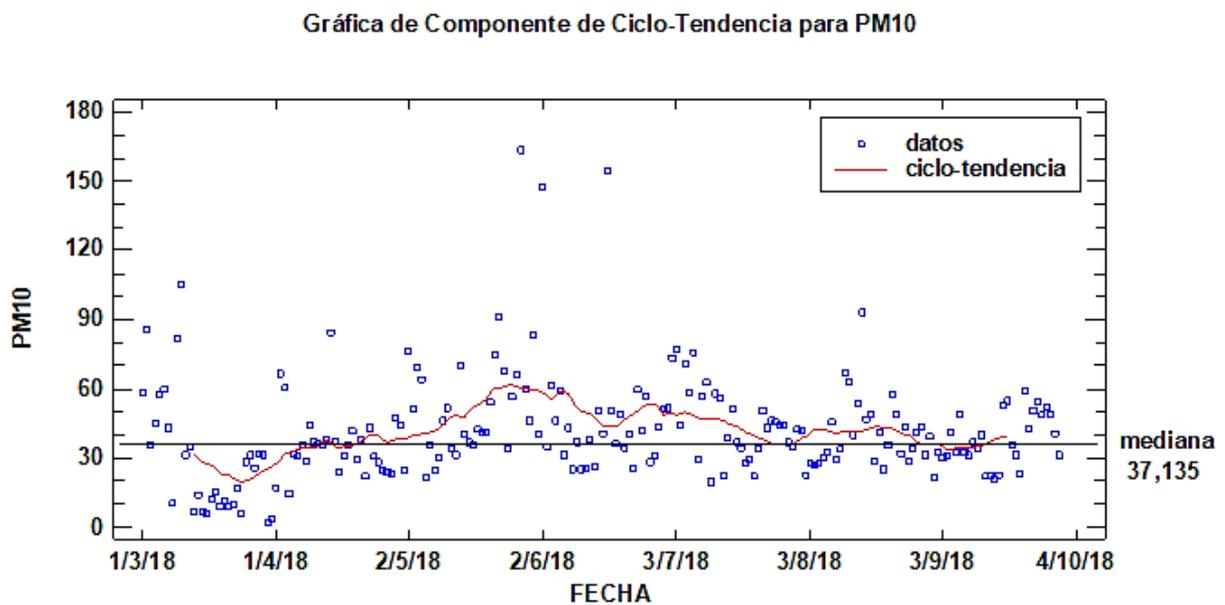
Entre las variables Temperatura y Velocidad de viento, puesto que el valor P es menor que 0,025 para las corridas arriba y abajo de la mediana, existe un agrupamiento estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95%. Puesto que el valor P es menor que 0,025 para las corridas arriba y abajo, existe una tendencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%.

- **Serie de tiempo para PM<sub>10</sub>**

214 valores con rango desde 2,33 a 163,85 µg/m<sup>3</sup>.

**Mediana:** 37,135 µg/m<sup>3</sup>.

En la gráfica 2, se presenta el gráfico de secuencia o serie de tiempo, el cual no representa a una variación estacional, a partir de esto su ciclo de tendencia se puede identificar a un inicio, presenta una línea tendencial en crecimiento y posterior a una línea de tendencia negativa, dentro de este escenario se denotan modos de arranque que no representarían un nuevo ciclo, debido a que cae y su impulso no lleva sobreponer una nueva tendencia, a lo contrario se mantiene en decrecimiento.



**Gráfica 2:** *Componente de Ciclo de tendencia para PM<sub>10</sub>, en el período de Marzo a Septiembre de 2018.*

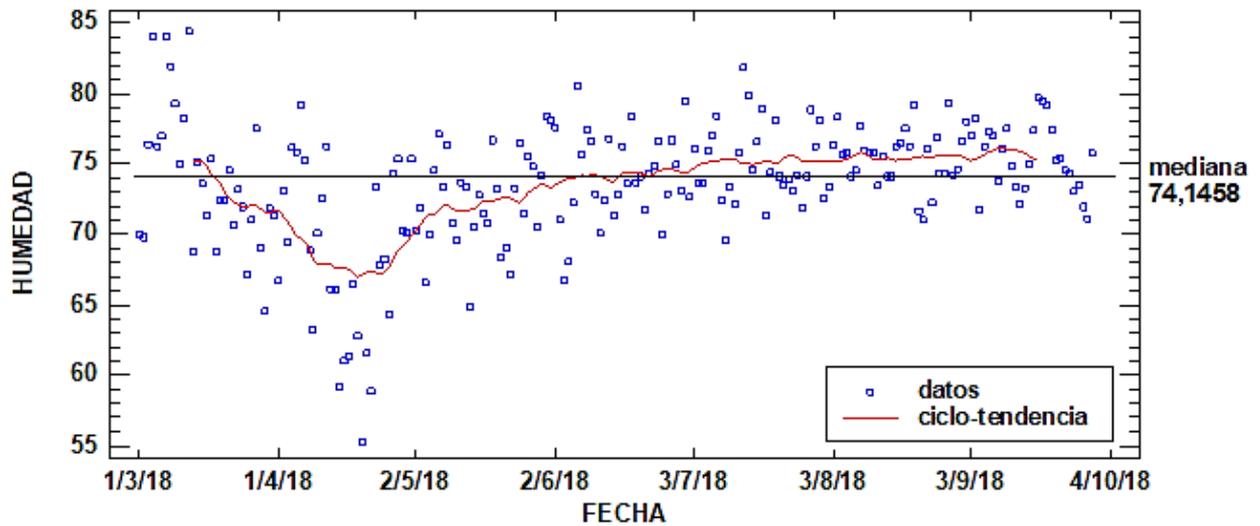
- **Serie de tiempo para HUMEDAD**

214 valores con rango desde 55,23 a 84,44.

**Mediana:** 74,14.

En la gráfica 3, se presenta el gráfico de secuencia o serie de tiempo, el cual no representa a una variación estacional, a partir de estos se puede observar que su ciclo de tendencia se encuentra dividida en dos partes, debido que desde su inicio presenta una línea tendencial negativa, seguido a esto un impulso que representa una nueva línea de tendencia positiva o en crecimiento.

Gráfica de Componente de Ciclo-Tendencia para HUMEDAD



**Gráfica 3:** Componente de Ciclo de tendencia para HUMEDAD, en el período de Marzo a Septiembre de 2018.

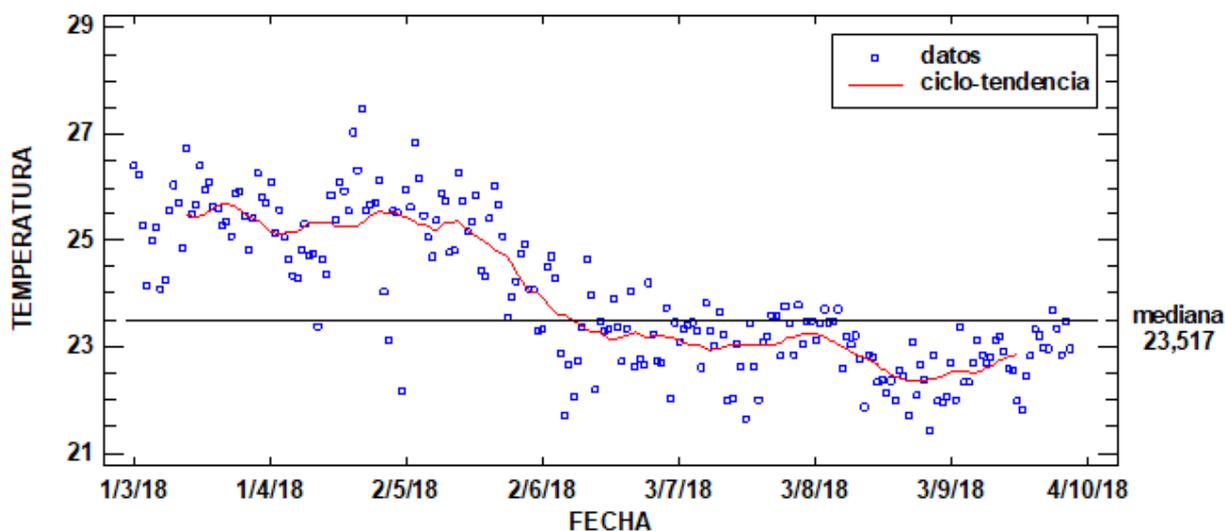
- **Serie de tiempo para TEMPERATURA**

214 valores con rango desde 21,4292 a 27,4688

**Mediana:** 23,517

En la gráfica 4, se presenta el gráfico de secuencia o serie de tiempo, se observa que presenta una tendencia; dentro del ciclo se puede denotar que su tendencia es en decrecimiento, presente varios impulsos, pero a pesar de estos sus arranques no representa un nuevo ciclo, por lo tanto, su línea tendencial se mantiene negativa.

Gráfica de Componente de Ciclo-Tendencia para TEMPERATURA



Gráfica 4: Componente de Ciclo de tendencia para TEMPERATURA, en el período de Marzo a Septiembre de 2018.

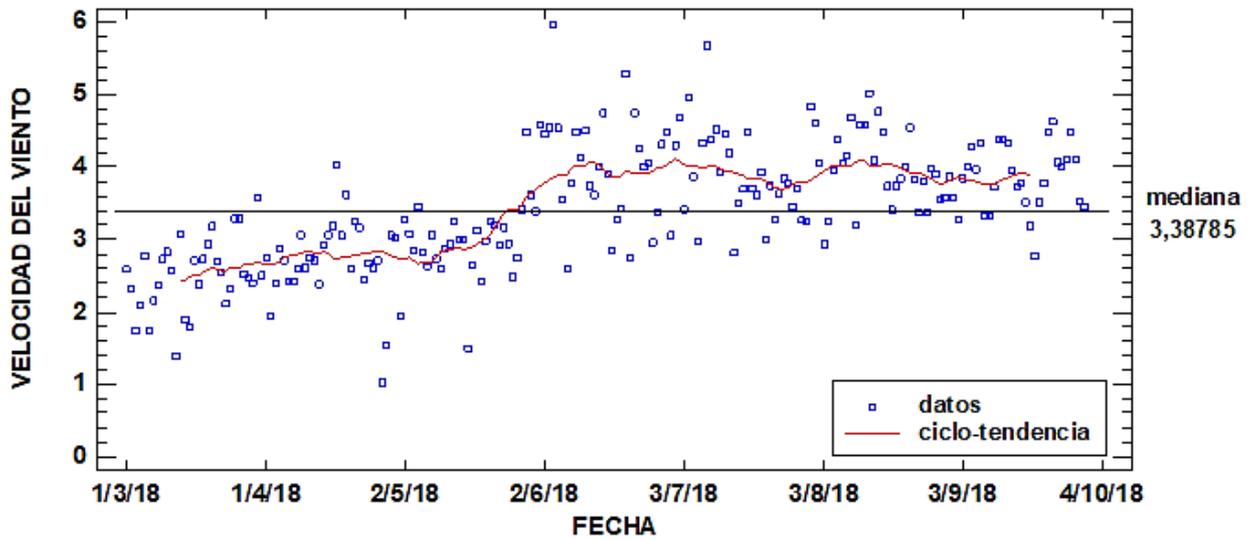
- **Serie de tiempo para VELOCIDAD DEL VIENTO**

214 valores con rango desde 1,0118 a 5,9719

**Mediana:** 3,38785

En la gráfica 5, se presenta el gráfico de secuencia o serie de tiempo, se observa que presenta una tendencia; dentro del ciclo se puede denotar que su tendencia es positiva o en crecimiento.

Gráfica de Componente de Ciclo-Tendencia para VELOCIDAD DEL VIENTO



Gráfica 5: Componente de Ciclo de tendencia para VELOCIDAD DEL VIENTO, en el período de Marzo a Septiembre del 2018.

#### 4.4. Correlación de las Variables

A través del estadístico de Pearson podemos observar la correlación de las variables analizadas, teniendo en cuenta que este estadístico mide correlaciones de carácter lineal (Ver Tabla 6).

Tabla 6: Correlación de Pearson.

	PM <sub>10</sub>	TEMPERATURA	HUMEDAD	VELOCIDAD DEL VIENTO
PM <sub>10</sub>		-0,0169	0,0032	*0,1684
TEMPERATURA	-0,0169		*-0,6297	*-0,5108
HUMEDAD	0,0032	-0,6297		0,0560
VELOCIDAD DEL VIENTO	0,1684	-0,5108	0,0560	

Tabla elaborada por el Programa de Stratgraphics.

**Tabla 7:** *Criterio de Interpretación de correlación de Pearson.*

<b>Según algunos autores las significancias del coeficiente de correlación se interpretan de la siguiente manera:</b>	
0 – 0.25	Se considera la relación escasa o nula.
0.26 – 0.50	Relación débil.
0.51 – 0.75	Relación entre moderada y fuerte.
0.76 – 1.00	Relación entre fuerte y perfecta.

Esta tabla muestra las correlaciones producto de Pearson, entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables (Ver Tabla 7). Se determina las siguientes interferencias:

- **PM<sub>10</sub> vs Velocidad del Viento**

La relación que se observa entre estas dos variables es débil, el cual implica que existe una relación, aunque la variable VELOCIDAD DEL VIENTO es influenciada por otros factores que a su vez inciden en las concentraciones del PM<sub>10</sub>.

- **Temperatura vs Humedad**

De acuerdo con el análisis de Pearson, existe una relación entre estas dos variables, relación que muestras ser la más fuertes de toda la matriz.

- **Temperatura vs Velocidad del Viento**

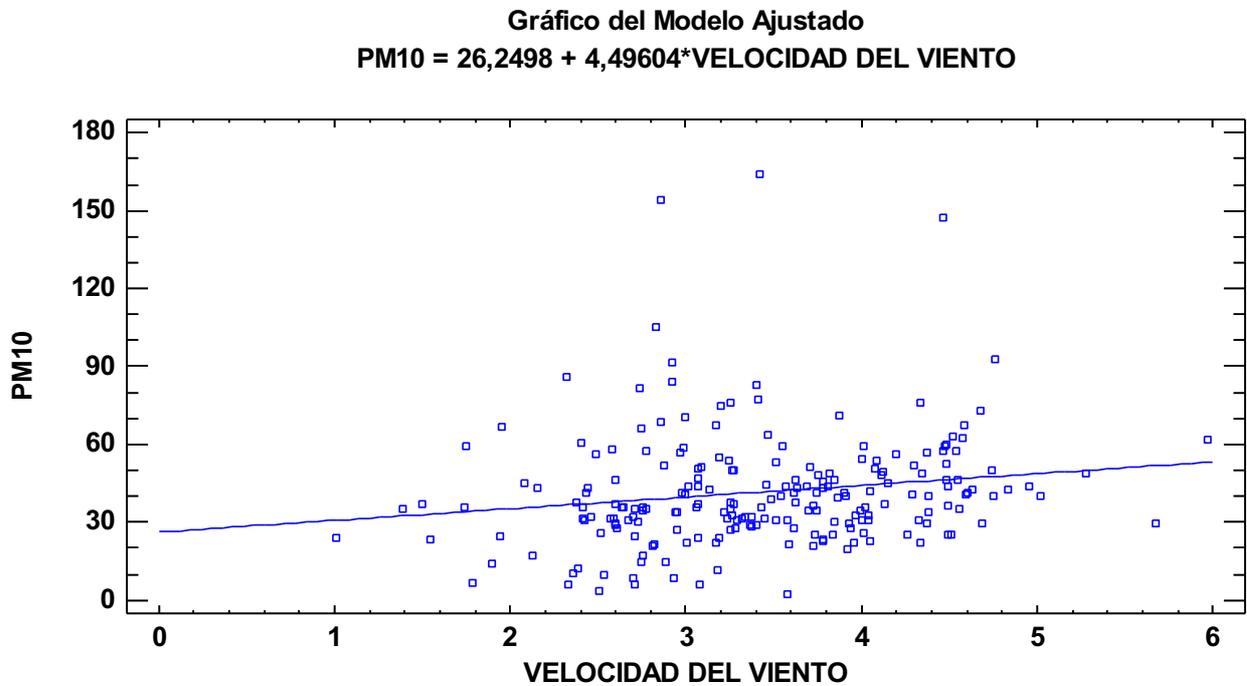
De acuerdo con el análisis de Pearson, existe una relación entre estas dos variables; relación que es considerada entre moderada y fuerte.

## **A. Gráficos estadísticos**

- **PM<sub>10</sub> vs Velocidad del Viento**

Los resultados muestran un modelo lineal para describir la relación entre PM<sub>10</sub> y VELOCIDAD DEL VIENTO (Ver Gráfico 6).

El coeficiente de correlación es igual a 0,16837, indicando una relación relativamente débil entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 22,0339.



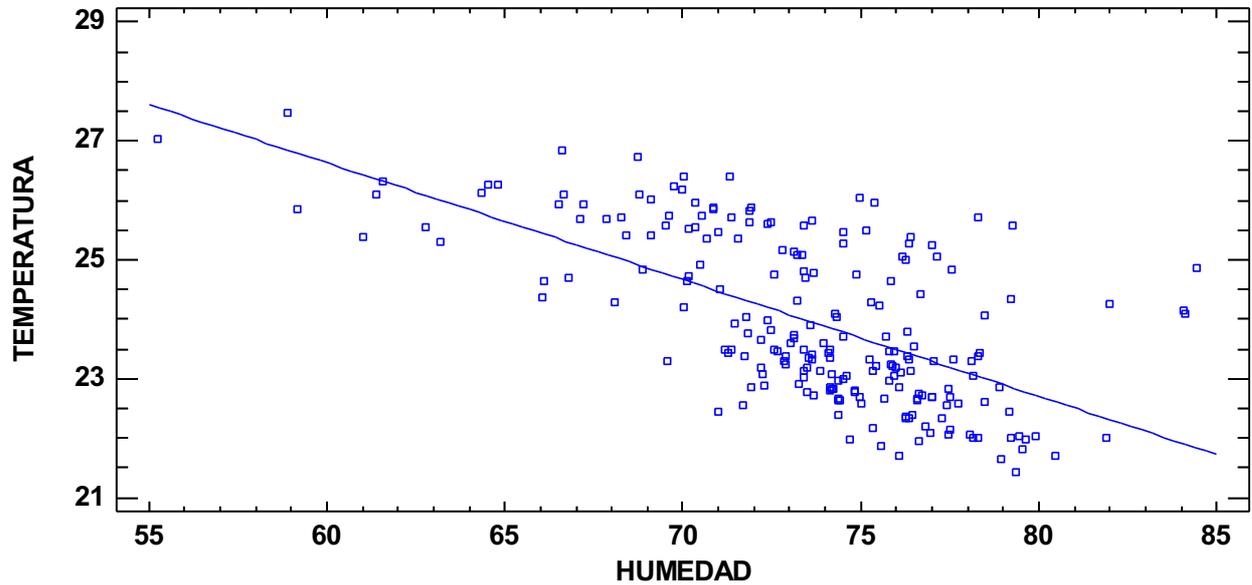
**Gráfica 6:** *Correlación (Regresión Simple) PM<sub>10</sub> vs Velocidad del Viento*

- **Temperatura vs Humedad**

Los resultados muestran un modelo lineal para describir la relación entre TEMPERATURA y HUMEDAD (Ver Gráfico 7).

El coeficiente de correlación es igual a -0,629692, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables; la relación que presenta es negativa, es decir, a medida que aumenta la variable Temperatura, disminuye la variable Humedad. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 1,07772.

Gráfico del Modelo Ajustado  
 $TEMPERATURA = 38,4058 - 0,19629 * HUMEDAD$



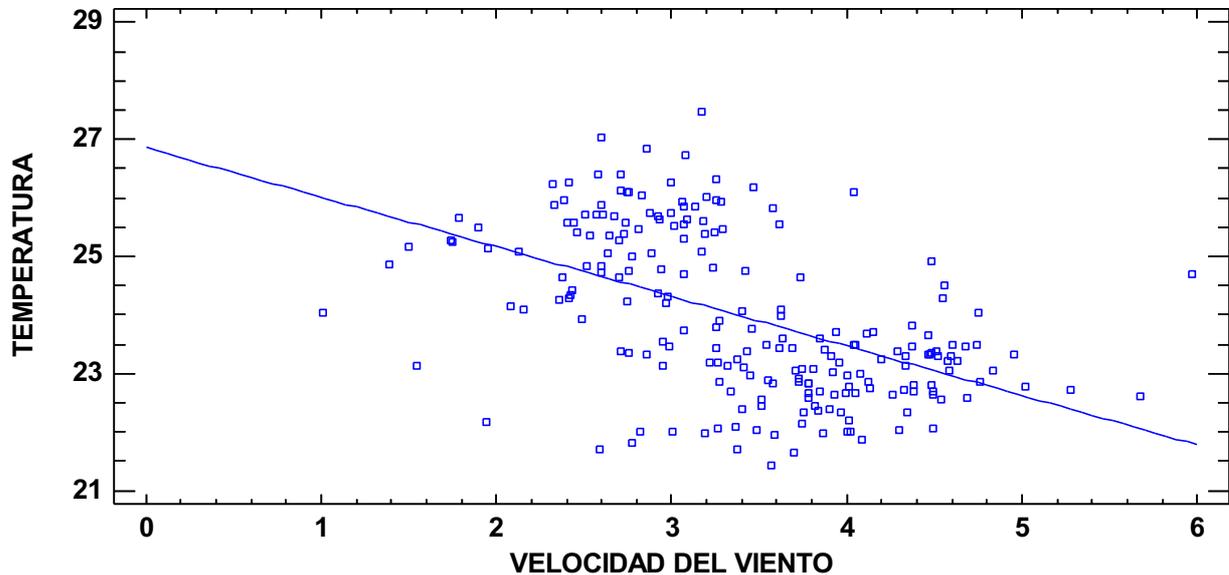
Gráfica 7: Correlación (Regresión Simple) Temperatura vs Humedad

- **Temperatura vs Velocidad del Viento**

Los resultados muestran un modelo lineal para describir la relación entre TEMPERATURA y VELOCIDAD DEL VIENTO (Ver Gráfica 8).

El coeficiente de correlación es igual a  $-0,510801$ , indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables, la relación que presenta es negativa, es decir, a medida que aumenta la variable Temperatura, disminuye la variable Velocidad del Viento. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es  $1,19266$ .

Gráfico del Modelo Ajustado  
 $TEMPERATURA = 26,8565 - 0,84655 * VELOCIDAD DEL VIENTO$



Gráfica 8: Correlación (Regresión Simple) Temperatura vs Velocidad del Viento.

#### 4.5. PM<sub>10</sub> Comparación con la Normativa

**Límite Máximo Permissible Diario:** según el Acuerdo Ministerial 097 Registro Oficial N° 397 del 4 de noviembre de 2015, del Tulsma en el anexo 4 del libro VI, el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cubico ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), para los meses de marzo, mayo y junio se incumplen con la normativa, sobrepasando el Límite Máximo Permissible, el valor más alto registrado en los 7 meses fue de  $163.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  correspondiente del mes de mayo (Ver Tabla 9).

**Límite Máximo Permissible Anual:** según el Acuerdo Ministerial 097 Registro Oficial N° 397 del 4 de noviembre de 2015, del Tulsma en el anexo 4 del libro VI, nos menciona que las concentraciones de PM<sub>10</sub> de todas las muestras de 1 año no deberá exceder de cincuenta metros cúbicos ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), el promedio aritmético para los siete meses es de  $41.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el cual nos indica que no hay incumplimiento con la normativa (Ver Tabla 8).

**TABLA 8:** Límite Máximo Permisible del PM<sub>10</sub> por Año

Mes	LMP µg/m <sup>3</sup>
Marzo	29,82
Abril	36,14
Mayo	53,69
Junio	47,75
Julio	45,73
Agosto	40,68
Septiembre	40,08
<b>PROMEDIO</b>	41,62
<b>LMP de 50 µg/m<sup>3</sup> Año</b>	<b>CUMPLE</b>

**TABLA 9:** Límite Máximo Permisible del PM<sub>10</sub> por Día

Límite Máximo Permisible del PM <sub>10</sub> por Día					
MARZO					
Día	Promedio PM <sub>10</sub> Día	LMP de 100 µg/m <sup>3</sup> en 24 horas	Día	Promedio PM <sub>10</sub> Día	LMP de 100 µg/m <sup>3</sup> en 24 horas
1	58,33	CUMPLE	17	12,13	CUMPLE
2	85,97	CUMPLE	18	15,01	CUMPLE
3	35,72	CUMPLE	19	8,76	CUMPLE
4	45,04	CUMPLE	20	11,52	CUMPLE
5	57,48	CUMPLE	21	8,76	CUMPLE
6	59,62	CUMPLE	22	9,56	CUMPLE
7	42,95	CUMPLE	23	17,22	CUMPLE
8	10,29	CUMPLE	24	6,19	CUMPLE
9	81,68	CUMPLE	25	27,94	CUMPLE
10	105,33	INCUMPLE	26	31,00	CUMPLE
11	31,37	CUMPLE	27	25,61	CUMPLE
12	34,93	CUMPLE	28	31,86	CUMPLE
13	6,31	CUMPLE	29	31,50	CUMPLE
14	14,09	CUMPLE	30	2,33	CUMPLE
15	6,56	CUMPLE	31	3,68	CUMPLE
16	5,76	CUMPLE			
ABRIL					
1	16,91	CUMPLE	16	24,08	CUMPLE
2	66,73	CUMPLE	17	30,88	CUMPLE
3	60,29	CUMPLE	18	35,60	CUMPLE
4	14,58	CUMPLE	19	41,61	CUMPLE

5	31,92	CUMPLE	20	29,66	CUMPLE
6	30,76	CUMPLE	21	37,87	CUMPLE
7	35,54	CUMPLE	22	21,88	CUMPLE
8	28,80	CUMPLE	23	43,26	CUMPLE
9	44,12	CUMPLE	24	30,82	CUMPLE
10	36,83	CUMPLE	25	27,88	CUMPLE
11	36,03	CUMPLE	26	24,75	CUMPLE
12	35,48	CUMPLE	27	23,84	CUMPLE
13	37,81	CUMPLE	28	23,41	CUMPLE
14	84,13	CUMPLE	29	47,18	CUMPLE
15	37,32	CUMPLE	30	44,12	CUMPLE
<b>MAYO</b>					
1	24,51	CUMPLE	17	35,60	CUMPLE
2	76,35	CUMPLE	18	42,46	CUMPLE
3	51,29	CUMPLE	19	41,18	CUMPLE
4	68,81	CUMPLE	20	41,30	CUMPLE
5	63,73	CUMPLE	21	53,92	CUMPLE
6	21,08	CUMPLE	22	74,63	CUMPLE
7	35,72	CUMPLE	23	91,54	CUMPLE
8	24,20	CUMPLE	24	67,52	CUMPLE
9	30,02	CUMPLE	25	33,95	CUMPLE
10	46,32	CUMPLE	26	56,37	CUMPLE
11	51,90	CUMPLE	27	66,12	CUMPLE
12	33,70	CUMPLE	28	163,85	INCUMPLE
13	31,31	CUMPLE	29	59,74	CUMPLE
14	70,34	CUMPLE	30	46,26	CUMPLE
15	40,81	CUMPLE	31	83,03	CUMPLE
16	36,95	CUMPLE			
<b>JUNIO</b>					
1	40,44	CUMPLE	16	40,26	CUMPLE
2	147,49	INCUMPLE	17	154,41	INCUMPLE
3	34,87	CUMPLE	18	50,12	CUMPLE
4	61,64	CUMPLE	19	36,03	CUMPLE
5	46,08	CUMPLE	20	48,53	CUMPLE
6	59,25	CUMPLE	21	34,25	CUMPLE
7	31,56	CUMPLE	22	40,32	CUMPLE
8	43,01	CUMPLE	23	25,49	CUMPLE
9	25,06	CUMPLE	24	59,62	CUMPLE
10	36,83	CUMPLE	25	41,97	CUMPLE
11	25,06	CUMPLE	26	56,68	CUMPLE
12	25,49	CUMPLE	27	28,19	CUMPLE

13	37,93	CUMPLE	28	30,94	CUMPLE
14	26,04	CUMPLE	29	43,93	CUMPLE
15	50,12	CUMPLE	30	50,92	CUMPLE
<b>JULIO</b>					
1	51,96	CUMPLE	17	36,64	CUMPLE
2	73,10	CUMPLE	18	34,25	CUMPLE
3	77,02	CUMPLE	19	27,45	CUMPLE
4	44,12	CUMPLE	20	29,35	CUMPLE
5	70,96	CUMPLE	21	21,94	CUMPLE
6	58,64	CUMPLE	22	34,25	CUMPLE
7	75,86	CUMPLE	23	50,25	CUMPLE
8	29,35	CUMPLE	24	43,14	CUMPLE
9	56,74	CUMPLE	25	46,02	CUMPLE
10	62,99	CUMPLE	26	45,65	CUMPLE
11	19,73	CUMPLE	27	44,30	CUMPLE
12	57,72	CUMPLE	28	44,00	CUMPLE
13	56,07	CUMPLE	29	36,83	CUMPLE
14	21,69	CUMPLE	30	35,17	CUMPLE
15	38,79	CUMPLE	31	42,52	CUMPLE
16	51,16	CUMPLE			
<b>AGOSTO</b>					
1	41,61	CUMPLE	14	53,68	CUMPLE
2	22,67	CUMPLE	15	92,89	CUMPLE
3	27,27	CUMPLE	16	46,45	CUMPLE
4	27,08	CUMPLE	17	48,35	CUMPLE
5	27,57	CUMPLE	18	28,74	CUMPLE
6	29,72	CUMPLE	19	41,30	CUMPLE
7	32,78	CUMPLE	24	31,86	CUMPLE
8	45,28	CUMPLE	25	43,93	CUMPLE
9	29,35	CUMPLE	26	28,68	CUMPLE
10	33,88	CUMPLE	29	43,69	CUMPLE
11	67,34	CUMPLE	30	31,13	CUMPLE
12	62,50	CUMPLE	31	39,34	CUMPLE
13	39,83	CUMPLE			
<b>SEPTIEMBRE</b>					
1	21,26	CUMPLE	22	59,25	CUMPLE
5	40,99	CUMPLE	23	42,34	CUMPLE
6	32,60	CUMPLE	24	50,43	CUMPLE
7	48,53	CUMPLE	25	54,23	CUMPLE
8	32,35	CUMPLE	26	48,41	CUMPLE
9	31,50	CUMPLE	27	52,33	CUMPLE

10	36,64	CUMPLE	28	49,14	CUMPLE
19	35,42	CUMPLE	29	40,32	CUMPLE
20	31,13	CUMPLE	30	31,31	CUMPLE
21	23,35	CUMPLE			

#### 4.6. Incide de Calidad de Aire

Dentro del estudio se manifiesta la clasificación del material particulado según las consideraciones del IQCA (Ver Figura 3).

Rango	Categoría	CO <sup>a</sup>	O <sub>3</sub> <sup>b</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>c</sup>	SO <sub>2</sub> <sup>d</sup>	PM <sub>2.5</sub> <sup>e</sup>	PM <sub>10</sub> <sup>f</sup>
0–50	Nivel deseable u óptimo	0–5000	0–50	0–100	0–62.5	0–25	0–50
51–100	Nivel aceptable o bueno	5001–10000	51–100	101–200	63.5–125	26–50	51–100
101–200	Nivel de precaución	10001–15000	101–200	201–1000	126–200	51–150	101–250
201–300	Nivel de alerta	15001–30000	201–400	1001–2000	201–1000	151–250	251–400
301–400	Nivel de alarma	30001–40000	401–600	2001–3000	1001–1800	251–350	401–500
401–500	Nivel de emergencia	>40000	>600	>3000	>1800	>350	>500

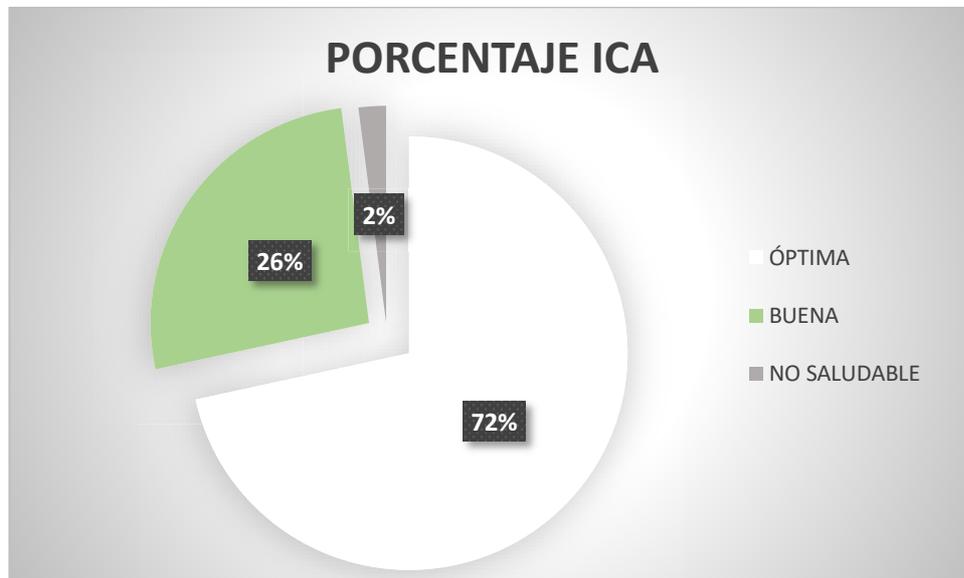
**Figura 3:** Límite numéricos de cada categoría del IQCA (ug/m3).

**Fuente:** Secretaría de Ambiente.

Los indicadores de la calidad de aire es una herramienta cuyo propósito es categorizar el estado que se encuentra el aire respecto a la contaminación que hay en el área estudiada; es de su importancia ya que indica el riesgo de salud de la población afectada a estas concentraciones.

Los resultados de PM<sub>10</sub> comparados con el IQCA, no señala que, de los 197 datos recogidos en el periodo de marzo a septiembre, el 72% representa a un nivel óptico, siendo este un indicador a la mejor condición presente en el aire ambiente y el 26% que representa un nivel aceptable, el cual indica cumplimiento en concordancia con el NECA. El 2% el cual representa los valores más altos dentro de los meses de muestreo, indica que no es saludable para los individuos

que son extremadamente sensibles a estas concentraciones, esto llega a significar un nivel de alerta para la población expuesta, es decir, nos indica la ocurrencia de episodios críticos de contaminación (Ver Gráfica 18) (Ver Tabla 10).



**Gráfica 18:** Porcentaje ICA en consideración con el IQCA

**TABLA 10:** Categorización de los resultados del PM<sub>10</sub> de acuerdo con el IQCA

MARZO					
Día	Promedio PM10 Día	Categorización ICA	Día	Promedio PM10 Día	Categorización ICA
1	58,33	BUENA	17	12,13	ÓPTIMA
2	85,97	BUENA	18	15,01	ÓPTIMA
3	35,72	ÓPTIMA	19	8,76	ÓPTIMA
4	45,04	ÓPTIMA	20	11,52	ÓPTIMA
5	57,48	BUENA	21	8,76	ÓPTIMA
6	59,62	BUENA	22	9,56	ÓPTIMA
7	42,95	ÓPTIMA	23	17,22	ÓPTIMA
8	10,29	ÓPTIMA	24	6,19	ÓPTIMA
9	81,68	BUENA	25	27,94	ÓPTIMA
10	105,33	NO SALUDABLE	26	31,00	ÓPTIMA
11	31,37	ÓPTIMA	27	25,61	ÓPTIMA
12	34,93	ÓPTIMA	28	31,86	ÓPTIMA
13	6,31	ÓPTIMA	29	31,50	ÓPTIMA
14	14,09	ÓPTIMA	30	2,33	ÓPTIMA
15	6,56	ÓPTIMA	31	3,68	ÓPTIMA

16	5,76	ÓPTIMA			
<b>ABRIL</b>					
1	16,91	ÓPTIMA	16	24,08	ÓPTIMA
2	66,73	BUENA	17	30,88	ÓPTIMA
3	60,29	BUENA	18	35,60	ÓPTIMA
4	14,58	ÓPTIMA	19	41,61	ÓPTIMA
5	31,92	ÓPTIMA	20	29,66	ÓPTIMA
6	30,76	ÓPTIMA	21	37,87	ÓPTIMA
7	35,54	ÓPTIMA	22	21,88	ÓPTIMA
8	28,80	ÓPTIMA	23	43,26	ÓPTIMA
9	44,12	ÓPTIMA	24	30,82	ÓPTIMA
10	36,83	ÓPTIMA	25	27,88	ÓPTIMA
11	36,03	ÓPTIMA	26	24,75	ÓPTIMA
12	35,48	ÓPTIMA	27	23,84	ÓPTIMA
13	37,81	ÓPTIMA	28	23,41	ÓPTIMA
14	84,13	BUENA	29	47,18	ÓPTIMA
15	37,32	ÓPTIMA	30	44,12	ÓPTIMA
<b>MAYO</b>					
1	24,51	ÓPTIMA	17	35,60	ÓPTIMA
2	76,35	BUENA	18	42,46	ÓPTIMA
3	51,29	BUENA	19	41,18	ÓPTIMA
4	68,81	BUENA	20	41,30	ÓPTIMA
5	63,73	BUENA	21	53,92	BUENA
6	21,08	ÓPTIMA	22	74,63	BUENA
7	35,72	ÓPTIMA	23	91,54	BUENA
8	24,20	ÓPTIMA	24	67,52	BUENA
9	30,02	ÓPTIMA	25	33,95	ÓPTIMA
10	46,32	BUENA	26	56,37	BUENA
11	51,90	BUENA	27	66,12	BUENA
12	33,70	ÓPTIMA	28	163,85	NO SALUDABLE
13	31,31	ÓPTIMA	29	59,74	BUENA
14	70,34	BUENA	30	46,26	ÓPTIMA
15	40,81	ÓPTIMA	31	83,03	BUENA
16	36,95	ÓPTIMA			
<b>JUNIO</b>					
1	40,44	BUENA	16	40,26	BUENA
2	147,49	NO SALUDABLE	17	154,41	NO SALUDABLE
3	34,87	ÓPTIMA	18	50,12	BUENA
4	61,64	BUENA	19	36,03	ÓPTIMA
5	46,08	ÓPTIMA	20	48,53	ÓPTIMA
6	59,25	BUENA	21	34,25	ÓPTIMA

7	31,56	ÓPTIMA	22	40,32	ÓPTIMA
8	43,01	ÓPTIMA	23	25,49	ÓPTIMA
9	25,06	ÓPTIMA	24	59,62	BUENA
10	36,83	ÓPTIMA	25	41,97	ÓPTIMA
11	25,06	ÓPTIMA	26	56,68	BUENA
12	25,49	ÓPTIMA	27	28,19	ÓPTIMA
13	37,93	ÓPTIMA	28	30,94	ÓPTIMA
14	26,04	ÓPTIMA	29	43,93	ÓPTIMA
15	50,12	BUENA	30	50,92	BUENA
<b>JULIO</b>					
1	51,96	BUENA	17	36,64	ÓPTIMA
2	73,10	BUENA	18	34,25	ÓPTIMA
3	77,02	BUENA	19	27,45	ÓPTIMA
4	44,12	ÓPTIMA	20	29,35	ÓPTIMA
5	70,96	BUENA	21	21,94	ÓPTIMA
6	58,64	BUENA	22	34,25	ÓPTIMA
7	75,86	BUENA	23	50,25	BUENA
8	29,35	ÓPTIMA	24	43,14	ÓPTIMA
9	56,74	BUENA	25	46,02	ÓPTIMA
10	62,99	BUENA	26	45,65	ÓPTIMA
11	19,73	ÓPTIMA	27	44,30	ÓPTIMA
12	57,72	BUENA	28	44,00	ÓPTIMA
13	56,07	BUENA	29	36,83	ÓPTIMA
14	21,69	ÓPTIMA	30	35,17	ÓPTIMA
15	38,79	ÓPTIMA	31	42,52	ÓPTIMA
16	51,16	BUENA			
<b>AGOSTO</b>					
1	41,61	ÓPTIMA	14	53,68	BUENA
2	22,67	ÓPTIMA	15	92,89	BUENA
3	27,27	ÓPTIMA	16	46,45	ÓPTIMA
4	27,08	ÓPTIMA	17	48,35	ÓPTIMA
5	27,57	ÓPTIMA	18	28,74	ÓPTIMA
6	29,72	ÓPTIMA	19	41,30	ÓPTIMA
7	32,78	ÓPTIMA	24	31,86	ÓPTIMA
8	45,28	ÓPTIMA	25	43,93	ÓPTIMA
9	29,35	ÓPTIMA	26	28,68	ÓPTIMA
10	33,88	ÓPTIMA	29	43,69	ÓPTIMA
11	67,34	BUENA	30	31,13	ÓPTIMA
12	62,50	BUENA	31	39,34	ÓPTIMA
13	39,83	ÓPTIMA			
<b>SEPTIEMBRE</b>					

1	21,26	ÓPTIMA	22	59,25	BUENA
5	40,99	ÓPTIMA	23	42,34	ÓPTIMA
6	32,60	ÓPTIMA	24	50,43	BUENA
7	48,53	ÓPTIMA	25	54,23	BUENA
8	32,35	ÓPTIMA	26	48,41	ÓPTIMA
9	31,50	ÓPTIMA	27	52,33	BUENA
10	36,64	ÓPTIMA	28	49,14	ÓPTIMA
19	35,42	ÓPTIMA	29	40,32	ÓPTIMA
20	31,13	ÓPTIMA	30	31,31	ÓPTIMA
21	23,35	ÓPTIMA			

## CAPITULO V

### 5. DICUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El análisis estadístico muestra las relaciones que puedan existir entre las variables o condiciones meteorológicas y  $PM_{10}$  en el periodo de muestro de marzo a septiembre del 2018; a partir de esto se realizaron correlaciones con el estadístico de Pearson en cuestión con la meteorología.

Según Moral (2003) no menciona la gran importancia que tienen los diversos estudios que se han centrado en el comportamiento del material particulado en días de máxima concentración y su relación con las condiciones meteorológica, sin embargo, prácticamente hay nulos esfuerzos para estudiar o analizar estos comportamientos.

Los análisis de correlación de Pearson muestran que la única relación identificable está presente entre las variables  $PM_{10}$  y Velocidad del viento; presenta un comportamiento con tendencia positiva, es decir, que a medida que aumenta la variable  $PM_{10}$ , también lo hará la variable velocidad del viento; esto es corroborado con diferentes estudios tal como lo menciona Sierra (2006), donde estadísticamente el  $PM_{10}$  y la Velocidad de Viento, presentaban una relación considerable, sin embargo este factor meteorológico debe presentar un análisis más detallado, a partir de esto se cree la asociación no es tan fuerte como lo pensaba.

El análisis estadístico estableció relaciones muy débiles entre las variables meteorológicas y el  $PM_{10}$ , a diferencia de otros estudios las cuales demuestran una clara relación, según Romero et al. (2008) indica una relación directa entre la temperatura del aire y la concentración de contaminantes; mientras tanto Opazo (2009) nos enseña dentro de su estudio y mediante la utilización del índice de correlación de Pearson la existencia de una asociación directa entre las mayores temperaturas y la mayores concentraciones de material particulado.

Según Opazo (2011) dentro de sus estudios manifiesta que las correlaciones entre  $PM_{10}$  y temperatura en cuestión a los días de concentración, mantiene un

patrón de distribución y se mantiene constante durante el periodo en que sus niveles son altos y se relaciona directamente con las temperaturas atmosféricas, sin embargo, al analizar casos en que los niveles de  $PM_{10}$  son bajos es posible apreciar que su distribución cambia completamente, presentándose incluso relaciones inversas entre  $PM_{10}$  y temperatura.

Dentro de los resultados es necesario mantener la teoría de la estabilidad atmosférica, donde tanto la temperatura como la humedad inciden en los días de máxima contaminación, para ello es necesario presentar un relación acorde a los días de concentración, aunque este no conlleva un análisis estadístico, si es de suma importancia ver estas relaciones y enfocarse en el cambio; así como el estudios presentado por González y Torres (2015), donde sus resultados demostraron que tanto la temperatura como la humedad alteran el comportamiento de las concentraciones, siendo estas que suban y bajen o la predominancia de la estabilidad, respondiendo la correcta interpretación de los días críticos de fluctuaciones de contaminante de  $NO_2$  y  $PM_{10}$ .

Con respecto con la normativa ambiental vigente, se obtuvo como resultado; 1) según la aritmética media anual, se encuentra dentro de los LMP con un valor promedio de  $41.62 \text{ ug}/m_3$ ; 2) la media aritmética de las 24 horas de exposición, se obtuvo 4 valores que superaban los  $100 \text{ ug}/m_3$ , estos valores corresponden a  $105,33 \text{ ug}/m_3$  en el mes de marzo,  $163,85 \text{ ug}/m_3$  en el mes de mayo y con el valor más alto registrado a través de los siete meses de muestreo y  $147,49$  y  $154,41 \text{ ug}/m_3$  correspondiente al mes de junio; la normativa actual no presenta una cantidad máxima de superación de LMP en 24 horas; según normas internacionales (EPA) los valores diarios que superan los  $150 \text{ ug}/m_3$ , son considerados días críticos y este valor no debe exceder dos vez en el año, en caso contrario se incumple con la normativa.

## 6. CONCLUSIONES

A manera de colofón se expresa lo siguiente

- A través de este estudio se permitió determinar que existe incidencia poco significativa de las condiciones meteorológicas en las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ) en la ciudad de Manta durante el período de marzo a septiembre de 2018.
- Las condiciones meteorológicas del cantón Manta dentro del periodo de muestreo fueron: Temperatura máxima registrada 33,1 °C, mínima 19,13 °C, con un promedio dentro del periodo de muestreo de 24,13 °C. Humedad máxima registrada de 99%, mínima 34%, con promedio dentro del periodo de muestreo de 74,48%. Velocidad de viento máxima registrada 11,2 m/s mínima de 0 m/s con un promedio de 3,27 m/s.g
- Se generó información gravimétrica diaria (24h) desde el 1 de marzo del 2018 hasta el 30 de septiembre de la ciudad de Manta, esta información podrá ser utilizada para futuras investigaciones y comparaciones temporales.
- De acuerdo a lo establecido en la normativa ecuatoriana vigente y los datos obtenidos en este estudio, determinamos que la calidad del aire en el cantón Manta es satisfactoria y existe poco o ningún riesgo para la salud, esto debido a que la media del  $PM_{10}$  del estudio es 41,62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y se encuentra dentro del límite máximo permisible  $PM_{10}$  (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  año) estableciéndose en la categoría (OPTIMO).

## 7. RECOMENDACIONES

Es recomendable, que el equipo se instale en un punto que sea representativo para la población y que conste de un flujo de energía constante, es importante recordar que este tipo de muestro activo funcionan mediante una bomba de vacío, por lo tanto, es necesario que presente certificado de calibración, con el fin de proporcionar un equipo eficiente para los periodos de tiempo, los cuales suelen ser extensos.

Tener un adecuado manejo de los filtros antes y después de su utilización, siendo este muy delicado y propenso a rupturas el cual provocaría la eliminación y perdida de un dato de muestro, es indispensable el uso de guantes, de tal modo que se impide la contaminación de los filtros por un agente externo; recordemos que los filtros nos proporcionar una valiosa información que incluye tanto la gravimetría como la química que presenta.

El mantenimiento y programación del equipo de muestreo, se debe hacer en concordancia con las indicaciones del técnico, cualquier error presente ya sea en su programación o alguna falla de energía, motor y carbones, actuar de manera inmediata, ya que se perdería horas valiosa para el muestreo.

Es recomendable, tener la disponibilidad de obtener cada material que puede utilizarse dentro del periodo de muestreo tales como: filtros, carbones y motor, ya que cualquier retraso de estos materiales resultaran ser la perdida de datos.

## BIBLIOGRAFIA

- Agirre, I; Ainhoa; Sánchez, L; Eugenia, M; Martínez, M; Marina; Ortega, C; Ángel, L; Ibarguchi, G; Ignacio, J. 2006. *Estudio de los niveles de pm10 y pm2.5 en un área urbana con influencia industrial siderometalúrgica (Basauri, Vizcaya)*. Basauri, Vizcaya. Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjAsp\\_7qoreAhXCT98KHZzYClwQFjABegQICBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.euskadi.eus%2Fcontenidos%2Fdocumentacion%2Fparticulas\\_beasain%2Fes\\_doc%2Fadjuntos%2Fdocumento.pdf&usg=AOvVaw0aQ7I9xw6BwryLn7oXTp5c](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjAsp_7qoreAhXCT98KHZzYClwQFjABegQICBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.euskadi.eus%2Fcontenidos%2Fdocumentacion%2Fparticulas_beasain%2Fes_doc%2Fadjuntos%2Fdocumento.pdf&usg=AOvVaw0aQ7I9xw6BwryLn7oXTp5c)
- Alfaro, M. 1998. *Contaminación del aire: emisiones vehiculares, situación actual y alternativas*. Editorial Asociación de editoriales universitarias de América Latina y el Caribe. San José, Costa Rica.
- Álvarez. 2008. *Educación Ambiental*. Editorial Pax. México.
- Bradshaw, A. 2013. *Evolución y contaminación*. Omega. Barcelona, España.
- Cevallos, J. 2018. *Concentración de material particulado sedimentable para determinar el grado de contaminación de aire en la ciudad de Ambato*. Riobamba, Ecuador.
- Código de Regulaciones Federales. Apéndice J de la Parte 50, 1997. *Método de referencia para la determinación de material particulado como PM10 en la atmósfera (en línea)*. Revista Instituto de Información Legal 83(111). New York, Disponible en [https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-J\\_to\\_part\\_50](https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-J_to_part_50)
- Díaz, M. 2016. *Métodos gravimétricos (en línea, sitio web)*. Consultado 11 Mayo de 2016. Disponible en: <http://metodosgravimetricosmd.blogspot.com/>
- Díaz, V. 2015. Informe de la calidad del aire en Quito (en línea, sitio web). Quito, Ecuador. Disponible en: [www.quitoambiente.gob.ec](http://www.quitoambiente.gob.ec)

- Gobierno de Aragón. 2017. *La calidad de Aire de Aragón*. Disponible en: [http://www.aragonaire.es/particulatematter.php?n\\_action=distribution](http://www.aragonaire.es/particulatematter.php?n_action=distribution)
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta. 2014. *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial con especial énfasis en la gestión de riesgo Manta – 2019*. Manta, Ecuador. Disponible en: [www.manta.gob.ec/index.php/publico/pdot-2014-2019?download=3596:PDYOT%20GAD%20MANTA%20E](http://www.manta.gob.ec/index.php/publico/pdot-2014-2019?download=3596:PDYOT%20GAD%20MANTA%20E)
- Gobierno de Chile. 2016. *Calidad de aire estaciones de monitoreo*. Chile.
- González, M; Torrez, C. 2015. *Incidencia de las variables meteorológicas en el comportamiento de la concentración de PM<sub>10</sub> y NOx*. Universidad distrital francisco José de Caldas, Bogotá.
- Guillaume, F; Quiñonez, I; Cisneros, P. 2008. *Informe sobre el estado del medio ambiente*. Guayaquil, Ecuador. 192p.
- HARRIS, D. (2007). *Análisis químico cuantitativo*. Reverté. Madrid, España.
- INEC. 2010. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Quito, Ecuador.
- Janhke, J, (1993). *Monitoreo continuo de emisiones*. Van Nostrand Reinhold, Ontario, Canada.
- Magda, S. 2006. *Establecer la asociación existente entre las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de PM<sub>10</sub> registradas en la red de calidad del aire de Bogota D.C*. Bogotá, Colombia.
- Maza, C; Serrano, M. 2012. *Informe del Estado del Medio Ambiente*. Santiago de Chile.
- Meruane, C; Garreaud, R. 2005. *Instrumentos Meteorológicos y Humedad Atmosférica - Módulo 1*. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento de Geofísica.

- Moral. F. 2003. La representación gráfica de las variables regionalizadas geoestadísticas lineal. Servicios de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Murcia Salud. 2010. *Contaminación del Aire Ambiente*. Disponible en: <http://www.murciasalud.es/pagina.php?id=244308&idsec=1573>
- MMA. 2011. *Contaminación del Aire Chile*. Disponible en: [https://www.u-cursos.cl/ciencias/2012/2/QA\\_812/1/material\\_docente/previsualizar?id\\_material=626798](https://www.u-cursos.cl/ciencias/2012/2/QA_812/1/material_docente/previsualizar?id_material=626798)
- NECA. 2011. *Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire*. Disponible en: [http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)
- ONU. Organización de las Naciones Unidas. Geoecuador 2008. Guayaquil, Ecuador. Disponible en: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador%20pdf/04.%20Capitulo%20%20Estado%20del%20aire.pdf>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. *Calidad de aire y salud (en línea)*. OMS. Disponible en [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf;jsessionid=2F6D481D3B63B74223F273DFABA6C6CF?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=2F6D481D3B63B74223F273DFABA6C6CF?sequence=1)
- Opazo, D. 2011. *Distribución espacial de la contaminación por material particulado y su relación con las temperaturas del aire y los vientos en Santiago para el año 2009*. Santiago, Chile.
- OPS. 2005. Organización panamericana de la salud: Libro evaluación de los efectos de contaminantes del aire en la salud de América latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsea/fulltext/contaminacion/contaminacion.pdf>.

OPS. 2003. Organización Panamericana de la Salud. 2003. Diagnostico preliminar gestión de la calidad del aire Ecuador. Quito, Ecuador. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsci/fulltext/ecuador/ecuador.pdf>

Organización Panamericana de la Salud. 2003. Diagnostico preliminar gestión de la calidad del aire Ecuador. Quito, Ecuador. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsci/fulltext/ecuador/ecuador.pdf>

Quijano, A. 2009. Promedios geométricos de material particulado fracción respirable (pm 10) y detección de metales en el aire de Bucaramanga - (Colombia) (*en línea*). Revista Bistua 2(2): 21-28. Universidad de Pamplona, Chile.

Ramos, H; Bautista, M; Valdez, M. 2010. *Estudio estadístico de la correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en la zona norte de Chiapas, México (en línea)*. Revista Universidad y ciencia 26(1): 65-80. Tabasco, México.

Romero, M; Diego, F; Álvarez, M. 2006. *La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud (en línea)*. Revista Cubana de Higiene, Epidemiología y Microbiología 44(2):1-14. La Habana, Cuba. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/2232/223214848008.pdf>

Rosa, R; Águeda, B; Adelaida, P. 2004. *Meteorología y Climatología Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004*. Madrid. España. Disponible en: <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>

Sánchez, J. 2008. *Precipitaciones*. Universidad de Salamanca.

Sierra, M. 2016. *Establecer la asociación existente entre las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de PM<sub>10</sub> registradas en la red de calidad del aire de Bogotá D.C.* Universidad de la Salle, Bogotá.

Strauss, W; Mainwaring, S. 2011. *Contaminación del Aire, causas, efectos y soluciones*. México.

TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente). 2012.  
Norma de calidad del aire ambiente: Libro VI, Anexo 4. Quito, Ecuador.  
Disponible en [https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-J\\_to\\_part\\_50](https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-J_to_part_50)

Villacrés, M. 2015. *Evaluación de la contaminación atmosférica de la ciudad de Ambato relacionada con el Material Particulado Sedimentable*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Escuela de Ciencias Químicas.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Presentación de tablas de registros de muestras de PM<sub>10</sub> y de datos meteorológico proporcionado por el DGA – Uleam.

**TABLA 11: REGISTRO DE MUESTRA PM<sub>10</sub> - MANTA**

N°	Fecha	Código	Peso inicial mg	Peso Final mg	(Pf-Pi) en mg	(Pf-Pi) en µg	µg/m <sup>3</sup>
1	1/3/2018	62519	4536,9	4632,1	95,2	95200	58,33
2	2/3/2018	62520	4527,3	4667,6	140,3	140300	85,97
3	3/3/2018	62522	4559	4617,3	58,3	58300	35,72
4	4/3/2018	62523	4571,6	4645,1	73,5	73500	45,04
5	5/3/2018	62524	4560,1	4653,9	93,8	93800	57,48
6	6/3/2018	62525	4563,4	4660,7	97,3	97300	59,62
7	7/3/2018	62526	4559	4629,1	70,1	70100	42,95
8	8/3/2018	62527	4551,6	4568,4	16,8	16800	10,29
9	9/3/2018	62528	4542	4675,3	133,3	133300	81,68
10	10/3/2018	62529	4519,5	4691,4	171,9	171900	105,33
11	11/3/2018	62530	4567,1	4618,3	51,2	51200	31,37
12	12/3/2018	62532	4585,7	4642,7	57	57000	34,93
13	13/3/2018	62533	4618,9	4629,2	10,3	10300	6,31
14	14/3/2018	62534	4633,9	4656,9	23	23000	14,09
15	15/3/2018	62535	4535,4	4546,1	10,7	10700	6,56
16	16/3/2018	62536	4498,3	4507,7	9,4	9400	5,76
17	17/3/2018	62537	4508,8	4528,6	19,8	19800	12,13
18	18/3/2018	62538	4522,2	4546,7	24,5	24500	15,01
19	19/3/2018	62539	4579,3	4593,6	14,3	14300	8,76
20	20/3/2018	62540	4501,9	4520,7	18,8	18800	11,52
21	21/3/2018	62542	4501,9	4516,2	14,3	14300	8,76
22	22/3/2018	62543	4526,3	4541,9	15,6	15600	9,56
23	23/3/2018	62544	4534,3	4562,4	28,1	28100	17,22
24	24/3/2018	62545	4501	4511,1	10,1	10100	6,19
25	25/3/2018	62546	4605,3	4650,9	45,6	45600	27,94
26	26/3/2018	62547	4590,1	4640,7	50,6	50600	31,00
27	27/3/2018	62548	4605,3	4647,1	41,8	41800	25,61
28	28/3/2018	62549	4590,1	4642,1	52	52000	31,86
29	29/3/2018	62550	4605,3	4656,7	51,4	51400	31,50
30	30/3/2018	62552	4590,1	4593,9	3,8	3800	2,33
31	31/3/2018	62553	4534,7	4540,7	6	6000	3,68
32	1/4/2018	62554	4536,2	4563,8	27,6	27600	16,91
33	2/4/2018	62555	4544,7	4653,6	108,9	108900	66,73
34	3/4/2018	62556	4576,2	4674,6	98,4	98400	60,29

35	4/4/2018	62557	4584,9	4608,7	23,8	23800	14,58
36	5/4/2018	62558	4544,7	4596,8	52,1	52100	31,92
37	6/4/2018	62559	4576,2	4626,4	50,2	50200	30,76
38	7/4/2018	62560	4611,9	4669,9	58	58000	35,54
39	8/4/2018	62562	4618,1	4665,1	47	47000	28,80
40	9/4/2018	62563	4559	4631	72	72000	44,12
41	10/4/2018	62564	4571,6	4631,7	60,1	60100	36,83
42	11/4/2018	62565	4542	4600,8	58,8	58800	36,03
43	12/4/2018	62566	4519,5	4577,4	57,9	57900	35,48
44	13/4/2018	62567	4567,1	4628,8	61,7	61700	37,81
45	14/4/2018	62568	4585,7	4723	137,3	137300	84,13
46	15/4/2018	62569	4618,9	4679,8	60,9	60900	37,32
47	16/4/2018	62570	4633,9	4673,2	39,3	39300	24,08
48	17/4/2018	62572	4605,4	4655,8	50,4	50400	30,88
49	18/4/2018	62573	4560,3	4618,4	58,1	58100	35,60
50	19/4/2018	62574	4608,8	4676,7	67,9	67900	41,61
51	20/4/2018	62575	4592,2	4640,6	48,4	48400	29,66
52	21/4/2018	62576	4599,3	4661,1	61,8	61800	37,87
53	22/4/2018	62577	4583,9	4619,6	35,7	35700	21,88
54	23/4/2018	62578	4591,9	4662,5	70,6	70600	43,26
55	24/4/2018	62579	4636,3	4686,6	50,3	50300	30,82
56	25/4/2018	62580	4634,3	4679,8	45,5	45500	27,88
57	26/4/2018	62582	4642	4682,4	40,4	40400	24,75
58	27/4/2018	62583	4605,3	4644,2	38,9	38900	23,84
59	28/4/2018	62584	4590,1	4628,3	38,2	38200	23,41
60	29/4/2018	62585	4611,4	4688,4	77	77000	47,18
61	30/4/2018	62586	4603,6	4675,6	72	72000	44,12
62	1/5/2018	62587	4594,2	4634,2	40	40000	24,51
63	2/5/2018	62588	4567,5	4692,1	124,6	124600	76,35
64	3/5/2018	62589	4539,3	4623	83,7	83700	51,29
65	4/5/2018	62590	4698,5	4810,8	112,3	112300	68,81
66	5/5/2018	62592	4623,8	4727,8	104	104000	63,73
67	6/5/2018	62593	4598,1	4632,5	34,4	34400	21,08
68	7/5/2018	62594	4589,7	4648	58,3	58300	35,72
69	8/5/2018	62595	4690	4729,5	39,5	39500	24,20
70	9/5/2018	62596	4587,2	4636,2	49	49000	30,02
71	10/5/2018	62597	4596,1	4671,7	75,6	75600	46,32
72	11/5/2018	62598	4572,6	4657,3	84,7	84700	51,90
73	12/5/2018	62599	4573,3	4628,3	55	55000	33,70
74	13/5/2018	62600	4595,4	4646,5	51,1	51100	31,31
75	14/5/2018	62602	4569,2	4684	114,8	114800	70,34

76	15/5/2018	62603	4602,3	4668,9	66,6	66600	40,81
77	16/5/2018	62604	4621,4	4681,7	60,3	60300	36,95
78	17/5/2018	62605	4619,7	4677,8	58,1	58100	35,60
79	18/5/2018	62606	4573,2	4642,5	69,3	69300	42,46
80	19/5/2018	62607	4534,7	4601,9	67,2	67200	41,18
81	20/5/2018	62608	4541,7	4609,1	67,4	67400	41,30
82	21/5/2018	62609	4511,6	4599,6	88	88000	53,92
83	22/5/2018	62610	4510,9	4632,7	121,8	121800	74,63
84	23/5/2018	62612	4501,8	4651,2	149,4	149400	91,54
85	24/5/2018	62613	4517,1	4627,3	110,2	110200	67,52
86	25/5/2018	62614	4576,2	4631,6	55,4	55400	33,95
87	26/5/2018	62615	4534,7	4626,7	92	92000	56,37
88	27/5/2018	62616	4544,7	4652,6	107,9	107900	66,12
89	28/5/2018	62616	4510,9	4778,3	267,4	267400	163,85
90	29/5/2018	62617	4619	4716,5	97,5	97500	59,74
91	30/5/2018	62618	4601	4676,5	75,5	75500	46,26
92	31/5/2018	62619	4513,7	4649,2	135,5	135500	83,03
93	1/6/2018	62620	4535,5	4601,5	66	66000	40,44
94	2/6/2018	62622	4394	4634,7	240,7	240700	147,49
95	3/6/2018	62623	4533,3	4590,2	56,9	56900	34,87
96	4/6/2018	62624	4535,5	4636,1	100,6	100600	61,64
97	5/6/2018	62625	4567	4642,2	75,2	75200	46,08
98	6/6/2018	62626	4551,6	4648,3	96,7	96700	59,25
99	7/6/2018	62627	4567,9	4619,4	51,5	51500	31,56
100	8/6/2018	62628	4610,5	4680,7	70,2	70200	43,01
101	9/6/2018	62629	4627,2	4668,1	40,9	40900	25,06
102	10/6/2018	62630	4549,7	4609,8	60,1	60100	36,83
103	11/6/2018	62632	4537,6	4578,5	40,9	40900	25,06
104	12/6/2018	62633	4519,9	4561,5	41,6	41600	25,49
105	13/6/2018	62634	4541,8	4603,7	61,9	61900	37,93
106	14/6/2018	62635	4503,7	4546,2	42,5	42500	26,04
107	15/6/2018	62636	4548,3	4630,1	81,8	81800	50,12
108	16/6/2018	62637	4593,5	4659,2	65,7	65700	40,26
109	17/6/2018	62638	4394,3	4646,3	252	252000	154,41
110	18/6/2018	62639	4538,9	4620,7	81,8	81800	50,12
111	19/6/2018	62640	4540,8	4599,6	58,8	58800	36,03
112	20/6/2018	62642	4484	4563,2	79,2	79200	48,53
113	21/6/2018	62643	4582,2	4638,1	55,9	55900	34,25
114	22/6/2018	62644	4573,7	4639,5	65,8	65800	40,32
115	23/6/2018	62645	4572,3	4613,9	41,6	41600	25,49
116	24/6/2018	62646	4535,9	4633,2	97,3	97300	59,62

117	25/6/2018	62647	4594,5	4663	68,5	68500	41,97
118	26/6/2018	62648	4542	4634,5	92,5	92500	56,68
119	27/6/2018	62649	4552,9	4598,9	46	46000	28,19
120	28/6/2018	62650	4545,6	4596,1	50,5	50500	30,94
121	29/6/2018	62652	4572,5	4644,2	71,7	71700	43,93
122	30/6/2018	62653	4547,5	4630,6	83,1	83100	50,92
123	1/7/2018	62654	4532,5	4617,3	84,8	84800	51,96
124	2/7/2018	62655	4518,6	4637,9	119,3	119300	73,10
125	3/7/2018	62656	4572,4	4698,1	125,7	125700	77,02
126	4/7/2018	62657	4582	4654	72	72000	44,12
127	5/7/2018	62658	4525,9	4641,7	115,8	115800	70,96
128	6/7/2018	62659	4562,6	4658,3	95,7	95700	58,64
129	7/7/2018	62660	4538,9	4662,7	123,8	123800	75,86
130	8/7/2018	62662	4555,8	4603,7	47,9	47900	29,35
131	9/7/2018	62663	4589,6	4682,2	92,6	92600	56,74
132	10/7/2018	62664	4566,8	4669,6	102,8	102800	62,99
133	11/7/2018	62665	4572,7	4604,9	32,2	32200	19,73
134	12/7/2018	62666	4576,5	4670,7	94,2	94200	57,72
135	13/7/2018	62667	4589	4680,5	91,5	91500	56,07
136	14/7/2018	62668	4578,2	4613,6	35,4	35400	21,69
137	15/7/2018	62669	4582,2	4645,5	63,3	63300	38,79
138	16/7/2018	62670	4526,9	4610,4	83,5	83500	51,16
139	17/7/2018	62672	4563	4622,8	59,8	59800	36,64
140	18/7/2018	62673	4535,9	4591,8	55,9	55900	34,25
141	19/7/2018	62674	4558,8	4603,6	44,8	44800	27,45
142	20/7/2018	62675	4586,6	4634,5	47,9	47900	29,35
143	21/7/2018	62676	4567,8	4603,6	35,8	35800	21,94
144	22/7/2018	62677	4577,7	4633,6	55,9	55900	34,25
145	23/7/2018	62678	4578,4	4660,4	82	82000	50,25
146	24/7/2018	62679	4582	4652,4	70,4	70400	43,14
147	25/7/2018	62680	4526,8	4601,9	75,1	75100	46,02
148	26/7/2018	62682	4498	4572,5	74,5	74500	45,65
149	27/7/2018	62683	4487,3	4559,6	72,3	72300	44,30
150	28/7/2018	62684	4582,4	4654,2	71,8	71800	44,00
151	29/7/2018	62685	4571,4	4631,5	60,1	60100	36,83
152	30/7/2018	62686	4591	4648,4	57,4	57400	35,17
153	31/7/2018	62687	4532,5	4601,9	69,4	69400	42,52
154	1/8/2018	62688	4501,6	4569,5	67,9	67900	41,61
155	2/8/2018	62689	4458,3	4495,3	37	37000	22,67
156	3/8/2018	62690	4461,2	4505,7	44,5	44500	27,27
157	4/8/2018	62692	4456,1	4500,3	44,2	44200	27,08

158	5/8/2018	62693	4465,5	4510,5	45	45000	27,57
159	6/8/2018	62694	4477,4	4525,9	48,5	48500	29,72
160	7/8/2018	62695	4491,1	4544,6	53,5	53500	32,78
161	8/8/2018	62696	4502,5	4576,4	73,9	73900	45,28
162	9/8/2018	62697	4503,7	4551,6	47,9	47900	29,35
163	10/8/2018	62698	4492,9	4548,2	55,3	55300	33,88
164	11/8/2018	62699	4451,6	4561,5	109,9	109900	67,34
165	12/8/2018	62700	4491	4593	102	102000	62,50
166	13/8/2018	62702	4479,7	4544,7	65	65000	39,83
167	14/8/2018	62703	4464,5	4552,1	87,6	87600	53,68
168	15/8/2018	62704	4459	4610,6	151,6	151600	92,89
169	16/8/2018	62705	4488,3	4564,1	75,8	75800	46,45
170	17/8/2018	62639	4521,1	4600,0	78,90	78900,00	48,35
171	18/8/2018	62640	4532,0	4578,9	46,90	46900,00	28,74
172	19/8/2018	62642	4527,2	4594,6	67,40	67400,00	41,30
173	20/8/2018	1	4556,1	4597,3	41,20	41200,00	25,25
174	21/8/2018	2	4567,5	4625,8	58,30	58300,00	35,72
175	22/8/2018	3	4579,4	4672,7	93,30	93300,00	57,17
176	23/8/2018	4	4590,5	4670,4	79,90	79900,00	48,96
177	24/8/2018	62643	4559,5	4611,5	52,00	52000,00	31,86
178	25/8/2018	62644	4468,0	4539,7	71,70	71700,00	43,93
179	26/8/2018	62645	4485,7	4532,5	46,80	46800,00	28,68
180	27/8/2018	5	4501,6	4558,0	56,40	56400,00	34,56
181	28/8/2018	6	4513,6	4580,7	67,10	67100,00	41,12
182	29/8/2018	62646	4506,1	4577,4	71,30	71300,00	43,69
183	30/8/2018	62647	4500,4	4551,2	50,80	50800,00	31,13
184	31/8/2018	62648	4509,0	4573,2	64,20	64200,00	39,34
185	1/9/2018	62649	4503,2	4537,9	34,70	34700,00	21,26
186	2/9/2018	7	4510,3	4563,7	53,40	53400,00	32,72
187	3/9/2018	8	4509,5	4558,5	49,00	49000,00	30,02
188	4/9/2018	9	4525,2	4575,3	50,10	50100,00	30,70
189	5/9/2018	62650	4533,9	4600,8	66,90	66900,00	40,99
190	6/9/2018	62652	4485,2	4538,4	53,20	53200,00	32,60
191	7/9/2018	62653	4483,2	4562,4	79,20	79200,00	48,53
192	8/9/2018	62654	4523,5	4576,3	52,80	52800,00	32,35
193	9/9/2018	62655	4517,6	4569,0	51,40	51400,00	31,50
194	10/9/2018	62656	4577,0	4636,8	59,80	59800,00	36,64
195	11/9/2018	10	4558,4	4613,3	54,90	54900,00	33,64
196	12/9/2018	11	4532,9	4598,5	65,60	65600,00	40,20
197	13/9/2018	12	4501,4	4537,6	36,20	36200,00	22,18
198	14/9/2018	13	4487,2	4522,9	35,70	35700,00	21,87

199	15/9/2018	14	4507,3	4541,3	34,00	34000,00	20,83
200	16/9/2018	15	4488,9	4525,8	36,90	36900,00	22,61
201	17/9/2018	16	4459,1	4545,7	86,60	86600,00	53,06
202	18/9/2018	17	4462,4	4552,1	89,70	89700,00	54,96
203	19/9/2018	62657	4469,9	4527,7	57,80	57800,00	35,42
204	20/9/2018	62658	4468,2	4519,0	50,80	50800,00	31,13
205	21/9/2018	62659	4558,3	4596,4	38,10	38100,00	23,35
206	22/9/2018	62660	4427,5	4524,2	96,70	96700,00	59,25
207	23/9/2018	62662	4498,5	4567,6	69,10	69100,00	42,34
208	24/9/2018	62663	4470,5	4552,8	82,30	82300,00	50,43
209	25/9/2018	62664	4479,3	4567,8	88,50	88500,00	54,23
210	26/9/2018	62665	4457,1	4536,1	79,00	79000,00	48,41
211	27/9/2018	62666	4489,6	4575,0	85,40	85400,00	52,33
212	28/9/2018	62667	4425,7	4505,9	80,20	80200,00	49,14
213	29/9/2018	62668	4489,3	4555,1	65,80	65800,00	40,32
214	30/9/2018	62669	4482,7	4533,8	51,10	51100,00	31,31

Un total de 197 Filtro utilizados en la recolección de datos en 7 meses; aquellos datos faltantes mediante software Statgraphics Centurión estadísticamente se incorporan datos con un índice de confianza del 95%

**TABLA 12: DATOS METEOROLOGICOS – ESTACIÓN DGA - ULEAM**

<b>N°</b>	<b>Fecha</b>	<b>Intervalo de Tiempo</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Humedad Relativa</b>	<b>Velocidad del Viento</b>
1	1/3/2018	24h	26,4048	70,0173	2,5819
2	2/3/2018	24h	26,2388	69,7465	2,3225
3	3/3/2018	24h	25,2881	76,3671	1,7433
4	4/3/2018	24h	24,1361	84,0868	2,0840
5	5/3/2018	24h	25,0000	76,2413	2,7741
6	6/3/2018	24h	25,2570	76,9930	1,7486
7	7/3/2018	24h	24,0872	84,0972	2,1542
8	8/3/2018	24h	24,2712	82,0000	2,3563
9	9/3/2018	24h	25,5858	79,2674	2,7392
10	10/3/2018	24h	26,0458	74,9441	2,8318
11	11/3/2018	24h	25,7049	78,2813	2,5722
12	12/3/2018	24h	24,8546	84,4444	1,3898
13	13/3/2018	24h	26,7343	68,7314	3,0806
14	14/3/2018	24h	25,4934	75,1389	1,8941
15	15/3/2018	24h	25,6476	73,6181	1,7830

16	16/3/2018	24h	26,3938	71,3194	2,7094
17	17/3/2018	24h	25,9753	75,3763	2,3843
18	18/3/2018	24h	26,0920	68,7951	2,7417
19	19/3/2018	24h	25,6257	72,4861	2,9306
20	20/3/2018	24h	25,6000	72,3715	3,1802
21	21/3/2018	24h	25,2767	74,5104	2,7007
22	22/3/2018	24h	25,3584	70,6853	2,5367
23	23/3/2018	24h	25,0705	73,2049	2,1229
24	24/3/2018	24h	25,8781	71,9097	2,3260
25	25/3/2018	24h	25,9285	67,1875	3,2854
26	26/3/2018	24h	25,4549	70,9965	3,2920
27	27/3/2018	24h	24,8268	77,5423	2,5162
28	28/3/2018	24h	25,3987	69,0897	2,4554
29	29/3/2018	24h	26,2707	64,5400	2,4100
30	30/3/2018	24h	25,8156	71,8576	3,5778
31	31/3/2018	24h	25,7010	71,3611	2,5052
32	1/4/2018	24h	26,1125	66,6585	2,7547
33	2/4/2018	24h	25,1392	73,1007	1,9545
34	3/4/2018	24h	25,5847	69,5104	2,4073
35	4/4/2018	24h	25,0642	76,1597	2,8813
36	5/4/2018	24h	24,6413	75,8601	2,7031
37	6/4/2018	24h	24,3403	79,2222	2,4236
38	7/4/2018	24h	24,2747	75,2778	2,4146
39	8/4/2018	24h	24,8330	68,8889	2,5976
40	9/4/2018	24h	25,3059	63,1736	3,0660
41	10/4/2018	24h	24,7195	70,1533	2,6003
42	11/4/2018	24h	24,7542	72,5694	2,7566
43	12/4/2018	24h	23,3739	76,3085	2,7064
44	13/4/2018	24h	24,6517	66,0966	2,3744
45	14/4/2018	24h	24,3625	66,0451	2,9208
46	15/4/2018	24h	25,8479	59,1573	3,0696
47	16/4/2018	24h	25,3865	61,0313	3,1865
48	17/4/2018	24h	26,1052	61,3924	4,0368
49	18/4/2018	24h	25,9410	66,5104	3,0580
50	19/4/2018	24h	25,5490	62,7813	3,6132
51	20/4/2018	24h	27,0366	55,2300	2,5944
52	21/4/2018	24h	26,3253	61,5729	3,2528
53	22/4/2018	24h	27,4688	58,9097	3,1736
54	23/4/2018	24h	25,5736	73,3854	2,4399
55	24/4/2018	24h	25,6858	67,8715	2,6712
56	25/4/2018	24h	25,7227	68,2587	2,6052

57	26/4/2018	24h	26,1375	64,3576	2,7090
58	27/4/2018	24h	24,0500	74,3137	1,0118
59	28/4/2018	24h	23,1435	75,3545	1,545
60	29/4/2018	24h	25,5468	70,3544	3,0656
61	30/4/2018	24h	25,5344	70,1465	3,0135
62	1/5/2018	24h	22,1654	75,3455	1,944
63	2/5/2018	24h	25,9507	70,3467	3,2578
64	3/5/2018	24h	25,6323	71,8507	3,0899
65	4/5/2018	24h	26,8297	66,5839	2,8528
66	5/5/2018	24h	26,1819	69,9965	3,4635
67	6/5/2018	24h	25,4747	74,4896	2,8111
68	7/5/2018	24h	25,0597	77,1389	2,6330
69	8/5/2018	24h	24,7038	73,4375	3,0698
70	9/5/2018	24h	25,3746	76,4007	2,7279
71	10/5/2018	24h	25,8931	70,8438	2,5979
72	11/5/2018	24h	25,7476	69,6250	2,8729
73	12/5/2018	24h	24,7729	73,6632	2,9372
74	13/5/2018	24h	24,8128	73,3924	3,2382
75	14/5/2018	24h	26,2566	64,8147	2,9993
76	15/5/2018	24h	25,7340	70,5174	2,9976
77	16/5/2018	24h	25,1746	72,7982	1,4982
78	17/5/2018	24h	25,3564	71,5325	2,6433
79	18/5/2018	24h	25,8507	70,8603	3,1331
80	19/5/2018	24h	24,4297	76,6538	2,4301
81	20/5/2018	24h	24,3156	73,2188	2,9760
82	21/5/2018	24h	25,4208	68,3889	3,2469
83	22/5/2018	24h	26,0274	69,1181	3,1993
84	23/5/2018	24h	25,6997	67,0938	2,9191
85	24/5/2018	24h	25,0854	73,3345	3,1676
86	25/5/2018	24h	23,5319	76,5035	2,9458
87	26/5/2018	24h	23,9188	71,4583	2,4903
88	27/5/2018	24h	24,2285	75,5313	2,7490
89	28/5/2018	24h	24,7656	74,8889	3,4167
90	29/5/2018	24h	24,9150	70,4790	4,4822
91	30/5/2018	24h	24,0892	74,2639	3,6226
92	31/5/2018	24h	24,0670	78,4792	3,3986
93	1/6/2018	24h	23,3028	78,0979	4,5902
94	2/6/2018	24h	23,3351	77,5799	4,4667
95	3/6/2018	24h	24,5087	71,0280	4,5521
96	4/6/2018	24h	24,7031	66,7778	5,9719
97	5/6/2018	24h	24,2882	68,0833	4,5451

98	6/6/2018	24h	22,8868	72,3021	3,5503
99	7/6/2018	24h	21,7031	80,4653	2,5917
100	8/6/2018	24h	22,6617	75,6585	3,7777
101	9/6/2018	24h	22,0684	77,4375	4,4941
102	10/6/2018	24h	22,7587	76,6285	4,1333
103	11/6/2018	24h	23,3910	72,8854	4,5139
104	12/6/2018	24h	24,6361	70,1042	3,7337
105	13/6/2018	24h	23,9861	72,3681	3,6247
106	14/6/2018	24h	22,2077	76,8308	4,0077
107	15/6/2018	24h	23,5021	71,3542	4,7417
108	16/6/2018	24h	23,2875	72,8333	3,9083
109	17/6/2018	24h	23,3208	76,3333	2,8604
110	18/6/2018	24h	23,8958	73,5625	3,2750
111	19/6/2018	24h	23,3896	78,3125	3,4333
112	20/6/2018	24h	22,7063	73,6667	5,2813
113	21/6/2018	24h	23,3646	74,1458	2,7542
114	22/6/2018	24h	24,0271	71,7917	4,7479
115	23/6/2018	24h	22,6250	74,3542	4,2625
116	24/6/2018	24h	22,7750	74,8333	4,0104
117	25/6/2018	24h	22,6771	76,6042	4,0521
118	26/6/2018	24h	24,2083	70,0417	2,9646
119	27/6/2018	24h	23,2417	72,8958	3,3750
120	28/6/2018	24h	22,7063	76,7083	4,3271
121	29/6/2018	24h	22,6813	74,9792	4,4896
122	30/6/2018	24h	23,7313	73,1250	3,0667
123	1/7/2018	24h	22,0354	79,4375	4,2938
124	2/7/2018	24h	23,4500	72,6667	4,6813
125	3/7/2018	24h	23,0938	76,1042	3,4146
126	4/7/2018	24h	23,3292	73,6250	4,9542
127	5/7/2018	24h	23,4125	73,6042	3,8750
128	6/7/2018	24h	23,4604	75,9375	2,9833
129	7/7/2018	24h	23,2979	77,0426	4,3383
130	8/7/2018	24h	22,6021	78,4792	5,6729
131	9/7/2018	24h	23,8271	72,4792	4,3729
132	10/7/2018	24h	23,2896	69,5833	4,5208
133	11/7/2018	24h	23,0125	73,4167	3,9229
134	12/7/2018	24h	23,6458	72,2083	4,4688
135	13/7/2018	24h	23,2354	75,8333	4,1979
136	14/7/2018	24h	21,9958	81,8750	2,8229
137	15/7/2018	24h	22,0292	79,9167	3,4896
138	16/7/2018	24h	23,0604	74,6042	3,7042

139	17/7/2018	24h	22,6417	76,5625	4,4938
140	18/7/2018	24h	21,6604	78,9583	3,6979
141	19/7/2018	24h	23,4458	71,2917	3,6146
142	20/7/2018	24h	22,6479	74,4167	3,9250
143	21/7/2018	24h	21,9979	78,1458	3,0000
144	22/7/2018	24h	23,0896	74,1667	3,7458
145	23/7/2018	24h	23,1896	73,4792	3,2625
146	24/7/2018	24h	23,6063	73,9583	3,6333
147	25/7/2018	24h	23,5938	73,0417	3,8458
148	26/7/2018	24h	22,8292	74,1875	3,7833
149	27/7/2018	24h	23,7563	71,8125	3,4563
150	28/7/2018	24h	23,4417	74,1042	3,6917
151	29/7/2018	24h	22,8583	78,8750	3,2750
152	30/7/2018	24h	23,7771	76,3125	3,2563
153	31/7/2018	24h	23,0521	78,1667	4,8313
154	1/8/2018	24h	23,4750	72,5417	4,6042
155	2/8/2018	24h	23,4938	73,3958	4,0521
156	3/8/2018	24h	23,1438	76,4167	2,9458
157	4/8/2018	24h	23,4417	78,3542	3,2521
158	5/8/2018	24h	23,7063	75,7083	3,9396
159	6/8/2018	24h	23,4625	75,7917	4,3708
160	7/8/2018	24h	23,4813	74,1250	4,0438
161	8/8/2018	24h	23,7104	74,5208	4,1542
162	9/8/2018	24h	22,5896	77,7500	4,6875
163	10/8/2018	24h	23,1771	76,0000	3,2125
164	11/8/2018	24h	23,0500	75,9167	4,5875
165	12/8/2018	24h	23,2271	75,8750	4,5771
166	13/8/2018	24h	22,7667	73,4792	5,0146
167	14/8/2018	24h	21,8583	75,5833	4,0854
168	15/8/2018	24h	22,8479	74,1458	4,7625
169	16/8/2018	24h	22,7896	74,1458	4,4813
170	17/8/2018	24h	22,3333	76,3333	3,7500
171	18/8/2018	24h	22,3792	76,4583	3,4042
172	19/8/2018	24h	22,1500	77,5208	3,7458
173	20/8/2018	24h	22,3708	76,2500	3,8375
174	21/8/2018	24h	22,0083	79,2083	4,0167
175	22/8/2018	24h	22,5667	71,6667	4,5375
176	23/8/2018	24h	22,4354	70,9792	3,8146
177	24/8/2018	24h	21,7000	76,0833	3,3771
178	25/8/2018	24h	23,0792	72,2500	3,8042
179	26/8/2018	24h	22,0896	76,9375	3,3667

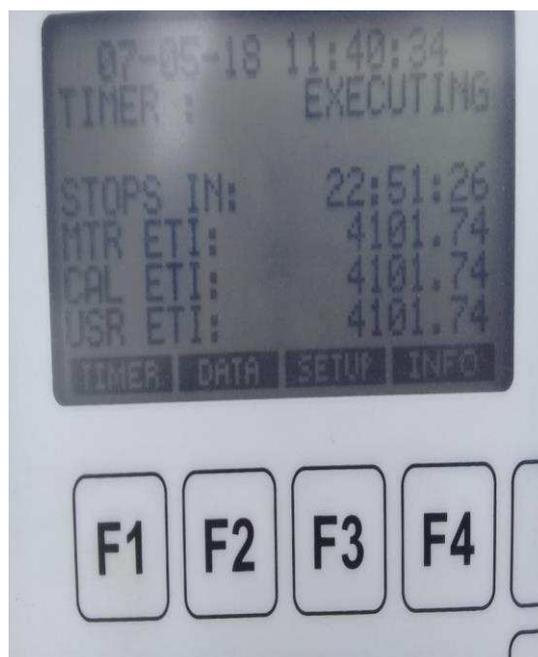
180	27/8/2018	24h	22,6750	74,3750	3,9896
181	28/8/2018	24h	22,3813	74,3750	3,9042
182	29/8/2018	24h	21,4292	79,3750	3,5667
183	30/8/2018	24h	22,8375	74,2292	3,5792
184	31/8/2018	24h	21,9688	74,6875	3,8667
185	1/9/2018	24h	21,9396	76,6458	3,5854
186	2/9/2018	24h	22,0646	78,0417	3,2604
187	3/9/2018	24h	22,6792	77,0208	3,8438
188	4/9/2018	24h	22,0083	78,2708	4,0021
189	5/9/2018	24h	23,3708	71,7500	4,2854
190	6/9/2018	24h	22,3250	76,2500	3,9646
191	7/9/2018	24h	22,3417	77,2708	4,3438
192	8/9/2018	24h	22,6979	76,9792	3,3396
193	9/9/2018	24h	23,1313	73,8542	3,3208
194	10/9/2018	24h	22,8458	76,0833	3,7292
195	11/9/2018	24h	22,6979	77,5208	4,3813
196	12/9/2018	24h	22,8042	74,8125	4,3854
197	13/9/2018	24h	23,1250	73,4167	4,3333
198	14/9/2018	24h	23,1771	72,1875	3,9583
199	15/9/2018	24h	22,9167	73,2500	3,7292
200	16/9/2018	24h	22,5875	75,0208	3,7792
201	17/9/2018	24h	22,5596	77,4255	3,5149
202	18/9/2018	24h	21,9875	79,6458	3,1938
203	19/9/2018	24h	21,8229	79,5208	2,7771
204	20/9/2018	24h	22,4417	79,1667	3,5125
205	21/9/2018	24h	22,8333	77,4583	3,7813
206	22/9/2018	24h	23,3104	75,2292	4,4750
207	23/9/2018	24h	23,2208	75,4167	4,6292
208	24/9/2018	24h	22,9896	74,5000	4,0771
209	25/9/2018	24h	22,9792	74,3542	4,0021
210	26/9/2018	24h	23,6750	73,1042	4,1104
211	27/9/2018	24h	23,3438	73,5208	4,4833
212	28/9/2018	24h	22,8521	71,9375	4,1208
213	29/9/2018	24h	23,5000	71,1667	3,5438
214	30/9/2018	24h	22,9625	75,7917	3,4479

**Anexo 2:** Capacitación del Funcionamiento del equipo PM<sub>10</sub>, por parte de la secretaria del Ambiente Quito.



**Anexo 3:** Instalación del Equipo, posterior muestreo con un periodo de marzo a septiembre del 2018.

➤ **Instalación del equipo**



➤ **Muestra**





#### Anexo 4: Mantenimiento del Equipo

##### ➤ Cambio de carbones



➤ **Cambio de Motor**



**Anexo 5: Calibración del Equipo**





## TE-6070V Calibration Worksheet

### Site Information

Location: Manta Ecuador	Site ID: 1	Date: 14-feb-18
Sampler: TE-6070V	Serial No: P9009 PM10	Tech: Jim Tisch

### Site Conditions

Temp (deg F):	82,0	Barometric Press (in Hg):	29,94
Ta (deg K):	301	Pa (mm Hg):	760
Ta (deg C):	28		

### Calibration Orifice

Make: Tisch	Qa Slope: 1,05393
Model: TE-5028A	Qa Intercept: -0,01253
Serial#: 3577	Calibration Due Date: 14-feb-18

### Calibration Information

Run Number	Orifice "H2O	Qa m3/min	Sampler "H2O	Pf mm Hg	Po/Pa	Look Up m3/min	% of Diff
1	3,69	1,158	5,88	10,974	0,986	1,204	3,97
2	3,65	1,152	6,72	12,541	0,984	1,202	4,34
3	3,51	1,130	12,00	22,395	0,971	1,199	6,11
4	3,33	1,101	23,01	42,943	0,944	1,198	8,81
5	1,96	0,847	54,85	102,365	0,865	0,987	16,52