UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA INGENIERÍA BIOQUÍMICA

“Análisis cuantitativo del material particulado sedimentable con variables meteorológicas en 13 estaciones de la ciudad de Ambato”.

Proyecto de Trabajo de Titulación, modalidad de Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Autor: Bermeo Acurio Adrián Vinicio

Tutor: Ing. Mg. Miguel Andrés Sánchez Almeida

Ambato - Ecuador

Octubre - 2016

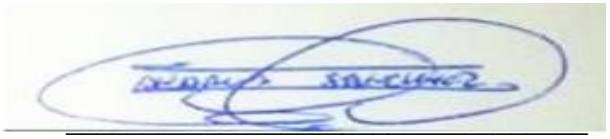
APROBACIÓN POR EL TUTOR

Ing. Mg. Miguel Andrés Sánchez Almeida

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 16 de Agosto de 2016



Ing. Mg. Miguel Andrés Sánchez Almeida

C.I 1803861986

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENCIDAD

Yo, Adrián Vinicio Bermeo Acurio, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo la obtención del título de Ingeniero Bioquímico son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Bermeo Acurio Adrián Vinicio

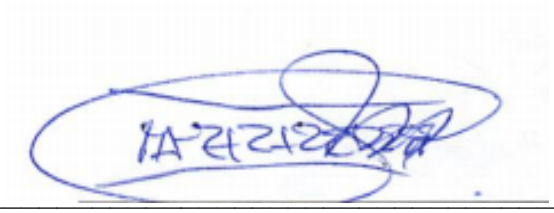
180409707-7

Autor

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Ing. Mg. Manolo Alexander Córdova Suárez
C.I. 1802842508



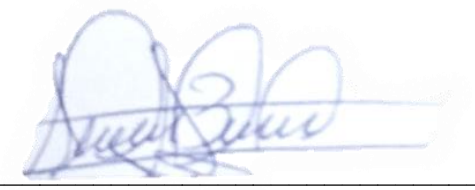
Ing. Mg. Pablo Israel Amancha Proaño
C.I. 1803341864

Ambato, 22 de Septiembre de 2016

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción nos suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Adrián Vinicio Bermeo Acurio

C.I. 180409707-7

Autor

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a dios creador de todas las cosas, por haberme guiado en el transcurso de mi carrera, por ser mi luz en momentos difíciles y por brindarme los conocimientos necesarios para culminar mis estudios.

A mis padres que me inculcaron valores que es lo principal en mi vida, y me apoyaron en momentos difíciles.

A mi madre Ruth Acurio que fue un pilar fundamental en mis estudios apoyándome día y noche, en el transcurso de toda mi carrera.

A mis hermanos que son mi compañía en mi hogar brindándome consejos y sonrisas, por todo eso gracias ñaños.

A mis tíos Fredy Acurio y Byron Acurio porque fueron un gran ejemplo para seguir, y me brindaron poco de su tiempo para ayudarme en mis estudios

Adrián

AGRADECIMIENTOS

Doy mi agradecimiento:

A la Universidad Técnica de Ambato por haberme abierto las puertas en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos Carrera de Ingeniería Bioquímica.

A la Dirección de Gestión Ambiental del GAD- Municipalidad de Ambato que me abrió las puertas para trabajar con el proyecto, y cuento con el transporte para el muestreo de mi trabajo.

A la Ingeniera Andrea Escobar de Gestión Ambiental encargada de mi proyecto, gracias por la ayuda brindada, por los materiales prestados, por tenerme paciencia, por la compañía en el muestreo, por todo muchas gracias.

A la Ingeniera Fernanda Moreta por la ayuda brindada en el Laboratorio de Físico Química.

A mis padres Jheovany Bermeo y Ruth Acurio, por educarme con grandes valores que fueron una base en mi vida.

A mis hermanos por estar en las buenas y en las malas, por brindarme su apoyo incondicional y el respeto mutuo.

A mis compañeros Andrés Lozada y Pablo Salazar que comenzamos y culminamos juntos la carrera, gracias por todas las experiencias vividas durante el transcurso de toda mi vida universitaria.

A mi tutor Andrés Sánchez que me supo guiar en mi trabajo de graduación, corrigiéndome mis errores y dándome soluciones para mejor mi proyecto.

A mis profesores que colaboraron como calificadores del proyecto: Ing. Manolo Córdova e Ing. Pablo Amancha, que me guiaron en instancias últimas de mi proyecto de Tesis.

A la Ingeniera Dolores Robalino por colaborar en el diseño experimental.

A todas aquellas personas que colocaron un granito de ayuda en mi proyecto de graduación.

DIOS LE PAGUE

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I **2**

EL PROBLEMA **2**

1.1 Tema de investigación 2

1.2 Justificación 2

1.3 Objetivos 3

CAPÍTULO II 4

MARCO TEÓRICO 4

2.1 Antecedentes Investigativos 4

2.2 Hipótesis 7

2.3 Señalamiento de Variables de la hipótesis 7

CAPITULO III 9

MATERIALES Y METODOS 9

3.1 Materiales 9

3.2 Método In situ 9

3.3 Método In vitro 17

CAPITULO IV 24

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 24

4.1 Análisis del MPS 24

4.2. Análisis de los datos obtenidos con la Norma Técnica vigente: Reforma Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente (TULSMA) 25

4.3 Variables meteorológicas 25
4.4 Análisis estadístico 27
4.5 Estadística descriptiva 30
4.6 Verificación de la hipótesis 36
4.7 Plan de Manejo 36
4.8 Objetivo del plan 37

CAPITULO V 39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39
5.1 Conclusiones 39
5.2 Recomendaciones 40

BIBLIOGRAFIA 41

ANEXOS 44
Anexo 1. Datos de MPS en el periodo Enero 2016-Junio 2016 45
Anexo 2. Representación del cálculo para la obtención del material particulado sedimentable. 46
Anexo 3. Sitios de muestreo 47
Anexo 4. Método In Vitro 50

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Resultados de material particulado sedimentable en el periodo Enero 2016-Junio 2016 expresados en mg (MPS)/ cm²*30 d 24
Tabla 2. Dirección del Viento de la Ciudad de Ambato 26
Tabla 3. Velocidad del Viento 26
Tabla 4. Precipitación 27
Tabla 5 Análisis de Varianza para A (Lugares) y B (Meses) 28
Tabla 6. Pruebas de Múltiple Rangos para MPS por LUGARES..... 28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Núcleo urbano de Ambato 9
Figura 2. Esquema del sistema Bergerhoff..... 16
Figura 3. Obtención del Peso 1 para el cálculo del MPS. 19
Figura 4. Diagrama del Pesado de las muestras. 21
Figura 5. Niveles de MPS en trece estaciones de la ciudad de Ambato. 29
Figura 6. Concentración de MPS Luis A. Martínez en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 30
Figura 7. Concentración de MPS Techo Propio en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 30
Figura 8. Concentración de MPS Ingahurco en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 31
Figura 9. Concentración de MPS ESFORSE en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 31
Figura 10. Concentración de MPS Mercado Modelo en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 32
Figura 11. Concentración de MPS Izamba en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 32
Figura 12. Concentración de MPS San Alfonso en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 33

Figura 13. Concentración de MPS Huachi Chico en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 33
Figura 14. Concentración de MPS DTTM en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 34
Figura 15. Concentración de MPS Huachi La Magdalena en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 34
Figura 16. Concentración de MPS Santa Rosa en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 35
Figura 17. Concentración de MPS Parque de la Familia en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 35
Figura 18. Concentración de MPS Consejo de la Judicatura en el Periodo Enero 2016-Junio 2016 36

RESUMEN

La presente investigación consiste en una evaluación sobre la contaminación ambiental provocada por el Material Particulado Sedimentable (MSP) en la ciudad de Ambato, elaborado con el fin de establecer medidas que disminuyan las concentraciones. Se realizó en el periodo Enero-Junio 2016 con un monitoreo pasivo en el cual se escogió 13 puntos: Luis A. Martínez, Techo Propio, Bomberos Ingahurco, ESFORSE, Mercado Modelo, Izamba, San Alfonso, Huachi Chico, DTTM, Huachi La Magdalena, Santa Rosa, Parque de la Familia y Consejo de la Judicatura. El método empleado fue Bergerhoff, se ocupó jarras de 15 cm de diámetro, vasos de precipitación, varilla de agitación, plancha de calentamiento, estufa, desecador y una balanza con la cual se realizó el estudio gravimétrico y se calculó la cantidad de MPS por 30 días. El diseño experimental ocupado fue diseño de bloques con el software Statgraphics para encontrar el análisis de varianza (ANOVA) y Tukey. Los resultados estadísticos indican que existe una diferencia significativa en las concentraciones en todos los puntos de muestreo, el valor más alto se registra en el sector de Huachi Chico con una media de 1.50 mg/cm²*30 d en todos los meses. Las estaciones que se rigen dentro de la normativa OMS Y TULSMA son: ESFORSE (0.413 mg/cm²*30 d), Bomberos Ingahurco (0.425 mg/cm²*30 d) y Luis. A Martínez (0.458 mg/cm²*30 d). Se concluye que existen valores elevados de MPS en varias zonas de la ciudad, lo cual puede influir en la salud de las personas.

Palabras clave: Análisis cuantitativo, contaminación, monitoreo, gravimétrico, sedimentable, variables meteorológicas.

ABSTRACT

The current research consists in an evaluation on the environmental pollution caused by the Sedimentable Particulated Material (SPM) in Ambato city, that was elaborated in order to establish measure that decrease their concentrations. It was done out from January to June 2016 with a monitoring liability wherein 13 points located in: Luis A. Martínez, Techo Propio, Bomberos Ingahurco, ESFORSE, Mercado Modelo, Izamba,San Alfonso, Huachi Chico, DTTM, Huachi La Magdalena, Santa Rosa, family park and Judicial Council. The method used was Bergerhoff, dealt pitchers of 15 cm diameter, vessels of precipitation, stir rod, heating, stove, dryer sheet and a balance with which the gravimetric study was conducted and the number of SPM was calculated for 30 days. The experimental design was block design with Statgraphics software to find the analysis of variance (ANOVA) and Tukey. The statistical results showed that there is a significant difference in the concentrations at all sampling points, the highest value is recorded in the field of Huachi guy with an average of 1.50 mg/cm² * 30 d in every month. The stations that are governed within the who and TULSMA rules are: ESFORSE (0.413 mg/cm² * 30 d), fire Ingahurco (0.425 mg/cm² * 30 d) and Luis. Martinez (0.458 mg/cm² * 30 d). In conclusion that there are high values of SPM in several areas of the city, which can influence in the people health.

Keywords: Quantitative analysis, contamination, monitoring, gravimetric, sedimentable, variable weather.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema a nivel mundial, que afecta a la salud de humanos, plantas, animales, plantas, vida microbiana, entre otros. En todo el mundo se está controlando las concentraciones altas que representan un problema ambiental y social, debido a que pueden provocar varias enfermedades, además de que producen corrosión y daños en los materiales de las viviendas, y de manera general causan molestias y empobrece el paisaje de la ciudad **(Bustillos, 2011).**

La ciudad de Ambato tiene una alta concentración de industrias y está influenciada por la actividad del volcán Tungurahua, por lo cual generan mucha contaminación al medio ambiente y se tiene la necesidad de realizar un monitoreo del MPS.

Se está realizando un proyecto en conjunto con la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Ambato sobre el MPS en 13 estaciones de la ciudad de Ambato, el cual se hace en beneficio de todos los habitantes para mejorar la calidad del aire

Al finalizar el proyecto se establecerá qué estación tiene mayor contaminación del aire ya que los límites permisibles del MPS según el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), emitida a través del Registro Oficial 725 es de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días y en cuanto a la Organización Mundial de la Salud (OMS), el valor máximo establecido para que no exista ninguna clase de afección a la salud en menor, de 0,5 mg/cm^2 x 30 días **(TULSMA, 2015).**

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación

"ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE CON VARIABLES METEOROLÓGICAS EN 13 ESTACIONES DE LA CIUDAD DE AMBATO".

1.2 Justificación

En Ambato existe una gran cantidad de industrias por la que se considera el motor industrial y comercial de vital importancia para la economía del Ecuador, este aumento industrial no trae solo beneficios económicos sino también efectos secundarios tales como la contaminación ambiental.

La contaminación es un gran problema a nivel mundial que ocasionan diversas fuentes ya sean naturales o antropogénicas, estas comprenden varios parámetros que deben ser monitoreados debido a su influencia sobre la vida de las personas.

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).**

La alta concentración de MPS es un problema ambiental y social debido a que provoca varias enfermedades respiratorias como la bronquitis y aumenta los efectos de otras enfermedades cardiovasculares. Por otro lado, el depósito de las partículas sedimentables de origen industrial sobre suelos agrícolas origina modificaciones frecuentemente perjudiciales para los cultivos, y como consecuencia, incide sobre la salud del hombre y los animales.

Debido a estos problemas se realizará el proyecto de investigación conjuntamente con la Dirección de Gestión Ambiental del GAD- Municipalidad

de Ambato; que se basa en el monitoreo pasivo de MPS en 13 estaciones de la ciudad de Ambato, con el afán de establecer medidas que permitan prevenir y controlar estos factores.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

"Determinar la cantidad de MPS con variables meteorológicas en 13 estaciones de la ciudad de Ambato".

1.3.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar el MPS en trece estaciones de la ciudad de Ambato.
- Identificar las causas de contaminación generadas por el MPS.
- Proponer un Plan de Manejo para reducir la cantidad de MPS.
- Conocer qué efecto tiene las variables meteorológicas con el MPS en la ciudad de Ambato.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

2.1.1 Material Particulado Sedimentable

Según **Canto (2012),** el objetivo del monitoreo de MPS es calcular la cantidad de material sedimentado, recolectado en un determinado tiempo. La comparación de dicho MPS mensual a lo largo de seis meses, puede presentar cambios, por razones naturales del material disponible, o por actividades humanas en el lugar, o por el clima.

Partículas sedimentables mayores a 10 micras

Esta clase de partículas tienden a precipitarse con gran facilidad por la cual se encuentran en suspensión en el medio ambiente en tiempos cortos. Por lo general estas partículas no representan riesgos graves en la salud.

Las partículas en suspensión en su fracción PM10 son aquellas partículas sólidas o liquidas dispersas en el medio ambiente con un diámetro menor a 10 micrómetros. Por lo general se clasifican en polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen. Se producen en los procesos industriales, domésticos y de transporte. Naturalmente se originan por erosión, erupciones volcánicas e incendios forestales **(Monroy, 2014).**

Polvos

Se encuentran en partículas sólidas pequeñas (1-1000 micras), se forma por fragmentación en procesos de molienda, cribado, explosiones y erosión del suelo. Estas partículas se desplazan mediante corrientes de aire **(Lozano, 2009).**

2.1.2 Material particulado a nivel mundial

Según la **Organización Mundial de la Salud (2004),** existe cuatro contaminantes comunes en el aire que son: material particulado sedimentable (MPS), ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2). Estudios han revelado pruebas para el O_3 y el MPS, que indican un riesgo para la salud con las concentraciones que hoy se observan en numerosas ciudades de los países desarrollados. Tanto la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos como la Comisión Europea (AEMA) han utilizado un procedimiento para revisar sus normas de calidad del aire para el MPS. Se alienta a los países a examinar la adopción de una serie de normas cada vez más estrictas y a hacer un seguimiento de los progresos mediante la vigilancia de la reducción de las emisiones y la disminución de las concentraciones de MPS.

2.1.3 Factores meteorológicos

Villacrés (2015), indica que 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, las precipitaciones y dirección del viento.

2.1.4 Precipitaciones

Es el agua ya sea sólido o líquida que es recogida sobre la superficie terrestre, lo que incluye la lluvia, granizo o nieve. Está expresado en mm que se refiere a la medición en altura de precipitación; es decir la altura obtenida por la caída de un litro de lluvia sobre un metro cuadrado **(Sánchez, 2008).**

2.1.5 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).

2.1.6 Dirección del viento

Mide la orientación del viento a partir del norte geográfico y se expresa en grados **(Meruane & Garreaud, 2005).**

2.1.7 Muestreo pasivo

Una de las grandes ventajas de este tipo de muestreo es su bajo costo y además de ello es sumamente simple. Mas el tiempo de resolución de este método es bastante limitado, razón por la cual su análisis puede proveer únicamente información del promedio de las concentraciones **(Villacrés, 2015)**

2.1.8 Método Bergerhoff

Es el método de recolección de MPS más ampliamente utilizado en el área de control atmosférico, basado en la colocación de frascos en diversos puntos seleccionados estratégicamente para ser recolectados en el lapso de 30 días **(Linares, 2013).**

2.1.9 Análisis Gravimétrico

El análisis gravimétrico es un método analítico cuantitativo que se basa en la determinación de la concentración de una sustancia contaminante, basados en la medida de la masa de la muestra obtenida **(HARRIS, 2007).**

2.1.10 Norma de la calidad del aire

En el Ecuador existe una normativa ambiental que nos indica los límites permisibles en la atmósfera para diferentes contaminantes durante un determinado tiempo, cabe mencionar que el contaminante a tratar en este estudio es el MPS; la normativa ambiental vigente en nuestro país es el Texto Unificado de la Legislación secundaria del ministerio del Ambiente (TULSMA), emitida del Registro Oficial 725 del 16 de Diciembre del 2002, el libro VI anexo 4 está destinado a la normativa para la calidad del aire; el valor permisible de concentración del MPS es de 1 mg/cm^2 por un tiempo de 30 días y en cuanto a la OMS, el valor máximo establecido para que no exista ninguna clase de afección a la salud en menor, de 0,5 mg/cm^2 x 30 días **(Angulo, 2008).**

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis Nula

La cantidad del MPS no afecta el lugar de muestreo en las 13 estaciones de la ciudad de Ambato.

2.2.2 Hipótesis Alternativa

La cantidad del MPS afecta el lugar de muestreo en las 13 estaciones de la ciudad de Ambato.

2.3 Señalamiento de Variables de la hipótesis

2.3.1 Variables independientes

Lugar de muestreo

2.3.2 Variables dependientes

Cantidad del MPS.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

- Cartones para 13 jarras.
- Recipiente colector plástico (Jarra)
- Malla de 1 mm de acero inoxidable.
- Alambre delgado.
- Escalera.

3.2 Método In situ

3.2.1 Localización



Figura 1. Núcleo urbano de Ambato
Adaptado de **ArcGIS (2013).**

En la **Figura 1** se puede observar los 13 puntos de muestreo que están ubicados en toda la ciudad de Ambato.

Según el **Instituto Geográfico Militar (2016)**, las coordenadas en las que se extiende la ciudad de Ambato son:

Norte:
Norte: 765191
Este: 9865489
Limitado con la parroquia de Augusto Martínez, Atahualpa y Izamba.

Sur:
Norte: 761415
Este: 9855967
Limitado con Huachi Grande y Santa Rosa

Este:
Norte: 770582
Este: 9861673
Limitado con la parroquia de Picaihua

Oeste:
Norte: 761468
Este: 9861242
Limitado con Santa Rosa, Quisapincha y Pinllo

3.2.2 Zonas Seleccionadas

Según **Villacrés (2015),** la elección de los lugares de monitoreo, se fundamentó en la zonificación del suelo urbano de la ciudad de Ambato, debido al crecimiento poblacional ha sido necesaria la delimitación de las zonas basados en límites naturales y jurisdiccionales, en donde han sido

establecidas un número específico de plataformas, estas pueden identificarse de manera geográfica observando el sucesivo escalonamiento, acenso desde las orillas del río Ambato hasta las planicies situadas en el sector suroriental, junto con las pendientes occidentales de la cordillera.

Al determinar los sitios de ubicación, se buscó entre otras cosas que el sitio de muestreo esté relativamente alejado de una muestra puntual de contaminación o emisión de material particulado sedimentable, puesto que lo que se busca es la obtención de una muestra representativa del sector en general.

La ciudad de Ambato se halla dividida en 4 plataformas:

Plataforma 1.

Es la constituida por el área delimitada por el trazado de la vía y existencia de manzanas integrada longitudinalmente en los sectores de: Miraflores, La Matriz, San Francisco, La Merced e Ingahurco.

LÍMITES:

Norte: Río Ambato, desde la intersección del puente Jaramillo hasta la del Puente del Socavón

Este: río Ambato, desde la intersección del Puente del Socavón, hasta el punto Geográfico de coordenadas E-765884,46, N.9`863.010,12.

Sur: desde las coordenadas E-765884,46, N.9`863.010,12., por la calle Francia, hasta la intersección con la vía a Quillán y de ahí, hasta la escalinata (Irlanda) continua hacia arriba hasta la avenida Indoamérica, (redondel de Juan Montalvo), sigue por la avenida de Las Américas hasta el redondel de la Plazoleta Cumandá; continúa por la avenida El Rey, avenida Quiz Quiz, calle Túpac Yupanqui, hasta intersección con la 13 de Abril y por esta hasta la Calle Pizarro, Calle Pizarro hasta la intersección con la avenida 12 de Octubre,

avenida 12 de Octubre hasta el P.G. E-762.714,73, N-9`861.477,27, línea recta hasta P.G.

E-762.700.46, N- 9`861.470,26 por la escalinata hasta la intersección con la avenida Manuela Sáenz.

Oeste: Intersección escalinata con la avenida Manuela Sáenz y por esta hasta el puente Jaramillo sobre el Río Ambato.

ÁREA BRUTA: 383,67 has.

Plataforma 2:

Constituida por el área delimitada por la ribera occidental del Río Ambato, las laderas de la cordillera de Tusaló, Pinllo, Inapisí, que se extienden de forma longitudinal formando una franja que parte desde Ficoa hasta el puente de la Avenida Indoamérica.

LÍMITES:

Norte: Acequia Chacón Sevilla, calle Los Higos, calle Periódico La Linterna Mágica, calle Periódico El Convencional, calle Periódico El Alcance, laderas Norte de Pinllo hasta el P.G. E-762724, N-9`865.111, Quebrada La Sorda, acequia Chacón Sevilla, cota 2600 (límite urbano) calle Algarrobo, laderas bajas de San Luis, avenida Rodrigo Pachano.

Este: Calle Quezaltenango

Sur: Calle Quezaltenango con Av. Indoamérica, puente curvo, riberas Norte del Río Ambato hasta el P.G. E-761.637, N-9`861.412

Oeste: Del punto anterior al cruce con la acequia Chacón Sevilla.

ÁREA de aproximadamente 443,12 Has.

Plataforma 3:

Es el sector más alto de la ciudad, extendido desde el talud de la primera plataforma, hacia la parroquia de Huachi Grande, presente entre las pendientes del cerro Casigana y las de Pishilata, es el área más extensa de ocupación urbana de la ciudad, en donde existe mayor posibilidad de que el sector residencial se expanda.

LÍMITES

Norte: Manuela Sáenz intersección Pedro Salinas hasta las escalinatas por esta al punto P.G. E -762.714,73; N- 9´861.477,27 línea recta hasta P.G. E-762.700.60, N-9`861.470,26, calle 12 de Octubre, Francisco Pizarro hasta la avenida Atahualpa, 13 de Abril, Túpac Yupanqui, Quiz Quiz, Archidona, avenida El Rey hasta el Redondel Cumandá, avenida Las Américas hasta el redondel Juan Montalvo, avenida Indoamérica, escalinata Irlanda hasta la intersección con la vía Quillán, por esta a la intersección con la calle Francia; por la calle Francia hasta el P.G. E- 765.884,60 N- 9´863.010,20 en el Río Ambato

Este: Intersección de la calle Francia con el Río Ambato en el P.G. E-765.884,46 N-9`863.010,12; Río Ambato aguas abajo hasta la intersección con la quebrada Picaihua en el sector de las Viñas.

Sur: Intersección de la quebrada Picaihua con el Río Ambato en el sector las Viñas, por esta quebrada aguas arriba hasta el punto P.G. E-769.698,84, N-9`859.912,65 en el sector La Floresta en línea recta hasta empalmar con el camino Simón Bolívar-San Juan en el P.G. E-770.094,86, N-9´859.593,82, por este camino hasta el sector Calicanto, sigue en dirección centro poblado de Picaihua hasta la intersección con la calle “D”, por la calle s/n hasta la intersección con la José Ingenieros, por esta hasta la intersección con la avenida Pitágoras, avenida Pitágoras hasta el Redondel de Terremoto, paso Lateral hasta el intercambiador Huachi Grande, a continuación por la calle Fernando Larrea hasta la intersección con la avenida Manuela Saenz.

Desde la intersección de la Manuela Sáenz con la Fernando Larrea, por esta hasta la Remigio Romero, por esta hasta la intersección con la José Peralta hasta el punto P.G. E-762.042, N-9'858.091 que intersecta con un camino vecinal existente, por este hasta la intersección con la Pérez Pazmiño; por la Pérez Pazmiño hasta la intersección con la Espinoza Polit; por la Espinoza Polit hasta el punto P.G E-762.248, N-9'858.725; de esta la cota 2850 (limite urbano) hasta la calle Carlos Andrade Marín hasta la Antonio Clavijo, Joaquín Araujo, Francisco de Garaicoa, cota 2850 , por esta hasta el río Ambato.

ÁREA BRUTA: 4.603,66 Has

Oeste: Intercambiador Huachi Grande, Avenida Atahualpa, hasta la calle Enrique Gil Gilbert, calle Vicente León, calle doctor Víctor Manuel Peñaherrera hasta la intersección con la Quintiliano Sánchez, calle s/n hasta la intersección con Manuela Sáenz por esta hasta la calle Ismael Pérez Pazmiño por esta hasta la Cota 2850 (límite urbano), calle Carlos Andrade Marín, Antonio Clavijo, Miguel de Araujo, Javier Garaicoa, Cota 2850 por esta hasta el Río Ambato.

ÁREA BRUTA: 4.586,07 Has

Plataforma 4:

Esta plataforma posee una tendencia de asentamientos debido a que se encuentra en torno a los corredores urbanos importantes como la Panamericana Norte y las vías que conectan las parroquias de Izamba, Martínez y Atahualpa explican la rapidez de urbanización en el área identificada entre las parroquias mencionada y los sectores de: Macasto, El Pisque, Laderas de San Luis, Yacupamba y Quillán Loma, entre otras.

LÍMITES:

Norte: P.G. E-764.580, N-9`867318, P.G. E-765992, N-9`867197, Av. Tnte. Hugo Ortiz,

P.G. E-766290, N-9`868743, vía a Macasto, P.G. E-767784, N-9`868424, P.G.E-768119, N-9`868902, P.G. E-768380, N-9`868751, P.G. E-768506, N-9`868449,P.G. E-768783, N-9`868331, P.G. E-768900, N-9`867466, P.G. E-769.018, N-9`867475, P.G. E-769026, N-9`866308, Paso lateral, intersección Antonio de Ron, Antonio de Ron intersección doctor Julio Castillo Jácome, doctor Julio Castillo Jácome intersección General José de San Martín, General José de San Martín.

Este: General José de San Martín, intersección borde superior Laderas del Río Culapachán, P.G. E-770928, N-9`866986, borde superior laderas Río Culapachán, P.G. E-773101, N-9´864537.

Sur: P.G. E-773101, N-9`864537, borde superior laderas de Izamba, P.G. E-769866, N-9`865241, calle Modesto F. Chacón, borde superior laderas de Izamba, calle Villa Rica, intersección quebrada La Victoria, quebrada La Victoria, intersección calle Guantánamo, calle Guantánamo, intersección calle Punta del Este, Punta del Este intersección calle Barquisimeto, calle Barquisimeto intersección avenida Indoamérica, P.G. E-766756,13, N-9.863.630,71, P.G. E-766783,81, N-9.863.721,06, calle Cártago intersección avenida Rodrigo Pachano, avenida Rodrigo Pachano Palo Santo, cerramiento posterior Quinta La Liria, intersección calle el Carrizo, P.G. 764669, N-9`864771.

Oeste: Intersección calle el Carrizo y El Algarrobo, calle El Algarrobo, P.G. E-764.903,05 N-9`864.933,34, calle Caña Guadua, intersección borde superior quebrada El Gallinazo, borde superior quebrada, intersección calle La Ceiba, intersección calle el Algarrobo, calle Algarrobo, P.G. E-764580, N-9`867318 **(Fernando & Barona, 2009)**

Los puntos de monitoreo del aire fueron ubicados en toda las plataformas con el fin de abarcar a toda la ciudad, así pues se colocó 2 jarras en la plataforma 1, 1 jarra en la plataforma 2, 6 jarras en la plataforma 3, 2 en la plataforma 4, 1 zona urbana de santa rosa, 1 sin zonificación.

3.2.3 Factores del sitio de muestreo.

3.2.3.1 Precipitación de polvo

Según **Linares (2013),** se necesita un mes para calcular la cantidad de polvo que se sedimenta utilizando un recipiente colector, que es muy útil para calcular el flujo de sustancias tóxicas, como metales pesados, del aire a los suelos. Al terminar los 30 días la muestra se evapora y se determina el peso seco. El método Bergerhoff, es usado en países como Alemania y Suiza.

3.2.3.2 Infraestructura

El modelo que se emplea para la determinación de la precipitación de polvo es mínima que consiste en un recipiente colector plástico (jarra) que funciona como contenedor. La jarra tiene un anillo contra aves e insectos para evitar que ingrese material inadecuado en el recipiente, lo que causa alteración en los resultados. La jarra se colocó encima de un poste o sobre un edificio, como se puede apreciar en la **Figura 2**.

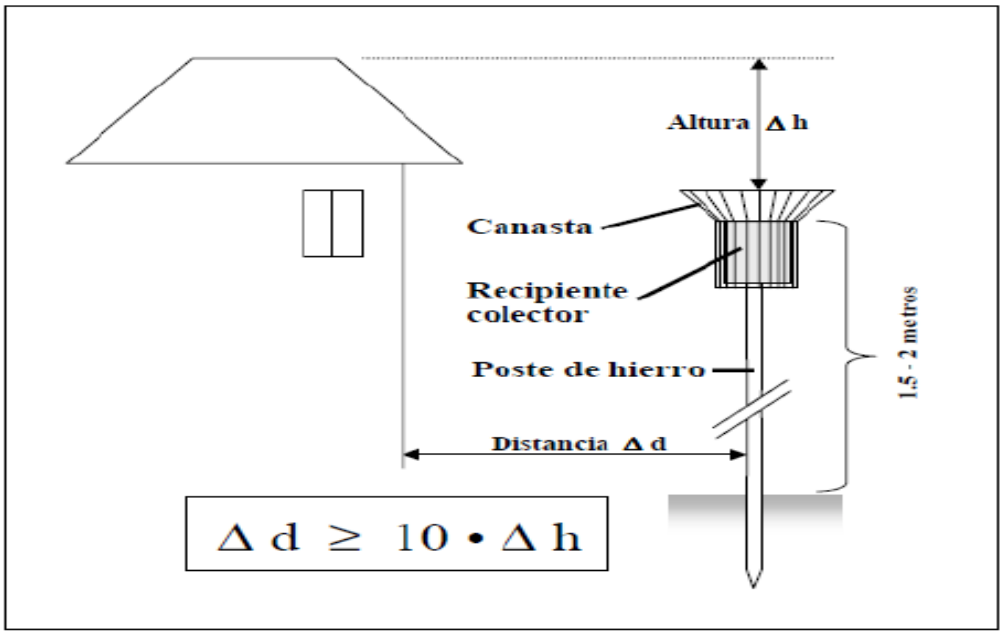


Figura 2. Esquema del sistema Bergerhoff
Adaptado de **Linares (2013).**

3.2.3.2 Determinación del tiempo de muestreo.

El GAD-Municipal de Ambato propuso que el tiempo de muestreo es indefinido, basados en la referencia de un buen muestreo para la elaboración de este proyecto se realizará por 6 meses, debido a que cada mes ocurre una variación en las variables meteorológicas y se puede observar el nivel de contaminación.

Es justamente que el tiempo de investigación del MPS es desde Enero 2016 hasta Julio 2016

3.2.3.2 Determinación de la frecuencia de muestreo.

El MPS es un contaminante del aire que se calculó cada 30 días, por lo tanto el muestreo y cambio de jarra se realizó en este tiempo.

3.3 Método In vitro

3.3.1 Materiales de Laboratorio

- Vaso de precipitación de 400 o 500 ml
- Pinzas
- Estufa
- Varilla de agitación
- Plancha de calentamiento
- Desecador
- Marcador permanente
- Balanza analítica
- Agua destilada

3.3.2 Desarrollo del método de Bergerhoff

3.3.2.1 Recolección de la muestra

Primeramente para la recolección de la muestra se observó que los materiales estén bien lavados un día con anticipación esto se realizó después de cada muestreo con detergentes ligeros y se colocó agua destilada al final del lavado.

En cada punto que se encuentra la jarra se observó que si no se encuentra en épocas lluviosas se debe colocar de 100 a 200 ml de agua destilada para poder obtener toda la muestra de la jarra.

Se colocó una malla metálica con el fin de que no entre ningún contaminante deseado y se colocó en el punto destinado asegurándolo con alambres, para que la jarra se mantenga inmóvil durante el tiempo de muestreo.

3.3.2.2 Retiro de la muestra

Al pasar los 30 días, nos dirigimos al punto de muestreo, retiramos la jarra, la descubrimos de la malla metálica y la tapamos y etiquetamos.

Si se observa alguna anomalía en el sitio de muestreo se debe anotar en una hoja de campo en el área de observaciones, en la cual también se encuentra el registro de la hora y fecha de puesta y retiro de la jarra, ya que en la hoja se puede calcular cuando será el retiro de la siguiente muestra.

Después de recoger todas las jarras se trasladó al laboratorio, en donde se realizó el análisis respectivo, si no se realiza el mismo día, se puede guardar en el refrigerador, en donde la luz no afecta la muestra y de esta manera evitar el crecimiento de microorganismos.

Se considera que las muestras no deben ser guardadas por un lapso de tiempo mayor a 14 días.

3.3.2.3 Análisis

Para obtener el Peso 1 se empleó una adaptación de la metodología de **Villacrés (2015).** Este proceso se realizó en el laboratorio de Físico Química (FCIAL), en el cual se lavó los materiales con detergentes suaves, realizando un enjuague con agua destilada, a continuación se secó al aire libre por unos minutos, el secado de los vasos de precipitación se ejecutó en la estufa por un lapso de 2 horas a una temperatura de 105°C. Una vez que se obtuvo los vasos de la estufa con pinzas, procedemos a la colocación de los mismos por el lapso de una hora en la desecadora. Se sacó los vasos con pinzas y se etiquetó con marcador permanente. Ingresamos uno por uno los vasos en la balanza analítica (previamente calibrada), y obtenemos el valor del peso del vaso vacío, por último se registró el peso en nuestra hoja de datos, P1.

El proceso de la obtención del P1 se ilustra en la **Figura 3.**

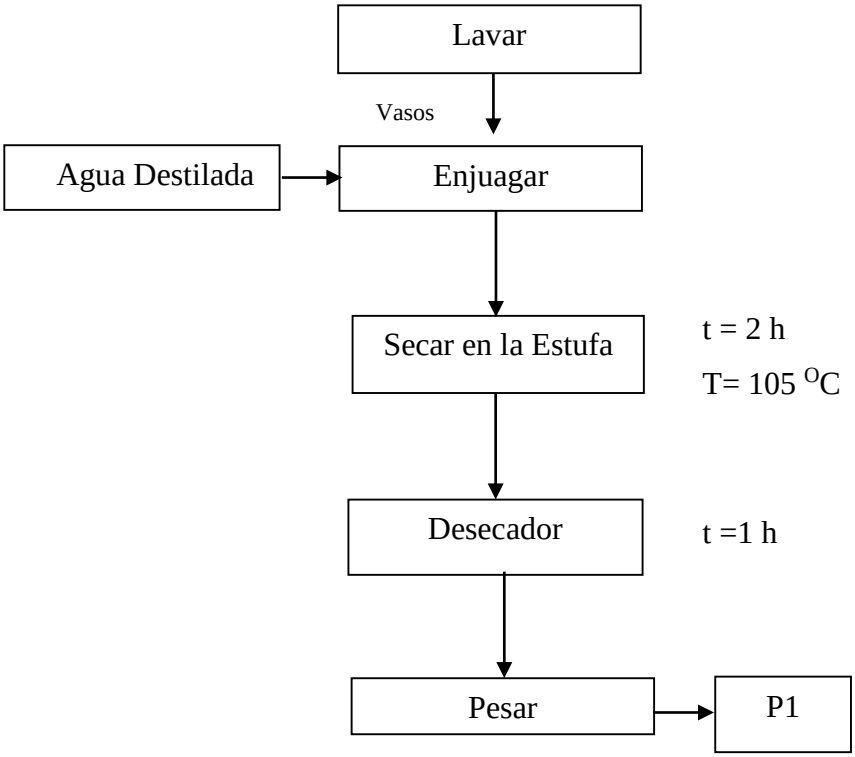


Figura 3. Obtención del Peso 1 para el cálculo del MPS.
Adaptado de **Villacrés (2015)**.

Después de la recolección de las jarras procedemos en el laboratorio los siguientes pasos: Se transfirió la muestra a un vaso de precipitación (previamente preparado), con la ayuda de pinzas sacamos cualquier material extraño que pudo haber ingresado en la muestra como insectos u hojas que afectarían a la muestra alterando su valor, a continuación se empezó con el proceso de evaporación, colocando los vasos en la placa calefactora dentro de la cámara de extracción de gases, para evitar cualquier contaminación por polvo dentro del laboratorio. La temperatura de la placa calefactora no debe ser mayor de 80 °C, vigilando en todo momento que la muestra no llegue al punto de ebullición. Una vez que el líquido de la muestra ha reducido su volumen considerablemente, con aproximadamente 20 mL se procedió a retirar los vasos de la placa calefactora con la ayuda de unas pinzas. Se colocó los vasos en la estufa a una temperatura de 105°C por el lapso de 2 horas, transcurrido este tiempo, se retiró los vasos de la estufa con pinzas y se trasladó al desecador en donde lo dejamos por el lapso de 1 hora. Por último los vasos del desecador se colocaron en la balanza analítica para pesar la muestra y se registró el peso en nuestra hoja como P2.

El proceso de la obtención del P2 se ilustra en la **Figura 4.**

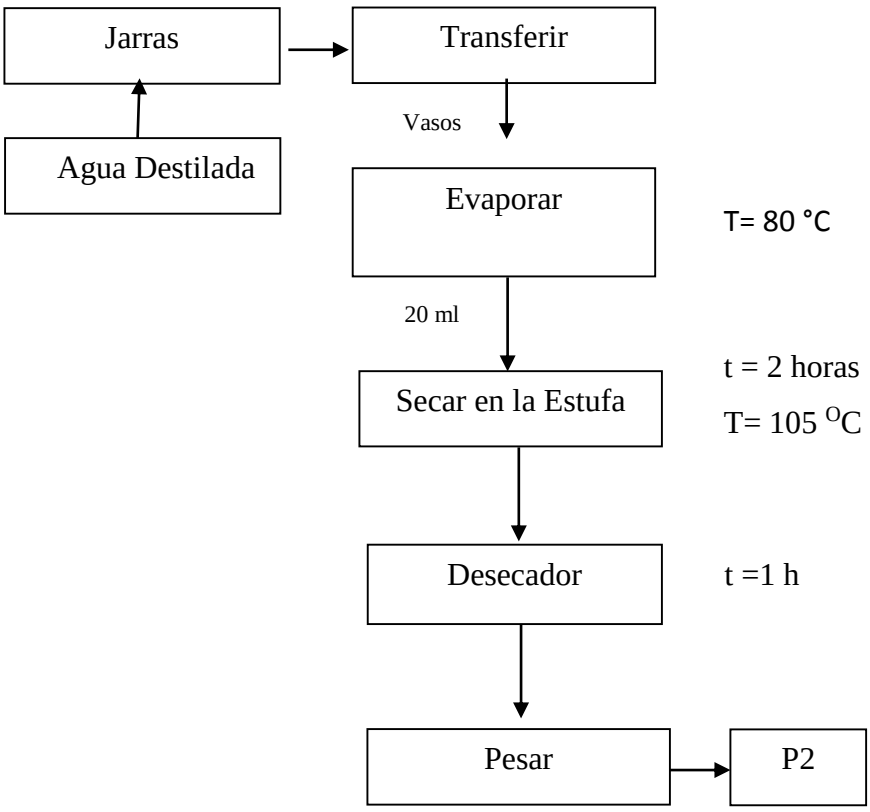


Figura 4. Diagrama del Pesado de las muestras.
Adaptado de **Villacrés (2015).**

3.3.2.4 Cálculos.

- Determinamos el área de captación de la jarra.
- Medimos el diámetro de la jarra
- Anotamos este valor, y lo dividimos para 2, para obtener el valor del radio.

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{A = \pi r^2}$$

(Ec. 1)

- Con esta fórmula obtenemos el valor del área de captación de la jarra en cm^2.

Aplicación de la fórmula para la determinación del MPS.

- Para obtener el resultado en primer lugar debemos transformar el valor del peso obtenido en gramos a miligramos
- A continuación aplicamos la siguiente fórmula:

$$MSP(\frac{mg}{cm2\ .30\ días}) = \frac{P2 - P1}{A.T}$$

(Ec. 2)

Donde:

MPS= material particulado sedimentable expresado en miligramos por centímetro cuadrado por 30 días.
P2= Peso del vaso con la muestra expresado en miligramos
P2= Peso del vaso vacío en miligramos.
A= área de captación de la jarra expresada en centímetros cuadrados.
T= 30 días de muestreo **(Linares, 2013).**

3.3.2.4 Análisis Estadístico.

Las 13 muestras obtenidas por mes se ubicaron en bloques, en donde cada fila corresponde a una determinada estación. El propósito es realizar comparaciones precisas entre los tratamientos (lugar de muestreo, mes de muestreo) que se hallan bajo estudio.

Al colocar los valores en bloques podemos conseguir que la varianza del error experimental se reduzca y controle, de esta forma podremos obtener un resultado más preciso y confiable.

Al decir que el diseño es completamente aleatorizado estamos asumiendo que los valores de las muestras tienen cierto grado de homogeneidad en cada bloque.

Si nuestra elección de bloques ha sido correcta, existirá una menor variación entre las unidades experimentales tanto dentro de los bloques si se la compara con la variación entre unidades experimentales de bloques distintos **(Villacrés, 2015).**

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis del MPS

En la **Tabla 1** se puede observar la cantidad de MPS de la ciudad de Ambato, en la cual la medición más alta de los seis meses fue en la estación de Huachi Chico, que sobresale en el rango de 1 mg/cm^2 x 30 d, y la más baja en los seis meses fue en la estación ESFORSE. Se indica que los puntos que tienen valores altos son debido a las emisiones de partículas totales al ambiente, ya que no existe un control de emisiones vehiculares e industriales.

Tabla 1. Resultados de MPS en el periodo Enero 2016-Junio 2016 expresados en mg (MPS)/ cm²*30 d

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Luis A. Martínez	0,51750	0,85208	0,51981	0,25743	0,28911	0,31288
Techo Propio	0,98880	0,83985	0,84036	0,68516	0,43565	0,50298
Bomberos Ingahurco	0,48978	0,87654	0,45050	0,30892	0,19802	0,22971
ESFORSE	0,74853	0,66047	0,37686	0,19802	0,25743	0,23763
Mercado Modelo	1,31685	0,99885	0,35087	0,29703	0,21387	0,24555
Izamba	0,82708	0,90101	0,64976	0,45941	0,38813	0,38020
San Alfonso	0,93797	2,05478	0,51548	0,33664	0,13466	0,29307
Huachi Chico	1,83436	2,38909	1,40349	1,32676	0,87922	1,19606
DTTM	0,45743	1,20270	0,37686	0,30100	0,18614	0,22179
Huachi La Magdalena	1,08583	3,02510	0,59778	0,60991	0,51090	0,51882
Santa Rosa	0,53136	3,03325	0,43751	0,45545	0,37228	0,51882
Parque de la Familia	0,52674	4,34195	0,31189	0,20594	0,19802	0,21783
Consejo de la Judicatura	0,58912	1,56555	0,73640	0,29307	0,23367	0,51882

4.2. Análisis de los datos obtenidos con la Norma Técnica vigente: Reforma Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente (TULSMA)

Para el cumplimiento de las normas ambientales en la actualidad existe una problemática debido a la contaminación del medio ambiente que es un inconveniente a nivel de todo el Ecuador. La ciudad de Ambato a través del GAD Municipal de Ambato permite inspeccionar e indagar sobre el problema ambiental del aire por medio de normas que se verifican con investigaciones diarias, mensuales y anuales.

El nivel de MPS excede en varias estaciones los límites fijados en la Norma Técnica Vigente TULSMA con una máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado (1 mg/cm^2 x 30 d) **(Vargas, 2015).**

La estación Huachi Chico se excede del valor límite los meses Enero, Febrero, Marzo, Abril y Junio con valores de 1,83436, 2,38909, 1,40349, 1,32676, 1,19606 (mg/ cm^2 x 30 d), lo cual se ilustra en la **Tabla 1.**

4.3 Variables meteorológicas

Las condiciones meteorológicas son de gran importancia en la contaminación atmosférica registrando las variaciones de la calidad del aire en un determinado tiempo. Los factores ambientales que intervienen en el monitoreo del aire son los siguientes:

4.3.1 Influencia de la dirección del viento

La dirección del viento tiene una mayor importancia en el estudio ya que las partículas se trasladan de acuerdo al movimiento del aire, en la **Tabla 2** se observa las direcciones del viento de acuerdo a sus coordenadas en el año

2015 y 2016, por lo cual la mayor cantidad de MPS se encuentra en la zona Sur y Sur Este.

Tabla 2. Dirección del viento de la ciudad de Ambato

MESES	DIRECCION DEL VIENTO
ene-15	45° SSE
feb-15	71° SSE
mar-15	45° SSE
abr-15	53° SSE
may-15	52° SSE
jun-15	67° S
ene-16	50° SSE
feb-16	75° SSE
mar-16	48° SSE
abr-16	55° SE
may-16	48 ° SE
jun-16	70° S

Fuente: Gobierno Provincial de Tungurahua, 2016

4.3.2 Influencia de la velocidad del viento

La mayor velocidad de viento se observó en el mes de abril de acuerdo a la **Tabla 3**, lo cual tiene una estrecha relación con las concentraciones del MPS, existiendo variación en el mes de Febrero debido al proceso eruptivo del volcán Tungurahua.

Tabla 3. Velocidad del viento

MESES	Velocidad del Viento (m/s)
ene-15	1,58
feb-15	2,02
mar-15	1,93
abr-15	1,9
may-15	1,78
jun-15	2,4
ene-16	1,68
feb-16	1,56
mar-16	1,4
abr-16	2,09
may-16	1,53
jun-16	1,71

Fuente: Gobierno Provincial de Tungurahua, 2016

4.3.3 Influencia de la Precipitación

En el mes de Abril se aprecia un incremento en la cantidad de precipitación debido a las excesivas lluvias por ende la cantidad de MPS es menor, como se indica en la **Tabla 4.**

Tabla 4. Precipitación

MESES	PRECIPITACION (mm)
ene-15	41,3
feb-15	21,5
mar-15	48,7
abr-15	21,7
may-15	48,2
jun-15	40,3
ene-16	16,4
feb-16	28,1
mar-16	12,4
abr-16	50,4
may-16	40,3
jun-16	36,2

Fuente: Gobierno Provincial de Tungurahua, 2016

4.4 Análisis estadístico

Se realizó el análisis estadístico con la herramienta **Statgraphics Centurión** para encontrar el análisis de varianza (ANOVA), el cual es un método que se emplea para comparar los resultados de los replicados obtenidos variando en nuestro caso el tiempo de medición de Enero 2016-Junio 2016.

4.4.1 Anova

Tabla 5 Análisis de varianza para A (Lugares) y B (Meses)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A-Lugares	7,07527	12	0,589606	2,52	0,0093
B-Meses	18,3821	5	3,67641	15,73	0,000
Residuos	14,0264	60	0,233773		
Total (Corregido)	39,4838	77			

***Tabla de Análisis de Varianza (ANOVA). Contraste de la hipótesis nula (Ho) de los promedios muestrales de los 13 puntos de monitoreo. Valor p > 0,05 se acepta Ho. Valor p < 0,05 se rechaza Ho.

La **Tabla 5** descompone la variabilidad del MPS en contribuciones debidas a varios factores. La contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre MPS con un 95,0% de nivel de confianza.

4.4.2 Prueba de Múltiples Rangos

Tabla 6. Pruebas de Múltiple Rangos para MPS por lugares.

LUGARES	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
ESFORSE	6	0,413156	0,197389	X
Bomberos Ingahurco	6	0,425578	0,197389	X
DTTM	6	0,457653	0,197389	X
Luis A. Martínez	6	0,458136	0,197389	X
Mercado Modelo	6	0,570505	0,197389	XX
Izamba	6	0,600932	0,197389	XX
Consejo de la Judicatura	6	0,656105	0,197389	XX
San Alfonso	6	0,7121	0,197389	XX
Techo Propio	6	0,715467	0,197389	XX
Santa Rosa	6	0,891446	0,197389	XX
Parque de la Familia	6	0,967062	0,197389	XXX
Huachi La Magdalena	6	1,05806	0,197389	XX
Huachi Chico	6	1,50483	0,197389	X

***Prueba de múltiples rangos. Estimación de los grupos homogéneos al 95% de confianza

La **Tabla 6** indica que las medias son significativamente diferentes de otras, ejecutando una comparación al 95% de confianza. Además se menciona grupos homogéneos según la alineación de las X en la columna mostrando que entre aquellos niveles que comparten una misma columna de X no existe diferencia significativa.

Los valores con mayor cantidad de MPS son las Estaciones de Huachi Chico y Huachi La Magdalena, mientras que los valores con menores cantidades son ESFORSE, Bomberos Ingahurco, DTTM y Luis A. Martínez.

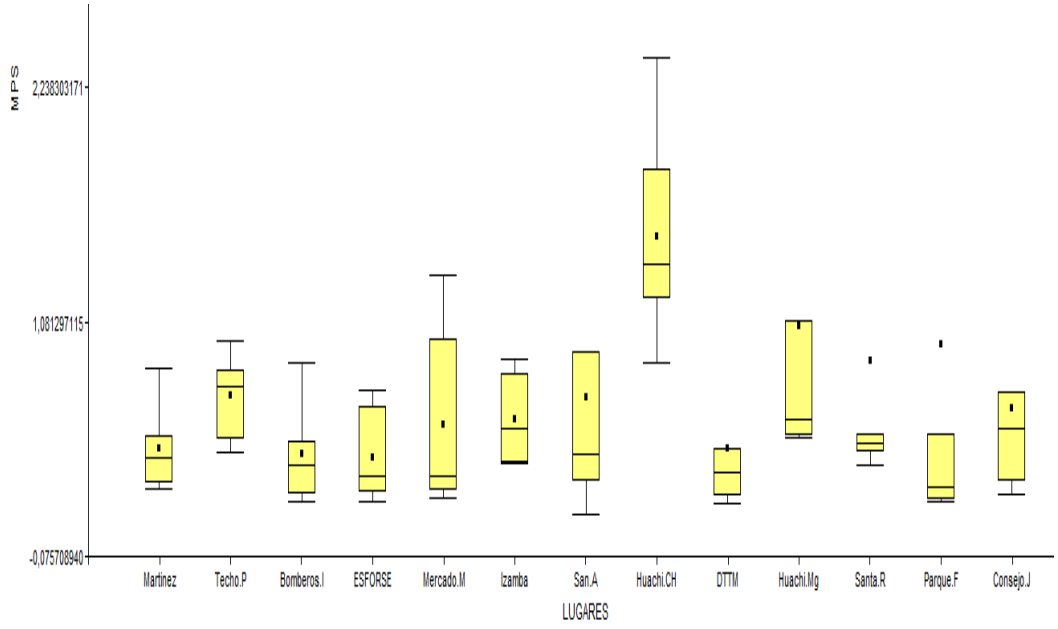


Figura 5. Niveles de MPS en trece estaciones de la ciudad de Ambato.

En la **Figura 5** observamos que la Estación con el nivel más alto de concentración de MPS es Huachi Chico, mientras que el valor menor es la ESFORSE y Santa Rosa.

4.5 Estadística descriptiva

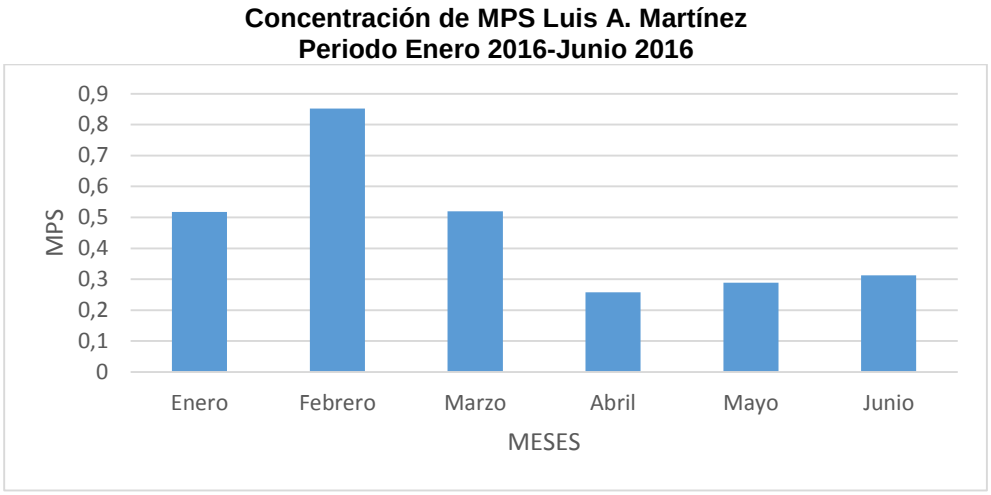


Figura 6. Concentración de MPS Luis A. Martínez en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En el lugar de muestreo ubicado en la Luis A. Martínez los meses Enero, Febrero y Marzo sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA ningún mes sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

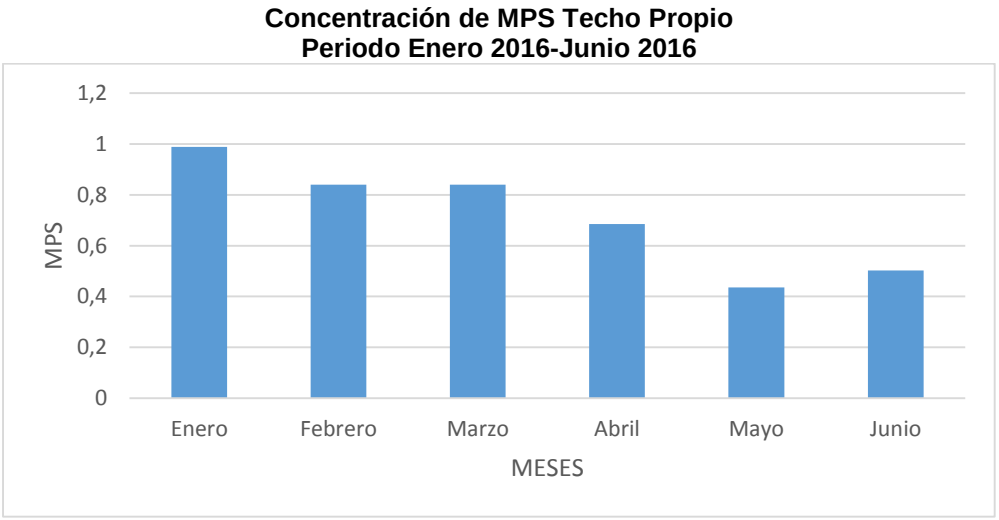


Figura 7. Concentración de MPS Techo Propio en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En Techo Propio los meses Enero, Febrero, Marzo y Abril sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA ningún mes sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

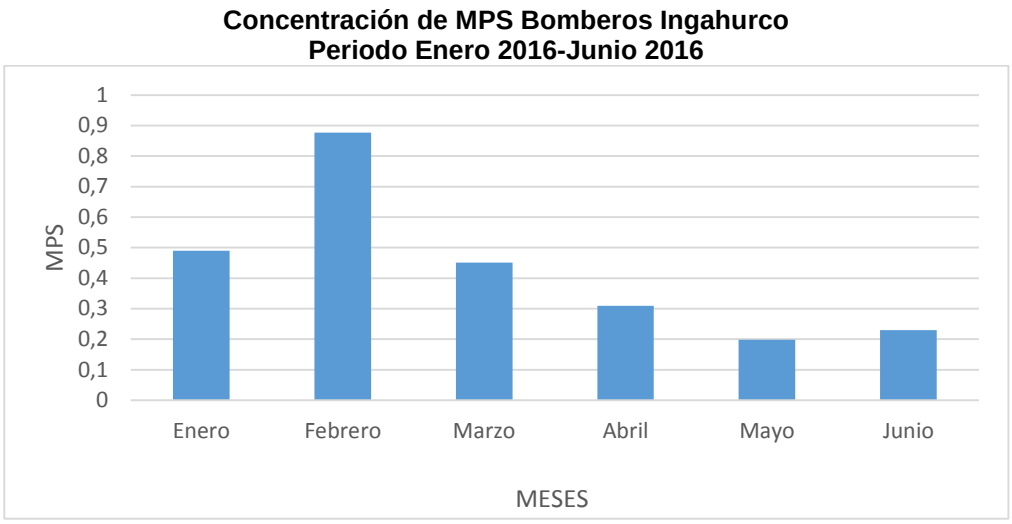


Figura 8. Concentración de MPS Ingahurco en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En los Bomberos Ingahurco solo el mes de Febrero sobrepasa la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA ningún mes sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

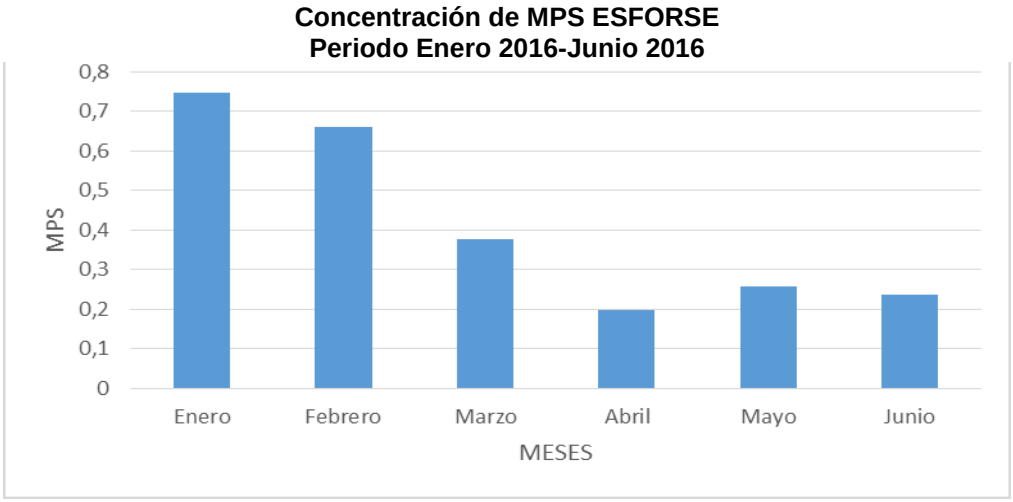


Figura 9. Concentración de MPS ESFORSE en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En la ESFORSE los meses Enero y Febrero sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA ningún mes sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

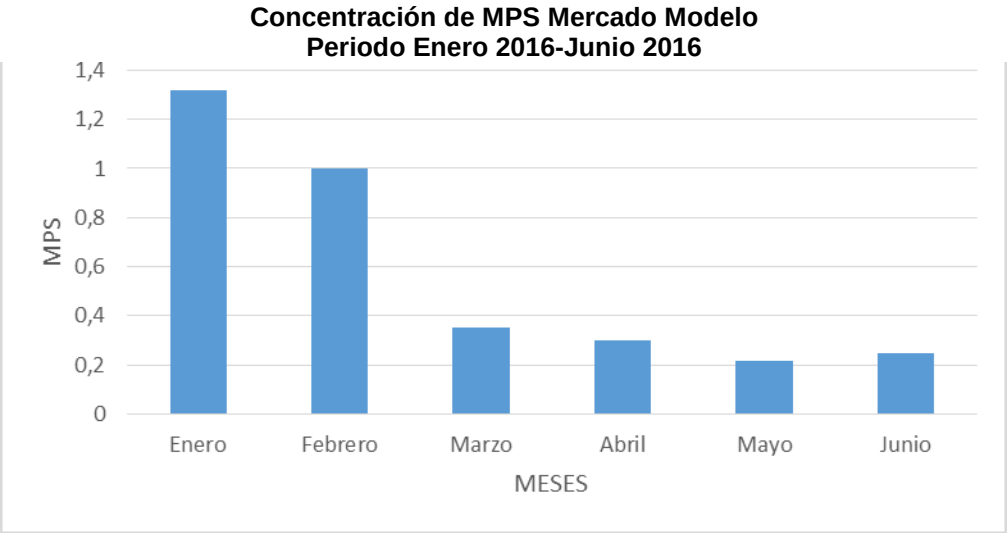


Figura 10. Concentración de MPS Mercado Modelo en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En Mercado Modelo los meses Enero y Febrero sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA el mes de Enero sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

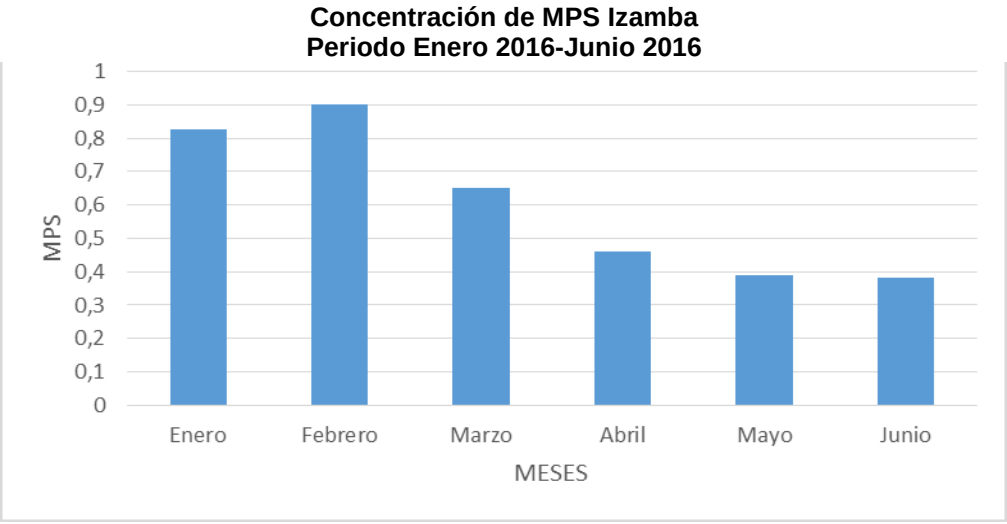


Figura 11. Concentración de MPS Izamba en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En Izamba los meses Enero, Febrero y Marzo sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA ningún mes sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

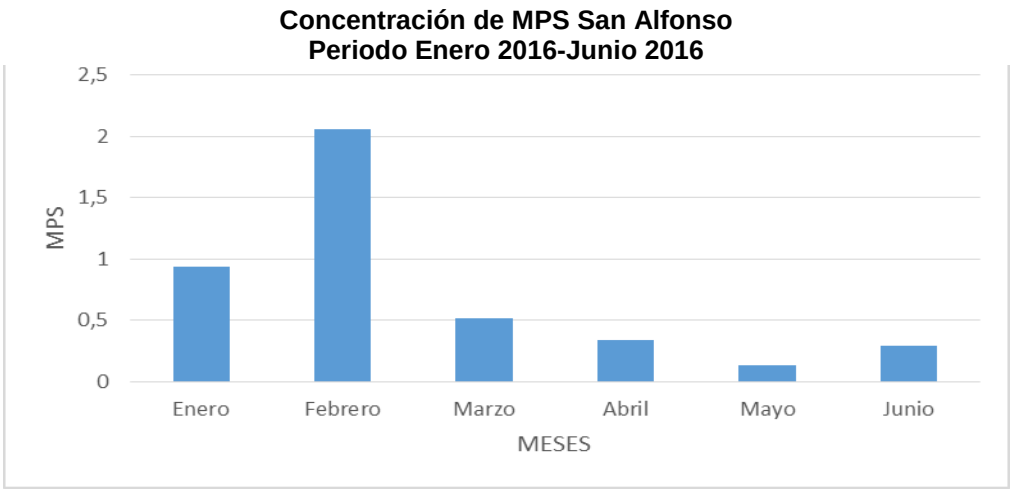


Figura 12. Concentración de MPS San Alfonso en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En San Alfonso el mes de Enero, Febrero y Marzo sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA el mes de Febrero sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

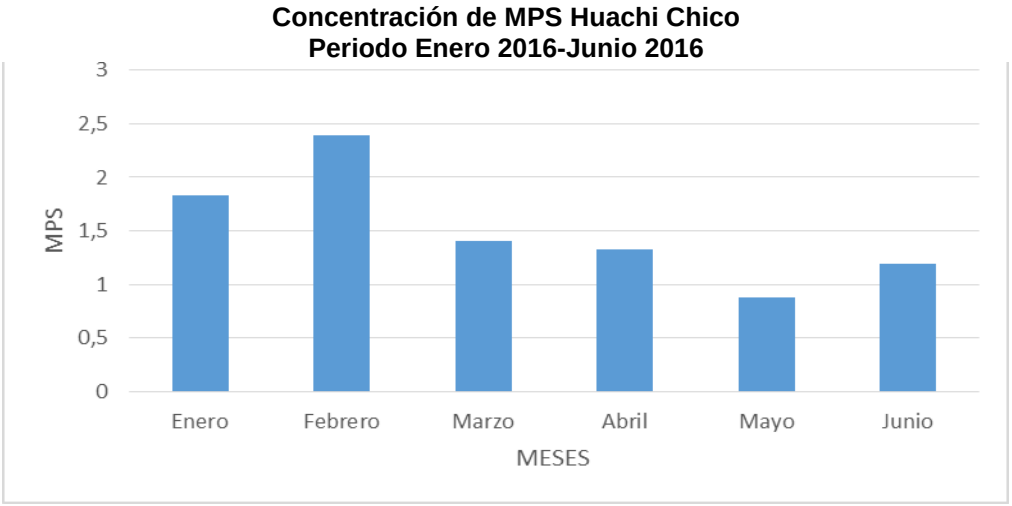


Figura 13. Concentración de MPS Huachi Chico en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En Huachi Chico todos los meses sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Junio sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

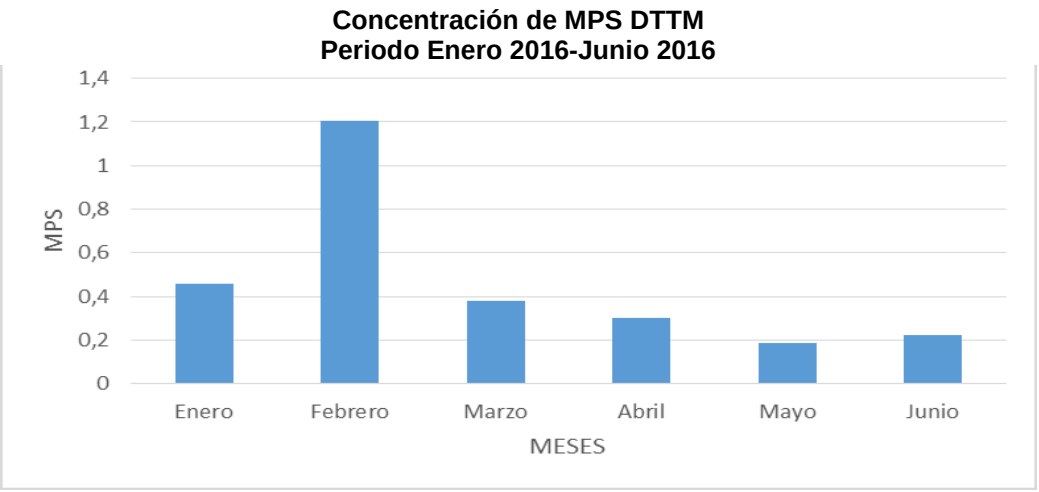


Figura 14. Concentración de MPS DTTM en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En la Dirección de Transito el mes de Febrero sobrepasa la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA el mes de Febrero sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

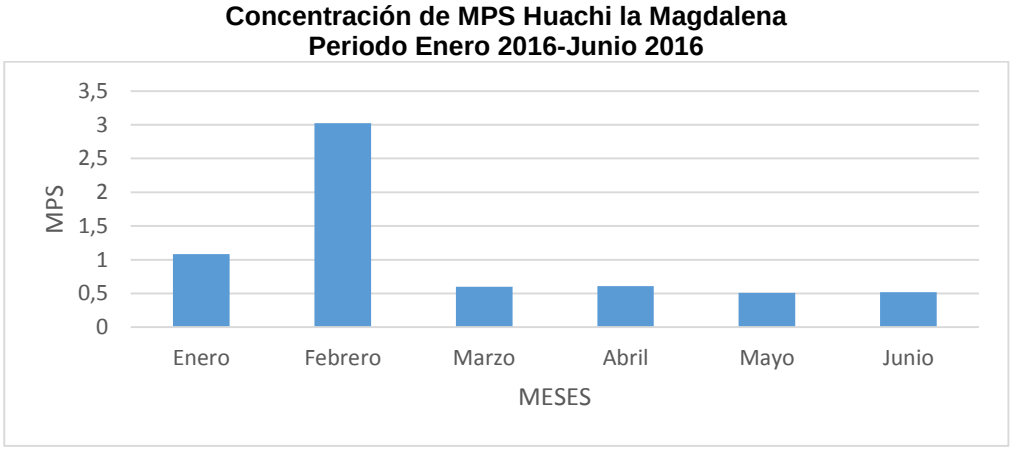


Figura 15. Concentración de MPS Huachi La Magdalena en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En Huachi La Magdalena todos los meses sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA el mes de Enero y Febrero sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

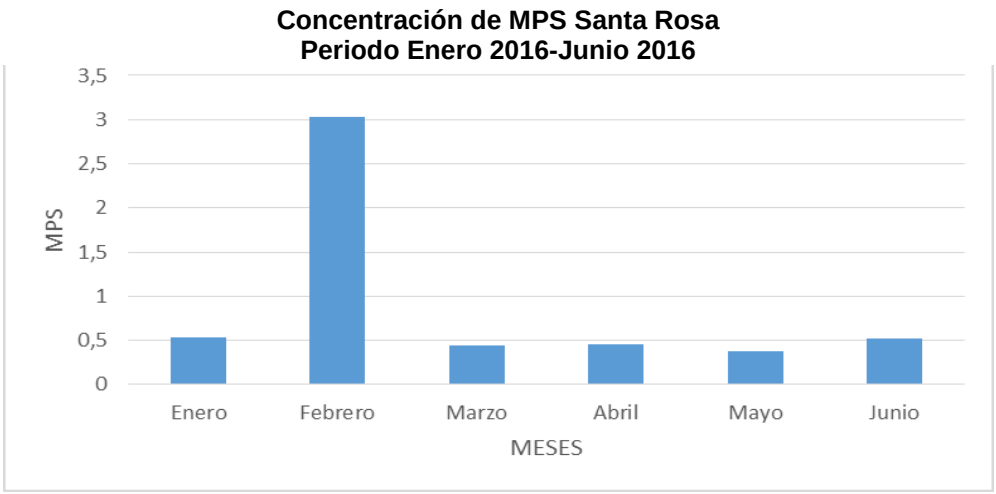


Figura 16. Concentración de MPS Santa Rosa en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En Santa Rosa los meses de Febrero y Junio sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA el mes de Febrero sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

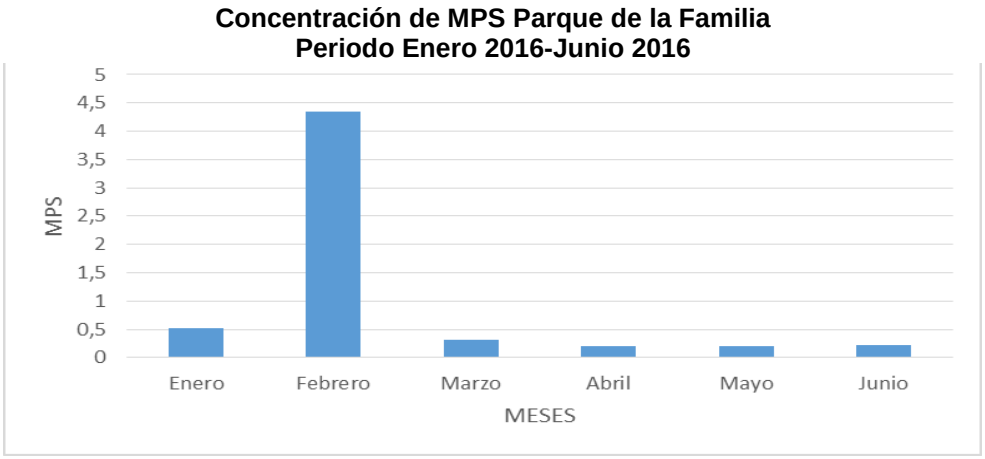


Figura 17. Concentración de MPS Parque de la Familia en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En el Parque de la Familia los meses de Enero y Febrero sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA el mes de Febrero sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

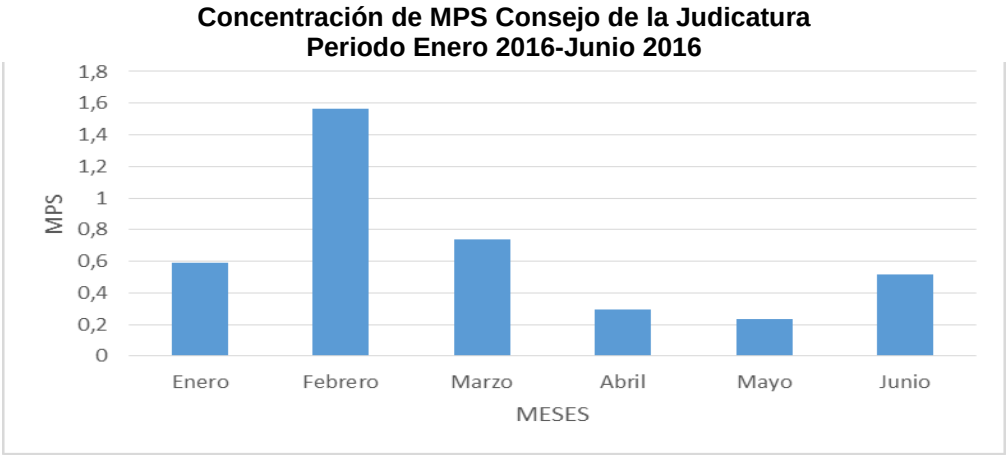


Figura 18. Concentración de MPS Consejo de la Judicatura en el Periodo Enero 2016-Junio 2016

En el Consejo de la Judicatura los meses de Enero, Febrero, Marzo y Junio sobrepasan la concentración de MPS establecido por la OMS que es de 0,5 mg/cm^2 x 30, mientras la norma TULSMA el mes de Febrero sobrepasa el valor establecido de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días.

4.6 Verificación de la hipótesis

Mediante los resultados obtenidos se rechazó la hipótesis nula por lo cual se acepta la hipótesis alternativa, la cual indica que la cantidad de MPS afecta el lugar de muestreo en las 13 estaciones de la ciudad de Ambato.

4.7 Plan de Manejo

El estudio se realizó para evaluar las concentraciones del MPS en la ciudad de Ambato y para conseguir una mejoría en la calidad del aire; Los datos analizados nos demuestran que en pocos puntos las concentraciones de MPS están fuera de la norma establecida de 1 mg/cm^2 por el tiempo de exposición de 30 días y en cuanto a la OMS, el valor máximo establecido para que no exista ninguna clase de afección a la salud en menor, de 0,5 mg/cm^2 x 30 días, están cerca de hacerlo, por ello es necesario que se tomen medidas correctivas y preventivas.

Para poder disminuir las cantidades de MPS se debe atacar a las fuentes de la que este proviene y establecer medidas de control.

En esta investigación el propósito es elaborar una propuesta de un Plan de Manejo para controlar o disminuir las concentraciones del MPS.

4.8 Objetivo del plan

4.8.1 Objetivo

Reducir las concentraciones del MPS en todas las zonas de estudio.

4.8.1.1. Metas

<table>
<tr><td>Meta 1</td><td colspan="2">Cambio de Arena por Material Sintético o Natural en Estadios de Futbol.</td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">Medidas: Remplazo de la Tierra por material sintético o césped Natural.</td></tr>
<tr><td>Sector</td><td>Huachi Chico</td></tr>
<tr><td>Responsable</td><td>GADMA</td></tr>
<tr><td>Cronograma</td><td>1-2 años</td></tr>
<tr><td>Meta 2</td><td colspan="2">Disminución del MPS proveniente de las calles y veredas</td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">Medidas: Asfaltar calles para evitar el levantamiento de partículas.</td></tr>
<tr><td>Sector</td><td>Techo Propio, Izamba, Santa Rosa, Huachi La Magdalena.</td></tr>
<tr><td>Responsable</td><td>Departamento de Planificación GADMA</td></tr>
<tr><td>Cronograma</td><td>1 año</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>Meta 3</td><td colspan="2">Control del 100% de las canteras de la ciudad de Ambato</td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">Medidas: Revisión de documentos que indique el permiso de operación.

Verificación de que el transporte de los materiales con partículas se encuentre con cubierta.</td></tr>
<tr><td>Sector</td><td>Todo Ambato</td></tr>
<tr><td>Responsable</td><td>Dirección de control Ambiental</td></tr>
<tr><td>Cronograma</td><td>3 meses</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>Meta 4</td><td colspan="2">Regularización de actividades de construcción</td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">Medidas: Sancionar a los ciudadanos que tengan en sus veredas materiales de construcción.

Sancionar a las actividades de construcción que no contengan cubierta</td></tr>
<tr><td>Sectores</td><td>Centro de la Ciudad de Huachi Chico y Techo Propio</td></tr>
<tr><td>Responsable</td><td>GADMA</td></tr>
<tr><td>Cronograma</td><td>Permanentemente</td></tr>
</table>

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los valores con mayor cantidad de MPS son las Estaciones de Huachi Chico con un promedio de 1.5 mg/cm^2 x 30 días y Huachi La Magdalena con 1.05 mg/cm^2 x 30 días, mientras que los valores con menores cantidades son ESFORSE, Bomberos Ingahurco, DTTM y Luis A. Martínez, en su mayoría son superiores al límite establecido por la norma TULSMA y por la OMS, por lo cual influye significativamente en la calidad del aire.

Las causas de contaminación que se generó en las Estaciones de muestreo por lo general son polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, esto es producido por procesos industriales, domésticos y de transporte. Naturalmente se originan por erosión, erupciones volcánicas e incendios forestales. Esto fue importante definir ya que en el mes de Febrero algunos valores subieron a causa del volcán Tungurahua.

En el plan de manejo propuesto se estableció varias medidas que van a reducir las cantidades de concentración de MPS, atacando a las fuentes de donde las proviene; evitando posteriormente que estos sean arrastrados por el movimiento del aire y contribuyan a las infecciones respiratorias en la ciudad de Ambato.

El efecto que existió con las variables meteorológicas es la dirección del viento, la velocidad del viento y la precipitación ya que en la tabla 2 se puede observar que el movimiento es hacia el sur y por ende afecta a la

Estación de Huachi Chico que es la que contiene mayor cantidad de MPS, con respecto a la precipitación se observa en la tabla 4 que el mes de abril es la que contiene una disminución ya que a mayor precipitación menor es la concentración de MPS.

5.2 Recomendaciones

Concientizar a las personas sobre la contaminación al medio ambiente, mediante una capacitación de qué hacer con los procesos domésticos e industriales estableciendo un conjunto de ideas para la disminución del MPS.

Se recomienda la realización de un estudio que determine los principales factores de riesgo que desencadenan las infecciones respiratorias.

Realizar un informe diariamente de las variables meteorológicas ya que según el INAMHI se registran datos mensuales, los cuales no reportan la fecha exacta en la cual existen variaciones.

BIBLIOGRAFIA

Arciniegas, C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM 10. *Luna Azul*, (34), 195–213.

Angulo R. (2008). Medición y evaluación de la calidad del aire en los sectores de Fertisa y Trinitaria de la ciudad de Guayaquil debido a la presencia de material particulado menor a 10 y 2.5 um. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, EC. 175 pp. Recuperado de http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-39725.pdf

ArcGIS (2013). Sistemas de Información Geográfica. Recuperado de http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//009z00000075000000.

Bustillos, A. (2011). Simulación de la dispersión de contaminantes en el aire de la ciudad de Ambato emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcán Tungurahua, mediante la utilización de los softwares ambientales especializados disper versión 5.2 y screen view. Universidad Técnica de Ambato.

Canter L. (1997). Manual de evaluación de impacto ambiental, segunda edición, editorial McGraw-Hill, 177-229pp.

Cantera. (2009). Sistema de modelización de la calidad del aire WRF-ARW/CMAQ, página 7. Recuperado de http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6285/2/ANEXO%20A_Sistema_Simulac%20Trafico%2080km.pdf

Canto, J. (2012). Mediciones de Material Particulado Sedimentable (MPS) y polvo contenido sobre glaciales. Recuperado de http://wp.cedha.net/wp-content/uploads/2012/11/7-Monitoreo-de-MPS-y-PCG-Pascua-Lama-2012-2.pdf.

Conesa V. (1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, tercera edición, editorial Mundi-Prensa, páginas: 187-194.

CRANA. FUNDACIÓN “CENTRO DE RECURSOS AMBIENTALES DE NAVARRA”. Recuperado de ttp://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/aerosoles-materia-particulada-mpa.

Fernando, A. R. Q., & Barona, C. (2009). Plan De Ordenamiento Territorial Reforma Y Codificación De La Ordenanza General Del Plan De Ordenamiento Territorial.

Gobierno Provincial de Tungurahua. (2016). Anuario Meteorológico de Tungurahua. Ambato.

HARRIS, D. (2007). Análisis químico cuantitativo. Madrid-España: Reverte. p 31.

IGM (2015).Instituto Geográfico Militar. Ambato.

Jaurlaritza, Eusko. (2012). Instrucción Técnica - 03 (IT-03): Control de las emisiones difusas de partículas a la atmósfera. Recuperado de http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r493614/es/contenidos/informacion/apca/es_aire/adjuntos/IT-03.pdf

Jimenez, D. (2009). "Incidencia de rinitis alérgica con relación a la exposición de material particulado emitido por los billetes en el área de especies monetarias del banco central del Ecuador". Recuperado de file:///C:/Users/Mayrita/Downloads/TESIS%20DE%20GRADO%20DEL%20DR.%20DAVID%20JIM%C3%89NEZ%20OLLAGUE%20(1).pdf.

Linares, F. (2013). Manual de Laboratorio Contenido, 1–36.

Lozano, C. (2009). Propuesta de un Plan de Control de la Calidad del Aire de Particulas Sedimentables de la ciudad de Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Quimicas Escuela.

Meruane, C., & Garreaud, R. (2005). Instrumentos Meteorológicos y Humedad Atmosférica - Módulo 1. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento de Geofísica, 19, 1–19.

Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2002). Norma de Calidad Ambiental y de Emision para la Prevencion y Control de la Contaminacion. Calidad del Aire Ambiente y Emisiones desde Fuentes Fijas de Combustion. Ecuador.

Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015). Acuerdo Ministerial No.097-A. Anexo 3 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes Fijas. Quito- Ecuador.

Morales, R. (2006). Contaminación atmosférica urbana. Santiago de Chile-Chile: Universitaria. pp. 17-20

Organización Mundial de la Salud. (2004). Guías para la calidad del aire. Guidelines for Air Quality. Lima - Perú.

Salvador, P. (2005). Caracterización de la contaminación atmosférica producida por partículas en suspensión. Madrid-España: s.n. p 63

Sánchez, J. (2008). Precipitaciones. Universidad de Salamánca, 1–10.

Texto Unificado de Legislación Secudaria Medio Ambiental. (2015). Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes Fijas de Combustión. Quito-Ecuador: Lexis - Intelegecia Juridica.

Vargas, L. (2015). Elaboración de un mapa de ruido Ambiental diurno de las plataformas territoriales uno y cinco de la ciudad de Ambato en convenio con el GAD Municipalidad de Ambato. Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

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.

WALPOLE, Ronald. 1999. Probabilidad y estadística para ingenieros. México Prentice-Hall Hispanoamérica. p 29.

ANEXOS

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	$\overline{X}$	S^2	S
Luis A. Martínez	0,51750071	0,85208231	0,519810981	0,2574302	0,289113917	0,312876705	0,4581358	0,05049464	0,22471013
Techo Propio	0,988796	0,83985147	0,840361085	0,685160378	0,435651108	0,502979006	0,71546651	0,04602907	0,21454386
Bomberos Ingaurco	0,48977746	0,87654401	0,45050285	0,30891624	0,198023231	0,229706948	0,42557846	0,06237395	0,24974778
ESFORSE	0,74852781	0,66046572	0,376862961	0,198023231	0,2574302	0,237627877	**0,4131563**	0,05525926	0,23507288
Mercado Modelo	1,31685448	0,99885247	0,350872412	0,297034846	0,213865089	0,245548806	0,57050469	0,21926641	0,46825892
Izamba	0,82707703	0,9010057	0,649763726	0,459413895	0,388125532	0,380204603	0,60093175	0,05152098	0,22698233
San Alfonso	0,93797004	2,05478223	0,515479222	0,336639492	0,134655797	0,293074381	0,71210019	0,50849349	0,71308729
Huachi Chico	1,83435519	2,38909204	1,403489648	1,326755646	0,879223144	1,196060314	**1,50482933**	0,28384184	0,53276809
DTTM	0,45743366	1,20269992	0,376862961	0,300995311	0,186141837	0,221786018	0,45765328	0,14310303	0,37828961
Huachi La Magdalena	1,08582738	3,02509606	0,597782628	0,609911551	0,510899935	0,518820864	1,0580564	0,97457143	0,98720385
Santa Rosa	0,53136234	3,03324996	0,437507575	0,455453431	0,372283674	0,518820864	0,89144631	1,10430261	1,05085804
Parque de la Familia	0,52674179	4,34195054	0,311886588	0,20594416	0,198023231	0,217825554	0,96706198	2,74901713	1,65801602
Consejo de la Judicatura	0,58911911	1,56554837	0,736398889	0,293074381	0,233667412	0,518820864	0,65610484	0,23342263	0,48313831
$\overline{X}$	0,83471869	**1,74932468**	0,582121656	0,441134828	**0,33054647**	0,414934831			
S^2	0,16215177	1,30794529	0,085606767	0,092649128	0,039507601	0,070612918			
S	0,40268073	1,14365436	0,292586341	0,304383193	0,198765189	0,265730913			

Valores expresados en mg (MPS)/ cm²*30 d

Anexo 1. Datos de MPS en el periodo Enero 2016-Junio 2016

Anexo 2. Representación del cálculo para la obtención del material particulado sedimentable.

DATOS:

Diámetro = 16,6 cm

Radio = 8,3 cm

Radio cuadrado = 68,89 cm^2

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3{,}1416 * 68{,}89$$

$$A = 216{,}424824 \text{ cm2}$$

Área de captación de la Jarra = 216,424824 cm^2

$$MPS(\frac{mg}{cm^2 * 30\ dias}) = \frac{P2 - P1}{A * T}$$

$$MPS = \frac{P2 - P1}{A * T}$$

$$MPS = \frac{112\ mg}{216{,}424824\ cm2 * 30\ d}$$

$$MPS = 0{,}51750071\ \frac{mg}{cm2 * 30\ dias}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	05/02/2016	Ambato	Adrián Bermeo	Coordinadora del Proyecto: Ing. Andrea Escobar	Jefe de Área: Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

Anexo 3. Sitios de muestreo

Método In situ.

Los sitios de muestreo escogidos son los siguientes:

Punto 1. Luis A. Martínez



Punto 2. Techo Propio



Punto 3. Bomberos Ingahurco



Punto 4. ESFORSE



Punto 5. Mercado Modelo



Punto 6. Izamba



Punto 7. San Alfonso



Punto 8. Huachi Chico



Punto 9. DTTM



Punto 10. Huachi La Magdalena



Punto 11. Santa Rosa



Punto 12. Parque de La Familia



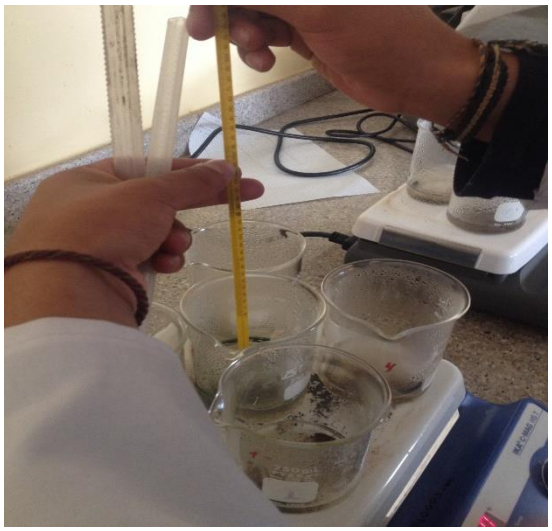
Punto 13. Consejo de la Judicatura



Anexo 4. Método In Vitro



Recolección de Muestras



Plancha de Calentamiento



Vasos Peso Final