



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE  
LA CIUDAD DE AMBATO RELACIONADA CON EL MATERIAL  
PARTICULADO SEDIMENTABLE”**

Trabajo de titulación para obtener el grado académico de

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: MARÍA FERNANDA VILLACRÉS LUPERA**

**TUTOR: ING. ANDRÉS BELTRÁN**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2015**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE AMBATO RELACIONADA CON EL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE”**, de responsabilidad de la señorita egresada María Fernanda Villacrés Lupera, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal, quedando autorizada su presentación

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Andrés Beltrán		
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	-----
Dr. Wilian Bravo		
MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	-----

Yo, María Fernanda Villacrés Lupera, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

María Fernanda Villacrés Lupera

C.I 060395382-9

## DEDICATORIA

A mi madre, el amor más grande de mi vida, gracias por tus cuidados, enseñanzas y la motivación que me das día a día, cada logro es dedicado para ti. A mis hermanas, mis mejores amigas, que han llenado de alegría mi vida, y me han apoyado en todo momento. A la memoria de mi padre que desde el cielo me ha llenado de fuerza y ganas de seguir adelante, te recordaré siempre.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme llegar a donde estoy, por llenarme de fortaleza en los momentos más difíciles y colmarme de bendiciones en todo momento.

A mi madre, y hermanas, por las pruebas que hemos superado juntas, gracias por su amor e incondicional apoyo.

A mi Director de Trabajo de titulación, Ing. Andrés Beltrán y a mi colaborador Dr. Wilian Bravo quienes contribuyeron con sus valiosos conocimientos para la ejecución de la presente investigación.

A la Dirección de Gestión Ambiental del GAD-Municipalidad de Ambato, en especial al Ing. David López, Sr. Oswaldo Vargas e Ing. Pablo López, quienes de diversas formas colaboraron con el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos gracias por estar conmigo cuando más los necesito.

A todos ustedes mi más profundo agradecimiento.

*María Fernanda Villacrés*

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en una evaluación de la contaminación atmosférica ocasionada por el material particulado sedimentable en la ciudad de Ambato, realizado con la finalidad de establecer medidas que reduzcan sus concentraciones. Se empleó un diseño cuantitativo longitudinal en el periodo Agosto 2014-Julio 2015. Para ello se llevó a cabo un monitoreo pasivo, se escogieron 6 puntos de muestreo, basados en la cobertura de la ciudad y facilidad de acceso: UPC Huachi Chico, UPC Techo propio, Mercado Modelo, CNT Izamba, ESFORSE y Parque de la Familia. El método empleado para su análisis fue el de Bergerhoff, se utilizaron jarras de 15 cm de diámetro, vasos de precipitación, placa calefactora, estufa y balanza analítica gracias a la cual se realizó el análisis gravimétrico y se determinó la cantidad de material sedimentable en un periodo de 30 días. Para el análisis estadístico se empleó el software Infostat mediante el cual se realizó la prueba de Anova y Tukey. Se crearon mapas de interpolación con la herramienta IDW del Software de Sistemas de Información Geográfica ArcGIS. Se analizó además el aspecto social de este problema mediante encuestas y obteniendo información epidemiológica de la ciudad. Los resultados del análisis estadístico indican que existe una diferencia en las concentraciones en todos los puntos de muestreo, y que en 3 parroquias existen valores promedio superiores al límite de  $0,5(\text{mg}/\text{cm}^2)\cdot 30\text{días}$  establecido por la OMS: Huachi Chico  $0,65(\text{mg}/\text{cm}^2)\cdot 30\text{días}$ ; Izamba  $0,66(\text{mg}/\text{cm}^2)\cdot 30\text{días}$  y Pishilata  $0,56(\text{mg}/\text{cm}^2)\cdot 30\text{días}$ . En el ámbito social se determinó que gran parte de la población padece infecciones respiratorias frecuentemente. Se concluye que existen valores elevados de material particulado sedimentable en varias zonas de la ciudad, lo cual puede influir en la salud de las personas. Se recomienda al GAD-MA la aplicación del plan de mitigación presentado que incluye medidas de reforestación, control de actividades que generan material particulado sedimentable, así como campañas de socialización, que permitan reducir las concentraciones de este contaminante.

### Palabras clave:

<MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE> <CONTAMINACIÓN AMBIENTAL>  
<CIUDAD [AMBATO]> <MONITOREO PASIVO> <MÉTODO BERGERHOFF>  
<INFECCIONES RESPIRATORIAS> <IZAMBA [PARROQUIA]> <HUACHI CHICO [PARROQUIA]> <PISHILATA [PARROQUIA]>

## SUMMARY

This paper is an assessment of air pollution by particulate matter sedimentable in the city of Ambato, it is performed for the purpose of establishing measures to reduce concentrations. A longitudinal quantitative design was used in the period August 2014 to July 2015. It held a passive monitoring, 6 sampling points, based on coverage of the city and ease of access were chosen: UPC Huachi Chico, UC own roof Market model, CNT Izamba, ESFORSE and Family park. The method employed for analysis was of Bergerhoff, jars 15 cm diameter, beakers, hot plate, stove and analytical balance was used by which the gravimetric analysis was performed and the amount of precipitable material was determined in 30 days. For statistical analysis the software Infostat was used by which the test was performed ANOVA and Tukey. Interpolation maps were created with the IDW software tools ArcGIS geographic information systems. The social aspect of this problem is further analyzed by epidemiological surveys and it obtains information about the city. The results of statistical analyzes indicate that there is a difference in the concentrations across all sampling points and that there above the limit of  $0.5 \text{ (mg/cm}^2\text{)}.30\text{days}$  average values in 3 parishes established who: Huachi chico  $0.65 \text{ (mg/cm}^2\text{)}.30\text{days}$ ; Izamba  $0.66 \text{ (mg/cm}^2\text{)}.30\text{days}$ , Pishilata  $0.56 \text{ (mg/cm}^2\text{)}.30\text{days}$  in the social sphere was determined that much of the population suffers from frequent respiratory infections. It is concluded that there are high levels of settleable particulate matter in several areas of the city, which can affect to the health of people. It is recommended to GAD-MA the implementation of the mitigation plan including measures presented reforestation, control activities that generate particulate matter sedimentable and socialization campaigns, it allows concentrations of this pollutant.

### Key words:

<PARTICULATE MATERIAL SETTLED> <ENVIRONMENTAL POLLUTION>  
<AMBATO CITY> <MONITORING> <METHOD BERGERHOFF> <RESPIRATORY INFECTIONS> <IZAMBA PARISH> <HUACHI CHICO PARISH> <PARISH PISHILATA>

## CONTENIDO

RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
1    CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO.....	3
1.1.    Atmósfera.....	3
1.1.1    Capas de la atmósfera.....	3
1.1.1.1.    Tropósfera.....	4
1.1.1.2.    Estratósfera.....	4
1.1.1.3.    Mesósfera.....	4
1.1.1.4.    Termósfera.....	4
1.1.1.5.    Exósfera.....	5
1.1.2.    Composición química de la atmósfera.....	5
1.1.2.    Factores meteorológicos.....	5
1.1.2.1.    Precipitaciones.....	5
1.1.2.2.    Velocidad del viento.....	5
1.2.    Contaminación atmosférica.....	7
1.2.1.    Principales contaminantes atmosféricos.....	8
1.3.    Monitoreo atmosférico.....	10
1.3.1.    Niveles de estudio de contaminación atmosférica.....	10
1.3.1.1.    Estudios de contaminación atmosférica a nivel puntual.....	11
1.3.1.2.    Estudios de contaminación atmosférica a nivel local.....	11
1.3.1.3.    Estudios de contaminación atmosférica a nivel regional.....	11
1.3.1.4.    Estudios de contaminación atmosférica a nivel nacional o internacional.....	11
1.3.2.    Objetivos de los sistemas de vigilancia de la calidad del aire.....	11
1.3.3.    Redes de control de la contaminación atmosférica.....	12
1.3.3.1.    Urbana.....	12
1.3.3.2.    Tráfico.....	13
1.3.3.3.    Industrial.....	13
1.3.3.4.    Regional.....	13
1.3.3.5.    De referencia.....	13
1.3.4.    Efectos de la contaminación atmosférica sobre la vida en la Tierra.....	13
1.4.    Material particulado.....	15

1.4.1.	Clasificación del material particulado.....	15
1.4.2.	Fuentes de material particulado.....	16
1.4.3.	Impactos ocasionados en el ambiente por material particulado.....	16
1.4.3.1.	Impactos del material particulado atmosférico en el cambio climático.....	16
1.4.3.2.	Disminución de la visibilidad en el ambiente.....	17
1.5.	Material particulado sedimentable.....	18
1.5.1.	Efectos negativos del material particulado sedimentable.....	19
1.5.1.1.	Efectos de las partículas sobre las construcciones.....	19
1.5.1.2.	Efectos en ecosistemas terrestres.....	20
1.5.1.3.	Efectos en ecosistemas acuáticos.....	21
1.5.1.4.	Efectos en la salud.....	22
1.5.1	Muestreo pasivo.....	23
1.5.1.1.	Método Bergerhoff.....	23
1.5.1.1.1	Análisis gravimétrico.....	23
1.5.2.	Representación en forma gráfica del Material Particulado sedimentable.....	23
1.5.2.	Marco Normativo.....	25
1.6.	Normas de Calidad del aire.....	25
2	<b>CAPITULO 2: INFORMACIÓN Y METODOLOGÍA DE MUESTREO.....</b>	<b>27</b>
2.1	Información de la zona estudiada.....	27
2.1.1	Datos geográficos de Ambato.....	27
2.1.1.1	Localización.....	27
2.1.1.2.	Orografía.....	28
2.1.1.3.	Extensión y Altitud media.....	28
2.1.2.	Datos meteorológicos de la ciudad de Ambato.....	28
2.1.2.1.	Temperatura.....	28
2.1.2.2.	Precipitación.....	28
2.1.2.3.	Velocidad del viento.....	29
2.1.2.4.	Dirección del viento.....	30
2.1.3.	Contexto económico.....	30
2.1.3.1.	Población.....	30
2.1.3.2.	Principales actividades económicas.....	30
2.1.3.3.	Tipo y materiales de vivienda.....	31
2.1.3.4.	Servicios básicos.....	31
2.2	Metodología de monitoreo de Material Particulado Sedimentable.....	32
2.2.1.	Fase de campo.....	32
2.2.1.1.	Materiales en campo.....	32

2.2.1.2.	Selección de los puntos de monitoreo.....	32
2.2.1.2.1.	Requerimientos del sitio de muestreo. ....	37
2.2.1.3.	Selección del número de puntos.....	39
2.2.1.4.	Determinación del tiempo de muestreo. ....	39
2.2.1.5.	Determinación de la frecuencia de muestreo. ....	39
2.2.2.	Fase de laboratorio.....	39
2.2.2.1.	Materiales en laboratorio.....	40
2.2.2.1.1.	Descripción de materiales.....	40
2.2.2.2.	Desarrollo del Método de Bergerhoff.....	41
2.2.2.2.1.	Colocación de la jarra para recolección de la muestra.....	41
2.2.2.2.2.	Retiro de la muestra.....	42
2.2.2.2.3.	Análisis.....	42
2.2.2.2.4.	Cálculos.....	43
2.3.	Análisis de datos.....	45
2.3.1.1.	Análisis de varianza para un diseño bloques aleatorizados usando ANOVA.....	45
2.3.1.2.	Prueba de Tukey. ....	47
2.3.1.3.	Análisis de correlación con los datos meteorológicos.....	49
2.4.	Elaboración de mapas.....	49
2.5.	Elaboración de encuestas.....	52
2.5.1.	Elaboración del cuestionario.....	53
2.5.1.1.	Diseño del cuestionario.....	53
2.5.1.2.	Contenido de las preguntas.....	53
2.5.1.2.1.	Lenguaje.....	53
2.5.1.2.2.	Redacción.....	53
2.5.1.2.3.	Aspectos generales.....	54
2.5.1.2.4.	Tipos de preguntas.....	54
2.5.1.2.5.	Orden de las preguntas.....	54
2.5.2.	Determinación del método de muestreo.....	54
2.5.2.1.	Muestreo casual.....	55
2.5.2.1.	Modelo de la encuesta.....	55
2.5.3.	Determinación del tamaño de la muestra.....	56
2.5.3.1.	Población de Estudio.....	56
2.5.3.2.	Cálculo del Tamaño de Muestra.....	56
2.5.3.3.	Sitios de muestreo.....	57
2.5.4.	Análisis de resultados de las encuestas.....	57
2.5.4.1.	Reporte de resultados.....	57

3	CAPITULO 3: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	58
3.1.	Sitios de muestreo .....	58
3.1.1.	Punto 1. Mercado Modelo. (FRA) .....	58
3.1.2.	Punto 2. UPC Huachi Chico (HUA) .....	59
3.1.3.	Punto 3. UPC Techo propio. (PIS).....	60
3.1.4.	Punto 4.CNT. Izamba (IZA) .....	62
3.1.5.	Punto 5. ESFORSE. (PIA) .....	63
3.1.6.	Punto 6. Parque de la familia. (AMB) .....	64
3.2.	Análisis estadístico.....	66
3.2.1.	Anova .....	66
3.2.2.	Tukey .....	67
3.2.4.	Estadística descriptiva.....	70
3.2.5.	Correlación entre los factores meteorológicos con concentraciones de MPS.....	74
3.2.5.1.	Influencia de las precipitaciones en la concentración de MPS.....	74
3.2.5.2.	Influencia de la velocidad del viento en la concentración de MPS.....	75
3.2.5.3.	Influencia de la velocidad del viento en la concentración de MPS.....	75
3.2.6.	Mapas de concentración de material particulado sedimentable en la ciudad.....	76
3.3.	Resultado de encuestas.....	93
3.3.1.	Porcentaje de población de Ambato que conoce los efectos del MPS .....	93
3.3.2.	Fuente de material sedimentable que la ciudadanía considera significativa .....	94
3.3.3.	Enfermedades más frecuente.....	94
3.3.4.	Efectos del MPS en los bienes materiales .....	97
3.3.5.	Necesidad de un plan de mitigación.....	97
3.4.	Relación de la concentración de MPS con las condiciones socioeconómicas....	98
4	CAPÍTULO 4: PLAN DE MITIGACIÓN .....	102
4.1.	Presentación.....	102
4.2.	Normativa. ....	103
4.3.	Objetivos del plan.....	104
4.3.1.	Objetivo 1 .....	104
4.3.1.1.	Metas .....	104
4.3.2.	Objetivo 2.....	107
4.3.2.1.	Metas .....	107
4.4.	Beneficios.....	109
	CONCLUSIONES .....	110
	RECOMENDACIONES .....	111
	GLOSARIO	

BIBLIOGRAFÍA  
ANEXOS

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1. Método matemático, IDW .....	24
Ecuación 1-2. Ecuación para determinación del área del recipiente.....	44
Ecuación 2-2. Ecuación de cálculo de Material Particulado Sedimentable.....	44
Ecuación 3-2. Cálculo del tamaño de la muestra.....	56

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1-1 Deposición de partículas.....	18
Figura 2-1 Vecindad de IDW del punto seleccionado.....	24
Figura 1-2 Ubicación de la ciudad de Ambato.....	27
Figura 2-2 Principales actividades económicas desarrolladas en Ambato.....	31
Figura 3-2 Servicios básicos en Tungurahua.....	32
Figura 4-2 Esquema de colocación del sistema de Bergerhoff.....	37
Figura 5-2. Modelo de la encuesta realizada.....	55
Figura 1-3 Estación FRA. Mercado Modelo.....	58
Figura 2-3 Estación HUA. UPC Huachi Chico.....	59
Figura 3-3 Estación PIS. UPC Techo propio.....	60
Figura 4-3 Estación IZA. CNT IZAMBA.....	62
Figura 5-3 Estación PIA. ESFORSE.....	63
Figura 6-3 Estación AMB. Parque de la Familia.....	64
Figura 7-3 Puntos de muestreo de Material Particulado Sedimentable. Ambato.....	65
Figura 8-3 Resultado del análisis ANOVA. Influencia del sitio de muestreo.....	66
Figura 9-3 Resultado del análisis ANOVA. Influencia del mes de muestreo.....	66
Figura 10-3 Prueba de Tukey. Comparación de los pares de medias por punto de muestreo....	67
Figura 11-3 Diagrama de cajas.....	68
Figura 12-3 Prueba de Tukey. Comparación de los pares de medias por mes de muestreo.....	69
Figura 13-3 Concentración de MPS Ambato. Periodo Agosto 2014-Julio 2015.....	70
Figura 14-3 Concentración MPS Mercado modelo. Periodo Agosto 2014-Julio 2015.....	71
Figura 15-3 Concentración de MPS Huachi Chico. Periodo Agosto 2014-Julio 2015.....	71
Figura 16-3 Concentración de MPS Techo propio. Periodo Agosto 2014-Julio 2015.....	72
Figura 17-3 Concentración de MPS Izamba. Periodo Agosto 2014-Julio 2015.....	72
Figura 18-3 Concentración de MPS ESFORSE. Periodo Agosto 2014-Julio 2015.....	73
Figura 19-3 Concentración MPS Parque la familia. Periodo Agosto 2014-Julio 2015.....	73
Figura 20-3 Histograma de concentraciones.....	74
Figura 21-3 Porcentaje de personas que conocen los efectos del MPS.....	93
Figura 22-3 Porcentaje de enfermedades padecidas por la población.....	94
Figura 23-3 Apreciación de la fuente más significativa de generación de MPS.....	94
Figura 24-3 Veinte principales causas de morbilidad en emergencia.....	95
Figura 25-3. Veinte principales causas de morbilidad en consulta externa.....	96
Figura 26-3 Reparaciones en los hogares provocados por MPS.....	97

Figura 27-3 Opinión acerca de la necesidad de un programa de control de MPS.....97

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Escala de Beaufort.....	6
Tabla 2-1. Dirección del viento.....	7
Tabla 1-2. Precipitación de la ciudad de Ambato.....	29
Tabla 2-2. Velocidad del viento en la ciudad de Ambato.....	29
Tabla 3-2. Dirección del viento en la ciudad de Ambato.....	30
Tabla 4-2. Materiales de vivienda en Tungurahua.....	31
Tabla 5-2 Metodologías para el muestreo en el monitoreo atmosférico.....	36
Tabla 6-2. Selección del sitio de muestreo.....	38
Tabla 1-3. Correlación entre la precipitación y el MPS.....	75
Tabla 2-3. Correlación entre la velocidad del viento y el MPS.....	75
Tabla 3-3. Vía de acceso principal a la vivienda.....	98
Tabla 4-3. Procedencia del agua en las viviendas.....	99
Tabla 5-3. Tipo de servicio higiénico en la vivienda.....	99
Tabla 6-3. Servicio de luz eléctrica de la vivienda.....	100

## INDICE DE MAPAS

Mapa 1-3. Concentración de MPS. Ambato. Agosto 2014-Julio 2015.....	80
Mapa 2-3. Concentración de MPS. Ambato. Agosto 2014.....	81
Mapa 3-3. Concentración de MPS. Ambato. Septiembre 2014.....	82
Mapa 4-3. Concentración de MPS. Ambato. Octubre 2014.....	83
Mapa 5-3. Concentración de MPS. Ambato. Noviembre 2014.....	84
Mapa 6-3. Concentración de MPS. Ambato. Diciembre 2014.....	85
Mapa 7-3. Concentración de MPS. Ambato. Enero 2014.....	86
Mapa 8-3. Concentración de MPS. Ambato. Febrero 2014.....	87
Mapa 9-3. Concentración de MPS. Ambato. Marzo 2014.....	88
Mapa 10-3. Concentración de MPS. Ambato. Abril 2014.....	89
Mapa 11-3. Concentración de MPS. Ambato. Mayo 2014.....	90
Mapa 12-3 Concentración de MPS. Ambato. Junio 2014.....	91
Mapa 13-3. Concentración de MPS. Ambato. Julio 2014.....	92

## **INDICE DE ANEXOS**

**Anexo 1.** Datos de material particulado sedimentable en el periodo Agosto 2014-Julio 2015

**Anexo 2.** Retiro y colocación de jarra

**Anexo 3.** Trasvasado de muestras a vaso de precipitación

**Anexo 4.** Evaporación de muestras en la placa calefactora

**Anexo 5.** Colocación de muestras en la estufa

**Anexo 6.** Muestra en el desecador

**Anexo 7.** Pesaje de muestras

## **INTRODUCCIÓN**

La ciudad de Ambato posee un motor industrial y comercial de gran importancia para la economía del centro del país y del Ecuador, este crecimiento industrial no sólo trae beneficios económicos para la ciudad, sino también efectos perjudiciales tales como la contaminación.

La contaminación atmosférica es un problema presente a nivel mundial, ocasionado por diversas fuentes naturales y antropogénicas, que abarca distintos parámetros que deben ser monitoreados debido a su influencia sobre la vida de las personas.

El material particulado sedimentable, 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 evidente, que incluye entre otras actividades, la explotación de materiales áridos y pétreos, sumado a esto la deforestación, entre otras actividades.

Sus altas concentraciones 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.

Debido a estas diversas razones he considerado apropiada la realización de la presente investigación, conjuntamente con la Dirección de Gestión Ambiental del GAD- Municipalidad de Ambato; que se basa en el monitoreo pasivo de material particulado sedimentable en la ciudad de Ambato, con el afán de determinar si la legislación vigente se está cumpliendo así como para establecer medidas que permitan prevenir y controlar este factor.

Este trabajo permitirá recoger distintas metodologías para su muestreo, análisis y estudio posterior además busca establecer el control, vigilancia y reducción de las concentraciones del material particulado sedimentable mediante un plan de mitigación.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Evaluar la contaminación atmosférica de la ciudad de Ambato en el caso del material particulado sedimentable

### ***Objetivos específicos***

- Evaluar la influencia de los resultados del monitoreo pasivo de material particulado sedimentable en la calidad del aire de la ciudad de Ambato.
- Determinar los factores socio-económicos influyentes en la generación de material sedimentable.
- Proponer un plan de manejo con el afán de mitigar, reducir o eliminar la cantidad de material sedimentable que se genera en la ciudad

## **CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Atmósfera**

La Tierra está rodeada por una capa gaseosa llamada atmósfera, en la cual se desenvuelve la vida. Se halla compuesta por varios gases y partículas sólidas y líquidas constituidas por átomos y moléculas en suspensión que son atraídas hacia la Tierra debido a la acción de la gravedad, razón por la cual no son devueltas al espacio.

La atmósfera se halla en estado gaseoso, por tal, se expande y comprime con facilidad como cualquier otro gas, es elástica y móvil.

Está constituida químicamente por una serie de gases que imposibilitan la medida con exactitud de las capas que la conforman, aunque se ha estimado que el límite de la atmósfera está aproximadamente a 10000 km de altitud. (Cuadrat, 1997)

La capa que está en contacto con el suelo contiene alrededor de la mitad de la masa atmosférica, y tiene un espesor de aproximadamente 6 km.

La atmósfera cumple un rol importante ya que actúa como una tibia cobija de aire para el planeta, su presencia permite que la diferencia entre la temperatura existente en el día y la noche no sea tan amplia. Sin ella tendríamos temperaturas extremas en la Tierra, de alrededor de 82°C en el día que descendería hasta cerca de los 140°C bajo cero en la noche, tal como sucede en la Luna. La vida sería imposible en un ambiente con una variación diaria de temperatura de más de 200°C. (Domínguez, 2004)

#### ***1.1.1 Capas de la atmósfera***

Existen varias divisiones de acuerdo a las propiedades y otros aspectos, pero la más conocida es la división de la atmósfera de acuerdo a su temperatura, por la cual conocemos cuatro capas:

#### *1.1.1.1. Tropósfera*

Es la capa de la atmósfera ubicada exactamente sobre la superficie de la tierra, donde se desarrolla la vida. Tiene una altitud aproximada de 10 km en unas zonas, y en el ecuador llega a los 16 km.

En esta capa se desarrollan casi todos los fenómenos meteorológicos que se dan en la tierra, en donde por cada kilómetro de ascenso la temperatura se reduce en aproximadamente 6°C. Lo cual lleva el nombre de gradiente de temperatura vertical, y varía según la época y localización geográfica.(Errazuriz, y otros, 1998)

#### *1.1.1.2. Estratósfera*

Es la capa de la atmósfera que se halla por encima de la tropósfera, ubicada entre las subcapas tropopausa y estratopausa, en esta capa a diferencia de la tropósfera la temperatura aumenta con la altura y está ubicada alrededor de los 50 km.

En esta se encuentra la capa de ozono, elemento que ya se evidencia desde los 25 km. Esta capa actúa como una barrera impidiendo el paso de los rayos ultravioletas que provienen del sol hacia la superficie de la tierra.

Gracias a ella es posible la vida sobre la tierra puesto que si estos rayos se recibieran directamente, resultarían mortales.(Errazuriz, y otros, 1998)

#### *1.1.1.3. Mesósfera*

Capa que le continúa a la estratósfera y alcanza su altitud máxima a los 90 km. Al igual que en la primera capa, la tropósfera la temperatura vuelve a descender conforme aumenta la altura, llegando a encontrarse temperaturas extremadamente bajas de alrededor de los -100 °C.(Errazuriz, y otros, 1998)

#### *1.1.1.4. Termósfera*

Capa ubicada por encima de la mesósfera, y presenta un ascenso inmediato de temperatura, se extiende hasta el límite de la atmósfera.(Errazuriz, y otros, 1998)

#### *1.1.1.5. Exósfera*

Es la última capa de la atmósfera, la más externa, ubicada a los 650 km de altitud, la ausencia casi completa de gases es propia de esta capa. (Errazuriz, y otros, 1998)

#### *1.1.2. Composición química de la atmósfera*

Está constituida por una mezcla de gases. El aire cuando está seco, contiene:

-78% de nitrógeno

-21% de oxígeno

-0.9% de argón

-una pequeña proporción de 0.002%, conformada por gases como neón, helio, metano, krypton e hidrógeno.

-Además contiene dióxido de carbono en un 0.03%, mismo que ayuda a mantener el calor. (Espert, y otros, 2004)

#### *1.1.2. Factores meteorológicos*

El tamaño y la cantidad de materia que se recoge en un equipo captador de material sedimentable (deposición total) depende principalmente de las condiciones meteorológicas en el sitio y periodo de muestreo, tales como las precipitaciones, velocidad del viento, dirección del viento. (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

##### *1.1.2.1. Precipitaciones*

Es el agua en estado sólido o líquido que desciende hasta tocar 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.

##### *1.1.2.2. Velocidad del viento*

Es el movimiento del aire sobre la superficie terrestre con una velocidad y dirección determinada, expresada en unidades de metros por segundo basados en la escala Beaufort, la misma que asigna al viento velocidades que van de 0 (bajas, en calma) hasta el 12 (Grandes velocidades, como en el caso de un huracán).

**Tabla 1-1. Escala de Beaufort**

Escala de Beaufort	Denominación	Efectos observados	m/s
0	Calma	El humo se eleva en vertical	0 a 0,53
1	Ventolina o brisa muy ligera	El viento inclina el humo, no mueve banderas	0,53 a 2,06
2	Flojito o brisa ligera	Se nota el viento en la cara.	2,06 a 3,61
3	Flojo o pequeña brisa	El viento agita hojas y extiende las banderas	3,61 a 5,56
4	Bonancible o brisa moderada	El viento levanta polvo y papeles	5,56 a 8,61
5	Fresquito o buena brisa	El viento forma olas en los lagos	8,61 a 11,39
6	Fresco	El viento agita las ramas de los árboles, silban los cables, brama el viento	11,39 a 14,44
7	Frescachón	El viento estorba la marcha de un peaton	14,44 a 17,50
8	Duro	El viento arranca ramas pequeñas	17,50 a 21,11
9	Muy duro	El viento arranca chimeneas y tejas	21,11 a 24,72
10	Temporal o tempestad	Grandes estragos	24,72 a 28,89
11	Tempestad violenta	Devastaciones extensas	28,89 a 33,06
12	Huracán	Huracán catastrófico	33,06 y mas

**Fuente:** (Gobierno Provincial de Tungurahua, 2014)

**Realizado por:** María Fernanda Villacrés

## Dirección del viento

Mide la dirección del viento partir del norte geográfico y se expresa en grados.

**Tabla 2-1. Dirección del viento**

NNE	Norte Noreste	22,50°
NE	Noreste	45,00°
ENE	Este Nordeste	67,50°
E	Este	90,00°
ESE	Este Sudeste	112,50°
SE	Sudeste	135,00°
SSE	Sur Sudeste	157,00°
S	Sur	180,00°
SSO	Sur Sudoeste	202,50°
SO	Sudoeste	225,00°
OSO	Oeste Sudoeste	247,50°
O	Oeste	270,00°
ONO	Oeste Noroeste	292,50°
NO	Noroeste	315,00°
NNO	Norte Noroeste	337,50°
N	Norte	360,00°

**Fuente:**(Gobierno Provincial de Tungurahua, 2014)

**Realizado por:** María Fernanda Villacrés

## 1.2. Contaminación atmosférica

El hombre ha desarrollado la actividad industrial que indudablemente ha mejorado la economía y en consecuencia la calidad de vida de las personas, pero esto no solo ha tenido impactos positivos, puesto que las repercusiones negativas son innegables, manifestándose como una perturbación del ambiente en el mejor de los casos, cuando no, como una severa degradación que afecta a todos los seres vivos y al ambiente en general.

En el planeta existen tres grandes medios naturales que son susceptibles de ser contaminados, estos son el agua, aire y suelo.

En cuanto al aire respecta, la falta de calidad del mismo puede afectar de manera directa el interior de las instalaciones industriales, así como el exterior con la emisión de cualquier tipo de contaminante a la atmósfera.(Espert, y otros, 2004)

La mala calidad del aire repercute directamente sobre la salud y bienestar de las personas presentes en una determinada instalación industrial. En el exterior, las afecciones pueden darse a las personas, a los animales, plantas que son totalmente ajenas a la actividad industrial efectuada; incluso podría tener una importante contribución contaminante en cualquiera de los otros medios: suelo y agua.

En la atmósfera, los compuestos que se impurifican se consideran contaminantes si su presencia se da en concentraciones demasiado altas. La sustancia extraña presente en la atmósfera, puede tener origen natural (procesos naturales) o deberse a actividades humanas, es decir un origen antropogénico. El proceso de contaminación se origina con el depósito de los contaminantes en la atmósfera, y los cambios por los que este atraviesa dependen de la estabilidad, propiedades y de las condiciones ambientales. (Espert, y otros, 2004)

Estas sustancias pueden ser cenizas provenientes de actividades volcánicas, gases que se originan de diversos procesos como el de la combustión de los automóviles que es el más frecuente, humos de las chimeneas, etc.

Las sustancias contaminantes pueden dispersarse en mayor o menor medida dependiendo de dos tipos de factores

-Factores específicos de la sustancia contaminante: forma, tamaño, velocidad de salida, etc.

-Factores meteorológicos: Precipitaciones, velocidad del viento, gradiente de temperatura del aire, etc. (Espert, y otros, 2004)

### ***1.2.1. Principales contaminantes atmosféricos***

Dentro de las sustancias que son consideradas como los principales contaminantes atmosféricos tenemos a las partículas, el ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

#### **Partículas (PM)**

Las partículas dependiendo de su tamaño pueden ingresar al organismo a través de las vías respiratorias y alojarse en los pulmones. En caso de existir una exposición intensa, la presencia de las partículas en el organismo puede provocar el desarrollo de enfermedades cardíacas y respiratorias como el cáncer de pulmón. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Generalmente se realizan mediciones y monitoreo del material particulado<sub>10</sub>, material particulado<sub>25</sub> y material particulado sedimentable. Puesto que los efectos que estos pudieran causar son diversos; se ha establecido una relación bastante estrecha entre las altas concentraciones de material particulado con las altas tasas de mortalidad a diario y largo plazo. De igual manera cuando las concentraciones de partículas atmosféricas es menor, los índices de mortalidad disminuyen.

Los límites máximos permisibles de material particulado<sub>2.5</sub> es un promedio de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media anual y 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24h. En cuanto al material particulado<sub>10</sub>, se establece un valor máximo de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media anual, 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 24h.

La presencia de las partículas en el ambiente, provoca una reducción en la esperanza media de vida de las personas. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

### **Ozono (O<sub>3</sub>)**

Esta sustancia se considera contaminante cuando se encuentra a nivel del suelo, en contacto con los seres vivos, puesto que forma parte de la niebla tóxica presente en las grandes ciudades, no debe confundirse con el ozono presente en la capa de ozono en la estratósfera.(Organización Mundial de la Salud, 2006)

Este se forma de la reacción entre la luz solar con óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles que provienen de emisiones de la industria y vehículos respectivamente.

Sus concentraciones máximas permitidas según la OMS es 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 8h.

Esta sustancia tiene un sinnúmero de efectos en el sistema respiratorio, originando varias enfermedades pulmonares, una de las más frecuentes es el asma.(Organización Mundial de la Salud, 2006)

### **Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Es un contaminante atmosférico que se presenta en altas concentraciones por periodos cortos, se encuentra en estado gaseoso y puede provocar inflamaciones respiratorias.Sus concentraciones máximas permisibles son 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media anual y 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 1 hora.En cuanto a la salud provocan la disminución de la función pulmonar y puede provocar enfermedades como la bronquitis en niños asmáticos.(Organización Mundial de la Salud, 2006)

### **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

Es un gas incoloro con un olor bastante penetrante que proviene de la combustión de combustibles fósiles que en su composición contienen azufre, que generalmente son empleados para calefacción, electricidad y motor de los autos.

La exposición de personas con asma a altas concentraciones de este contaminante por periodos cortos provoca alteraciones en sus funciones respiratorias.

Según la OMS no deben excederse los siguientes valores: 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  media en 24h y 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 10 min. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Sus efectos nocivos a la salud se evidencian aún con un valor reducido de la concentración de este contaminante, razón por la cual es indispensable el uso de protección. Afecta tanto a las funciones pulmonares como a la vista, provocando inflamaciones. Agravando las enfermedades existentes y originando otras. Usualmente los niveles de la mortalidad y afecciones cardiacas aumentan cuando la concentración de este contaminante es mayor.

Además el  $\text{SO}_2$  se combina con el agua lluvia originando la lluvia ácida que es uno de los factores que contribuyen a la deforestación. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

### **1.3. Monitoreo atmosférico**

Son todas las metodologías o técnicas empleadas para muestrear, analizar y procesar las concentraciones de sustancias contaminantes que se encuentran en el aire de manera continua, y se realiza en un lugar determinado durante un periodo de tiempo establecido. (Espert, y otros, 2004)

La realización de un monitoreo atmosférico es importante debido a:

- los datos obtenidos permiten realizar estudios epidemiológicos, relacionándolos con el número de enfermedades producidas por dichos contaminantes.
- es necesario para cumplir con la legislación ambiental vigente
- nos ayuda a detectar las fuentes de donde proviene la contaminación.
- nos permite desarrollar planes de reducción o mitigación de la contaminación. (Inche, 2004)

#### ***1.3.1. Niveles de estudio de contaminación atmosférica***

Estos niveles vistos desde el punto de vista de la relación existente entre las fuentes puntuales de contaminación y la zona afectada. Son:

#### *1.3.1.1. Estudios de contaminación atmosférica a nivel puntual.*

Intenta conocer las consecuencias o daños que un determinado foco emisor produce en las proximidades de su ubicación, a una distancia de 1 km, con el propósito de evaluar el impacto ambiental del mismo.(Espert, y otros, 2004)

#### *1.3.1.2. Estudios de contaminación atmosférica a nivel local.*

Estos estudios se interesan en conocer el efecto producido por una serie de focos próximos entre sí sobre la superficie donde se hallan ubicados, a una distancia de una decena de km. Aquí puede incluirse estudios de contaminación atmosférica en zonas urbanas o industriales.(Espert, y otros, 2004)

#### *1.3.1.3. Estudios de contaminación atmosférica a nivel regional*

Estos estudios consideran superficies de terreno de centenar de kilómetros, para los cuales deben conocerse las condiciones meteorológicas para las distintas zonas. Este puede emplearse para trabajos de planificación del territorio.(Espert, y otros, 2004)

#### *1.3.1.4. Estudios de contaminación atmosférica a nivel nacional o internacional*

Se aplica a zonas de miles de kilómetros. En donde las condiciones meteorológicas para cada zona deben conocerse a una escala mayor. La determinación de la contaminación transfronteriza o a larga distancia requiere el empleo de este estudio. (Espert, y otros, 2004)

#### ***1.3.2. Objetivos de los sistemas de vigilancia de la calidad del aire.***

En todas las organizaciones o entidades que combaten la contaminación atmosférica, la vigilancia de la calidad del aire ha adquirido una importancia cada vez más creciente. Estos sistemas están compuestos generalmente por redes que disponen de una o más estaciones manuales de recolección de muestras de diversos contaminantes, estos son posteriormente analizados en el laboratorio para determinar sus concentraciones.(Espert, y otros, 2004)

Las redes de vigilancia de calidad del aire deben tener bien definidos sus fines y objetivos antes de establecer un plan de muestreo. Entre los diversos fines, podemos distinguir a los siguientes:

- Determinar la distribución geográfica de la contaminación. Con los datos obtenidos tras el muestreo podemos evaluar la contaminación en cuanto a cantidad y composición de la sustancia contaminante.
- Determinar la tendencia de la contaminación atmosférica. Los datos obtenidos pueden servir para establecer la tendencia de la contaminación en dicho lugar a lo largo del tiempo (al año siguiente, por ejemplo).
- Seguimiento de la contaminación producida por una determinada fuente. Se recurre a la instalación de medidores o se recogen muestras en las proximidades de dicho punto, para comprobar el efecto que éste tiene sobre la zona circundante.
- Determinar el efecto de la contaminación sobre la salud. Se realiza un estudio de los efectos que las sustancias contaminantes tienen sobre la salud de las personas, los animales, plantas. Para ello las estaciones deben colocarse de manera que cubran toda la población a estudiar.
- Cumplir las normas de calidad del aire. Los valores obtenidos en las mediciones se comparan con la legislación ambiental vigente para verificar su cumplimiento.
- Crear sistemas de alarma para la contaminación atmosférica. Dichos sistemas tienen como objetivo alertar a la población con la debida anticipación en caso de existir riesgos de una contaminación excesiva, lo cual puede desencadenarse en circunstancias con condiciones meteorológicas desfavorables. De esta forma es posible tomar las medidas necesarias antes de que las sustancias contaminantes alcancen niveles peligrosos para la población. (Espert, y otros, 2004)

### ***1.3.3. Redes de control de la contaminación atmosférica***

Según el ámbito geográfico de su cobertura, estas redes de control se pueden clasificar de la siguiente manera:

#### ***1.3.3.1. Urbana.***

La finalidad de esta red de cobertura es conocer los niveles de concentración de diversos contaminantes en la zona urbana, que resultan del transporte de contaminantes que provienen de

dentro y fuera de la ciudad. Las estaciones serán fijadas de manera que no estén directamente influenciadas por fuentes locales como las industrias o el tráfico.

#### *1.3.3.2. Tráfico*

Esta red de cobertura tiene el objetivo de vigilar los niveles de contaminación en una vía con un tráfico considerable, que se halle a menos de 50 metros de una vía con más de 2000 vehículos/día. Las estaciones que forman parte de la red están influenciadas directamente por todas las emisiones que provengan de los vehículos, y puede estar ubicado dentro de la ciudad o en las cercanías de una carretera.

#### *1.3.3.3. Industrial.*

Esta busca realizar un seguimiento a la contaminación atmosférica ocasionada por una industria, por lo cual la red es colocada en las instalaciones de la misma.

#### *1.3.3.4. Regional*

Las estaciones se ubican lejos de cualquier fuente puntual de emisión, es decir apartados de las zonas urbanas, ya que su finalidad es determinar la contaminación atmosférica de fondo a nivel de una región.

#### *1.3.3.5. De referencia.*

Las estaciones se ubican en zonas aisladas, en donde no se prevea un cambio de uso del suelo en aproximadamente unos 100 km circundantes. Esta red de control permite un estudio de la contaminación atmosférica de fondo a nivel global. (Espert, y otros, 2004)

### ***1.3.4. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la vida en la Tierra***

Existen varios contaminantes con efectos nocivos sobre la vida en la tropósfera, los principales son: partículas, monóxido de carbono, hidrocarburos, entre otros. Estos causan efectos dañinos sobre la vida animal, así como vegetal y humana, por ello deben ser tenidos en consideración.

El efecto que tiene sobre el hombre el conjunto de contaminantes a los que él está expuesto, es un factor bastante difícil de evaluar. Para ello podemos basarnos en valores estadísticos

extraídos de hospitales y centros de salud, los mismos que revelan el aumento de ingresos; se toman en cuenta además datos de ausencia en escuelas y trabajos, y tasas de mortalidad debido a afecciones del sistema respiratorio.(Espert, y otros, 2004)

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de las personas pueden ser agudos e inmediatos (si la concentración de una sustancia contaminante es lo suficientemente alta), y se ve reflejado en la aparición de crisis cardiorespiratorias; por otra parte estos efectos pueden ser crónicos (cuando la concentración del contaminante es baja pero persistente), presentando cuadros de bronquitis, enfisema pulmonar, asma, cáncer, etc.

Las partículas arrastradas por el aire, ya sean líquidas o sólidas pueden ser activas o químicamente inertes. Pero cualquiera que sea la naturaleza de estas partículas, todas representan un factor de suciedad que supone elevados e innecesarios gastos de mantenimiento para las ciudades y demanda además la limpieza de fachadas.(Espert, y otros, 2004)

Por otra parte el efecto más relevante de la presencia de las partículas es que pueden tener la capacidad de causar daños químicos directos, ya sea porque poseen una corrosividad intrínseca o por la corrosión que pueden causar las sustancias que las componen, sean estas disueltas o adsorbidas. (Espert, y otros, 2004)

Los efectos causados por las partículas sobre la vegetación se conocen muy poco. Al parecer Los fluoruros y óxidos de magnesio que podrían estar presentes en algunas partículas causan daños en el desarrollo de las plantas, posteriormente estas pueden ser ingeridas por los animales, y, finalmente por las personas.

El efecto tóxico que pueden presentar las partículas al ser ingeridas por los animales o el hombre a través de sus vías respiratorias, de deben principalmente a las siguientes causas:

- \* La partícula debido a sus características y propiedades físicas y químicas, podría ser intrínsecamente tóxica.
- \* La partícula podría interferir con uno o varios mecanismos biológicos de funcionamiento del aparato respiratorio.(Espert, y otros, 2004)

Basado en estas causas se deriva que las partículas presentes en la atmósfera contribuyen al desarrollo de enfermedades respiratorias en general, tales como bronquitis, enfisema, y dependiendo de su composición contribuye fuertemente en los procesos de cáncer, mismos que se potencian al combinarse con el tabaquismo. (Espert, y otros, 2004)

## **1.4. Material particulado**

El material particulado atmosférico abarca todas las partículas que se hallan en el aire, ya sean sólidas o líquidas, a su vez éstas partículas pueden ser sedimentables o estar en suspensión; pudiendo ser su origen natural o antropogénico.

La emisión de las partículas a la atmósfera puede realizarse de manera directa, denominándose así partículas de tipo primario; por otra parte serán partículas de tipo secundario si son generadas por reacciones químicas típicas de la atmósfera.

Dependiendo de las características químicas y físicas de las partículas, estas pueden participar en procesos fisicoquímicos atmosféricos y meteorológicos que se desenvuelven a escala global, regional, urbana; mediante la formación de nubes, originando núcleos de condensación de vapor de agua o alterando el balance radiactivo de la tierra debido a que altera la reflexión de la radiación solar, o proveyendo de superficies para el desarrollo de reacciones químicas heterogéneas.(CRANA, 2014)

El material particulado genera un impacto negativo en la salud humana, a la vez que provoca daños en la flora y fauna. Este presenta una alta complejidad como componente de la atmósfera, su estudio consiste en un desafío científico tanto experimental como teórico. (Morales, 2006)

### ***1.4.1. Clasificación del material particulado***

El material particulado está conformado por partículas de diversos tamaños, en estado sólido o líquido, exceptuando el agua que no ha sido combinada con ninguna otra sustancia. Entre las partículas que están formando parte del material particulado están las de mayor tamaño, el material particulado sedimentable, luego el material particulado<sub>10</sub> y finalmente el material particulado<sub>2.5</sub>.

- El material particulado sedimentable está conformado por partículas sólidas o líquidas, que miden aproximadamente 10 micrones en adelante, y tienen la capacidad de permanecer suspendidas en el aire de manera temporal.
- El material particulado con un diámetro menor a 10 micrones, que se abrevia PM<sub>10</sub>
- El material particulado que posee un diámetro menor a 2.5, que se abrevia PM<sub>2.5</sub> (TULSMA, 2012)

#### ***1.4.2. Fuentes de material particulado***

El material particulado primario tiene su origen natural principalmente en emisiones de suelos, que dan lugar a partículas minerales, de océanos, que generan aerosol marino; así como también procede de actividades volcánicas y emisiones conformadas por residuos vegetales o de microorganismos, también llamadas emisiones biogénicas. (Salvador, 2005)

Aunque la mayor parte del material particulado proviene de un origen primario; esta tiene también una fracción de origen secundario y que está formado por sulfatos, nitratos, etc. Por otra parte el origen antropogénico del material particulado, está dado en su mayor parte en zonas urbanas o donde existe un gran desarrollo industrial.

En cuanto respecta a las zonas urbanas, es el tráfico el principal generador de material particulado primario, y procede de la combustión de los autos, de los frenos, llantas, así como de la erosión del pavimento.

Por otra parte en zonas industriales existen diversas fuentes que originan material particulado primario, entre ellas tenemos: combustión de combustibles fósiles, la fabricación de ladrillos, cemento, cerámica, así como la fundición de metales: cobre o cinc. Existen también emisiones fugitivas que provienen del transporte de materiales, mas no de una chimenea en particular, esto incluye principalmente las actividades de construcción, minería, etc. Dentro de las actividades que generan material particulado también está la agricultura, que permite el desprendimiento de partículas del suelo con el movimiento de la tierra y quema de biomasa. (CRANA, 2014)

El material particulado secundario de origen antropogénico incluye también sulfatos, nitratos y aerosoles, los derivados del azufre provenientes de procesos de combustión, los derivados del azufre son emitidos por los vehículos, entre otras actividades industriales. (Salvador, 2005)

#### ***1.4.3. Impactos ocasionados en el ambiente por material particulado***

##### ***1.4.3.1. Impactos del material particulado atmosférico en el cambio climático.***

Las partículas han sido señaladas como uno de los compuestos contaminantes que mayor influencia tiene sobre el cambio climático, a pesar de su corta vida media que es incluso menor

que muchos gases de efecto invernadero, esto según el IPCC (Panel Intergubernamental sobre el cambio Climático)

Los efectos en el clima ocasionados por las partículas han sido bastante difíciles de descifrar debido a su tamaño, composición, estructura, propiedades, origen y distribución en el tiempo y espacio; pese a esto se ha llegado a la conclusión de que provocan efectos directos e indirectos, los directos en los cuales estas partículas actúan dispersándose y absorbiendo la radiación infrarroja solar y térmica; y el efecto indirecto, en el cual actúan alterando y provocando cambios en las propiedades de las nubes

La radiación solar en el planeta puede ser reflejada o absorbida dependiendo de la composición de las partículas presentes en el ambiente, es decir, compuestos como sulfatos, nitratos y el carbón orgánico tienen la propiedad de reflejar la radiación solar que entra al planeta, por lo cual al impedir su entrada dan lugar a un proceso de enfriamiento, por el contrario las sustancias como el hollín absorben la radiación solar dando lugar a un efecto de calentamiento.

Estos dos procesos provocan un desequilibrio térmico que puede ser trascendental en el problema del cambio climático. (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

#### *1.4.3.2. Disminución de la visibilidad en el ambiente*

Entre los múltiples efectos de la contaminación atmosférica y de la presencia de material particulado atmosférico, está la reducción de la visibilidad. Esta se conoce como la distancia a la que un determinado objeto puede ser observado, tomando en cuenta al cielo como horizonte sin diferenciar con claridad y exactitud sus detalles. (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

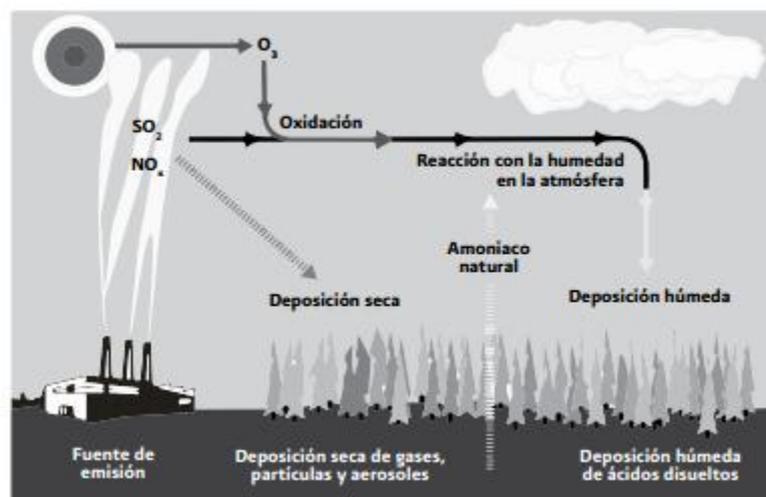
La diferencia de la visibilidad existente en lugares contaminados es muy marcada, así tenemos que en las zonas urbanas donde existe una concentración de material particulado<sub>2.5</sub>, de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se puede visualizar un objeto máximo a 8 o 10 km de distancia; en cambio en lugares donde la contaminación es menor con valores de concentración de material particulado<sub>2.5</sub>, de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  la visibilidad se aproxima a distancia de 50 a 60 km. (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

Es por ello que la reducción de la visibilidad es uno de los efectos más evidentes de la contaminación atmosférica, sobretodo en grandes ciudades desarrolladas industrialmente, como México por ejemplo, en donde en una determinada época se reportaron datos de visibilidad no mayores a 4 km.

Entre los componentes del material particulado<sub>2,5</sub> podemos encontrar a los compuestos derivados del azufre y nitrógeno, los sulfatos y nitratos, mismos que también provocan que la visibilidad se reduzca. En varias zonas de Estados Unidos los sulfatos representan en un alto porcentaje la causa de la reducción de la visibilidad, lo mismo que sucede con compuestos como el nitrato y el carbón. (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

### 1.5. Material particulado sedimentable

El material particulado sedimentable está constituido por partículas que se encuentran en el aire y que se depositan por efecto de la acción gravitacional (deposición seca), y por contaminantes en estado gaseoso, y partículas no sedimentables que son arrastradas por la lluvia o nieve (deposición húmeda). (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)



**Figura 1-1 Deposición de partículas.**

**Fuente:** (Comisión de Cooperación Ambiental, 2010).

Según un estudio perteneciente a P.A. Lundgren, la materia sedimentable está constituida en su mayor parte por partículas comprendidas en un rango de tamaño de 25 a 100 micras, con un diámetro de masa media de aproximadamente 50 a 60 micras. Es decir que la mayor contribución a la masa total del material sedimentable está dada por partículas grandes, y la contribución de las partículas pequeñas es mucho menor. (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

Cuando el tamaño de las partículas sedimentables es lo suficientemente grande, es decir de aproximadamente 20 o 25 micras, pueden tener su origen principalmente en los movimientos de tierra ocasionados por actividades de explotación minera. (Cañizares, 1998)

#### ***1.5.1. Efectos negativos del material particulado sedimentable***

Las partículas que se sedimentan pueden provenir de varios procesos de transformación y dependiendo de su composición son potencialmente dañinos para los suelos, la vegetación, la vida animal y humana. Además dentro de los efectos que tiene el material particulado sedimentable sobre el ambiente están el deterioro de los bienes materiales sobre los que estos se depositan, además empobrecen el paisaje y pueden provocar una contaminación considerable en la vegetación y en el suelo.

Es importante recalcar que la composición química del material particulado sedimentable es muy diversa, muchos de los elementos constituyentes podrían considerarse como nutrientes para el suelo o trazadores en mecanismos de transferencia pero otros elementos pueden ser contaminantes potencialmente tóxicos. (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

##### ***1.5.1.1. Efectos de las partículas sobre las construcciones***

Al depositarse las partículas sobre superficies de casas, edificios, metales, etc; no solo provoca un efecto negativo sobre la estética, sino que además de esto en ocasiones puede desencadenarse un ataque químico superficial que dará lugar a su deterioro. (Fernández, 2001)

Las partículas que se depositan en la superficie de estas infraestructuras provocan en primer plano un ensuciamiento evidente no solo en las construcciones, sino también en estatuas, monumentos, etc.

El ensuciamiento es considerado un efecto óptico negativo, puesto que al depositarse las partículas en las estructuras reduce la reflectancia de los objetos, de la misma manera limita el paso de la luz a través de los materiales de vidrio. Esto provoca que las actividades de limpieza de ventanas y otras estructuras, sean necesarias con una mayor frecuencia. Otro efecto indeseable es la reducción de la vida útil de los objetos.

Otras partículas que se depositan sobre las construcciones son de carbón, el mismo que puede actuar como catalizador de reacciones químicas que corroen los materiales.

Por otra parte la presencia de las partículas tiene un efecto secundario que es servir como lugar de crecimiento para ciertos microorganismos que también aumentan el factor de ensuciamiento en los materiales.

En las capas oscuras de ciertos edificios se ha encontrado formando parte de las partículas depositadas, compuestos como formiato de metilo, acetato y oxalatos, las mismas que también provocan daños en las estructuras de las construcciones. Dichos elementos se han encontrado depositados sobre las edificaciones pertenecientes a zonas urbanas y rurales.(Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

Las partículas depositadas sobre los metales también contribuyen a acelerar el proceso de corrosión.

#### *1.5.1.2. Efectos en ecosistemas terrestres*

Un ambiente y el suelo en general responden de una forma determinada ante la deposición de partículas dependiendo principalmente de la composición química de las mismas, así como del grado de sensibilidad y capacidad de manejar los cambios del ecosistema.(Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

La deposición de partículas puede darse sobre varias partes de las plantas, quedándose allí por largos periodos de tiempo, provocando que estas partículas sean absorbidas o removidas, esto puede generar alteraciones en la fotosíntesis, cambios en la composición química del suelo, modificaciones en el crecimiento y reproducción de las plantas.(Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

Esta deposición de partículas puede estar constituida por compuestos derivados del nitrógeno, azufre y metales pesados, entre otros.En cuanto al suelo las partículas que se han depositado pueden provocar alteraciones en los procesos de flujo de energía, el ciclo de los nutrientes, perturba además la estructura del ecosistema y afecta la diversidad de especies en él existente.

Dependiendo de la composición química de las partículas que han descendido producto de la precipitación, éstas pueden acidificar el suelo, sobre todo cuando la capacidad neutralizadora del ambiente ha sido insuficiente.

Se ha observado especies que en contacto con la lluvia ácida pierden las estructuras de sus hojas como es el caso de las coníferas y deciduas. Esta también da lugar a la pérdida de cera epicuticular foliar, la misma que protege a las plantas de la pérdida de agua.(Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

Por otro lado, los metales también forman parte del material particulado que se deposita en los suelos y que generalmente se concentra en la capa superficial del mismo, disminuyendo su concentración con la profundidad. El problema de que estos se hallen en altas concentraciones es que reducen la capacidad de degradación del suelo de la materia como hojas, restos de

plantas, restos de animales, etc. Además pueden reducir la toma de nutrientes por las raíces de las plantas, alterando el vital proceso de la nutrición.(Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

Además la presencia de los metales afecta la microbiota, especialmente altas concentraciones de metales como Pb y Zn, disminuyen la población de microorganismos y reducen la actividad enzimática en comparación con un suelo no contaminado.

El mayor problema con la deposición de metales pesados es que estos pueden ingresar en la cadena alimenticia a través de animales o plantas y finalmente llegar al hombre. Uno de los métodos de defensa de las plantas ante elevadas concentraciones de metales es la formación de fitoquelatos. (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

Además puede producirse una expansión de zonas áridas. Como mencionamos anteriormente los principales receptores del material particulado sedimentable son el suelo y la vegetación, misma que constituye la base de la cadena alimenticia del hombre. Es por ello sumamente importante que se realicen estudios de la deposición atmosférica y las sustancias tóxicas que contienen.

Frecuentemente la capacidad de eliminación por las plantas y el efecto de lavado en los suelos, es menor que la deposición de las partículas depositadas sobre las mismas, lo cual origina una paulatina y considerable acumulación de estos contaminantes tanto en los vegetales como en el suelo. (Fernández, 2001)

#### *1.5.1.3. Efectos en ecosistemas acuáticos*

Metales de origen natural como aluminio, calcio, potasio, hierro, magnesio, silicio y titanio; así como metales de origen antropogénico como cobre, zinc, cadmio, cromo, manganeso, plomo, vanadio y mercurio pueden depositarse en los cuerpos de agua, arrastrados por la precipitación. Este proceso depende de la localización y de las fuentes de emisiones de contaminantes.(Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

El metal que mayor preocupación causa es el mercurio, principalmente en países del hemisferio norte, puesto que este metal al depositarse en los cuerpos de agua puede ingresar directamente a la cadena alimenticia a través de los peces y bioacumularse en el hombre.

Otros compuestos, tales como los COP's (Compuestos orgánicos persistentes), Hap's (Hidrocarburos aromáticos policíclicos), y otros pesticidas también afectan los ecosistemas acuáticos ya que los peces tienen una gran capacidad de acumulación de los mismos, incluso mayor que las plantas.

La lluvia ácida es uno de los factores que más afectan a los ecosistemas acuáticos, esta puede llegar de dos formas a los cuerpos de agua, la primera es mediante el arrastre del agua por bosques, campos, caminos, hasta llegar a los cuerpos receptores de agua que pueden ser ríos, lagos pantanos; y la segunda forma es la entrada directa al ecosistema acuático. El daño más evidente es el que se da en los peces, puesto que altera tanto el equilibrio de su hábitat que provoca incluso su muerte, dando lugar a una reducción de su población, incluso en ocasiones provoca la desaparición completa de la especie en ese ecosistema. (Instituto Nacional de Salud Pública México, 2010)

#### *1.5.1.4. Efectos en la salud*

Dentro del material particulado, los más peligrosos para la salud son el  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , debido a que penetran directamente en los pulmones provocando graves afecciones respiratorias.

Pero el material particulado sedimentable también tiene su efecto negativo, tal como indica el estudio realizado por el Centro Municipal de Higiene y Epidemiología de La Habana, en donde revelan que las altas concentraciones de material particulado sedimentable tienen una estrecha relación con la mayor tendencia al desarrollo de IRA (Infecciones respiratorias agudas), además de ello pueden provocar alergias u otras afecciones menores.

El modo en que las partículas con un tamaño entre 5 a 30 micrómetros entran al organismo es mediante la velocidad del aire que se debe a la respiración y que da lugar al impacto de estas en las fosas nasales, en donde se une a las secreciones nasales alojándose principalmente en la región nasofaríngea. De esta manera puede enrojecer las fosas nasales y provocar un aumento de secreciones.(Jimenez, 2014)

Además de ello la presencia de material particulado sedimentable en el ambiente da lugar a que entre en contacto con los ojos de las personas, lo cual puede provocar enfermedades como la conjuntivitis.

Debido a que el área más extensa del cuerpo es la piel, es la más propensa a recibir el impacto del MPS, el mismo que puede provocar irritaciones, incluso una dermatitis urticaria (picazón).

Sumado a esto, otro problema del material particulado sedimentable es que al desconocer su origen, desconocemos su composición que puede incluir metales pesados u otras sustancias dañinas que por una parte pueden afectar al ser humano directamente o a través del consumo de plantas contaminadas por dichas sustancias.

### ***1.5.1 Muestreo pasivo***

Debemos tomar en cuenta además que realizaremos un muestreo pasivo que consiste en la utilización de dispositivos para la recolección de la muestra de un contaminante determinado, después de un tiempo adecuado de exposición al ambiente, un periodo de muestreo que puede ir desde unas horas hasta 30 días, como es nuestro caso, posteriormente la muestra se regresa al laboratorio para ser analizada.

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 nos puede proveer únicamente información del promedio de las concentraciones.

#### ***1.5.1.1. Método Bergerhoff***

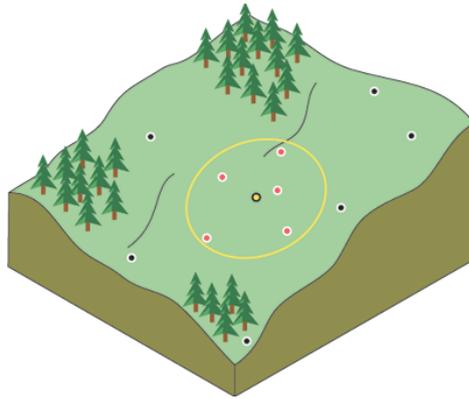
Es el método de recolección de material particulado sedimentable más ampliamente utilizado en el área de control atmosférico, basado en la colocación de frascos en diversos puntos seleccionados estratégicamente para ser recolectados en el lapso de 30 días. (Swisscontact, 2001)

##### ***1.5.1.1.1 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)

### ***1.5.2. Representación en forma gráfica del Material Particulado sedimentable***

Las concentraciones del material particulado sedimentable pueden representarse mediante un mapa que nos ayude a determinar los sectores de mayor y menor concentración en la ciudad.



**Figura 2-1. Vecindad de IDW del punto seleccionado**

Fuente: ArcGIS, 2013

Inverse Distance Weighted, herramienta del software ArcGIS que en español significa ponderación de distancia inversa, nos permite realizar interpolaciones basándose en los valores promedios de las celdas relacionadas con los valores de los puntos que tiene alrededor, en el cual tienen más peso los puntos que más cercanos se encuentren.

El método determina que la influencia de la variable que se esté analizando (concentración de material particulado sedimentable) sea menor a medida que nos alejamos del punto en consideración.

Se basa en la inversa de una distancia determinada elevada a una potencia matemática. La potencia es el parámetro que permite controlar los valores de los puntos desconocidos, basándose en los valores interpolados desde el punto de salida.(ArcGIS, 2013)

Matemáticamente se formula:

$$Z(S_o) = \sum_{i=1}^N \lambda_i * Z(S_i)$$

**Ecuación 1-1. Método matemático, IDW**

Fuente: (Álvarez Jorge, 2009)

Donde:

So: Valor a predecir

N: Valor de muestras del punto a predecir

$\lambda_i$ : Pesos asignados a cada punto vecino

$S_i$ : Valores medidos

### ***1.5.2. Marco Normativo***

## **1.6. Normas de Calidad del aire**

El concepto de la calidad del aire, no está definido precisamente por los parámetros que pueda tener alterados, sino por el daño y afectaciones que pueda provocar a las personas, animales, vegetación, personas, y al ambiente en general.

El establecimiento de un estándar de calidad del aire requiere de una serie de estudios oportunos que permitan determinar la relación existente entre las concentraciones de los contaminantes y los daños o efectos que se quieran evitar.

De allí que en los países menos desarrollados debido a sus limitaciones en cuanto a la economía, es bastante difícil realizar sus propios estudios, razón por la cual se basan generalmente en estándares adoptados por países más desarrollados como Estados Unidos, con la pertinente adaptación a la realidad de un determinado lugar.

### **Estándar de calidad de Aire primario**

Este establece los niveles de la calidad del aire en donde el ente responsable determina que es el necesario, dentro de un ámbito de seguridad con el objetivo de proteger el bienestar y la salud de los habitantes.

Este estándar primario busca asegurar en general la vida de los seres humanos.

### **Estándar de calidad del Aire secundario**

Establece los lineamientos de la calidad del aire tomando en cuenta los efectos adversos, dañinos esperados de un determinado contaminante sobre la población.

Lo que busca este estándar es conseguir la protección de los seres vivos no humanos, tales como los animales y las plantas, promoviendo el concepto de sustentabilidad, es decir satisfacer las necesidades de nuestra generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades, cuidando los recursos y los ecosistemas en general.

De igual manera velan por la protección de los factores no vivos, como visibilidad, protección de paisajes, etc.

## **Normativa en el Ecuador**

El anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, es una norma técnica amparada en La Ley de Gestión Ambiental y el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, que provee de los métodos para un control de la calidad del aire ambiente.

Su principal propósito es preservar la salud de las personas mediante la conservación de una buena calidad del aire, de los ecosistemas y del ambiente en sí.

En ella se establecen los límites máximos permisibles de concentraciones de diversos contaminantes del aire, entre ellos el material particulado sedimentable, además que provee de la técnica a emplearse para determinar su concentración.

En cuanto al límite máximo permisible establecido por la legislación ecuatoriana, este valor no debe superar  $1\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot 30$  días. En cuanto a la OMS, el valor máximo establecido para que no exista ninguna clase de afección a la salud es menor, de  $0,5\text{ mg}/\text{cm}^2 \cdot 30$  días.

El método a utilizar es el llamado Partículas en Envases abiertos; basado en el Method 502. Methods of Air Sampling and Analysis.(TULSMA, 2012)

## CAPITULO 2: INFORMACIÓN Y METODOLOGÍA DE MUESTREO

### 2.1 Información de la zona estudiada

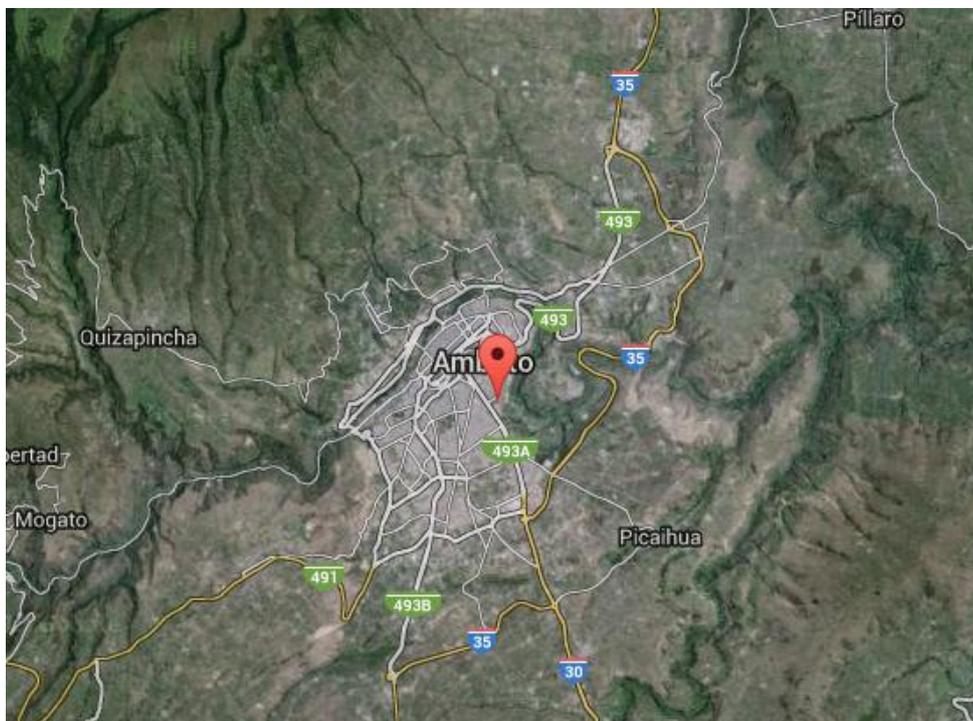
#### 2.1.1 Datos geográficos de Ambato

Los datos geográficos de la ciudad de Ambato tales como su localización, orografía, altitud media y extensión fueron extraídas como información secundaria del Instituto Geográfico Militar.

##### 2.1.1.1 Localización

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

- Norte: 9852510 / 9870920
- Este: 750370 / 778220



**Figura1-2. Ubicación de la ciudad de Ambato**

Fuente: Google earth, 2015

El cantón Ambato está conformado por 19 parroquias en total, entre urbanas y rurales. (INEC, 2010)

#### *2.1.1.2. Orografía*

Según el Instituto Geográfico Militar, Ambato presenta una topografía irregular, en donde su máxima altura alcanza los 4005 metros. Los accidentes orográficos más significativos son las Lomas Yanashpa, Ilillagua, Piliscocha, Casigana, Nariz del Diablo, de Cegarra, Paloma, Catitahua, etc.

#### *2.1.1.3. Extensión y Altitud media*

El cantón Ambato se extiende en un área aproximada de 1200 km. Representando alrededor del 30.1 % del territorio total de la provincia de Tungurahua.

Se encuentra a una altitud media de 2500 msnm. (IGM, 2015)

### ***2.1.2. Datos meteorológicos de la ciudad de Ambato***

Los datos meteorológicos se obtuvieron de la estación del Aeropuerto que consta en el Anuario Meteorológico de la Provincia de Tungurahua.

#### *2.1.2.1. Temperatura*

Según el INHAMI, Ambato es una ciudad que se caracteriza por poseer un clima templado.

El rango de su temperatura media se halla entre 14°C y 15°C.

Aunque generalmente presenta temperaturas que van desde los 10 °C a los 25 °C

#### *2.1.2.2. Precipitación*

La ciudad de Ambato presenta precipitaciones de valores alrededor de los 504 mm.

**Tabla 1-2:** Precipitación de la ciudad de Ambato.

<b>MESES</b>	<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>
Julio 2014	178,90
Agosto 2014	162,50
Septiembre 2014	105,90
Octubre 2014	219,20
Noviembre 2014	146,35
Diciembre 2014	68,30
Enero 2015	41,30
Febrero 2015	21,50
Marzo 2015	48,70
Abril 2015	21,70
Mayo 2015	48,20
Junio 2015	40,30

**Fuente:** Anuario Metereológico de la Provincia de Tungurahua, 2014

**Realizado por:** Gobierno Provincial de Tungurahua

### 2.1.2.3. Velocidad del viento

**Tabla 2-2:** Velocidad del viento en la ciudad de Ambato

<b>MESES</b>	<b>VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)</b>
Julio 2014	2,02
Agosto 2014	1,88
Septiembre 2014	1,79
Octubre 2014	1,84
Noviembre 2014	1,69
Diciembre 2014	1,57
Enero 2015	1,58
Febrero 2015	2,02
Marzo 2015	1,93
Abril 2015	1,90
Mayo 2015	1,78
Junio 2015	2,40

**Fuente:** Anuario Metereológico de la Provincia de Tungurahua, 2014

**Realizado por:** Gobierno Provincial de Tungurahua

#### 2.1.2.4. Dirección del viento

**Tabla 3-2:** Dirección del viento en la ciudad de Ambato

MESES	DIRECCIÓN DEL VIENTO
Julio 2014	48 S
Agosto 2014	63 S
Septiembre 2014	40 S
Octubre 2014	58 SSE
Noviembre 2014	34 SSE
Diciembre 2014	39 SSE
Enero 2015	45 SSE
Febrero 2015	71 SSE
Marzo 2015	45 SSE
Abril 2015	53 SSE
Mayo 2015	52 SSE
Junio 2015	67 S

**Fuente:** Anuario Meteorológico de la Provincia de Tungurahua, 2014

**Realizado por:** Gobierno Provincial de Tungurahua

#### 2.1.3. Contexto económico

La información acerca del contexto económico fue extraída como información secundaria del Instituto Nacional de Estadística y Censos.

##### 2.1.3.1. Población

La población existente en la ciudad de Ambato es alrededor de 329900 habitantes, que representan más de la mitad de los habitantes de la provincia de Tungurahua (65.4%).

De esta población de la ciudad, el 50.1% corresponde al sector urbano, y el 49.9% al sector rural.

Su población económicamente activa constituye alrededor del 60%. (INEC, 2010)

##### 2.1.3.2. Principales actividades económicas.

Gran parte de su población se dedica a actividades de comercio, industrias manufactureras, así como la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.



**Figura 2-2.** Principales actividades económicas desarrolladas en Ambato.

Fuente:(INEC, 2010)

#### 2.1.3.3. Tipo y materiales de vivienda

Según el Instituto Ecuatoriano de Estadística y censos, en la provincia de Tungurahua la mayor parte de las viviendas son casas o villas. Las mismas que en su mayor parte están construidas con materiales de losa y teja.

**Tabla 4-2.** Materiales de vivienda en Tungurahua.

Material	Viviendas	%
<b>Losa</b>	20,897	25.60%
<b>Asbesto</b>	6,911	8.50%
<b>Zinc</b>	13,306	16.30%
<b>Teja</b>	38,842	47.50%
<b>Paja</b>	1,730	1.80%
<b>Otros</b>	135	0.10%
<b>Total</b>	112,722	

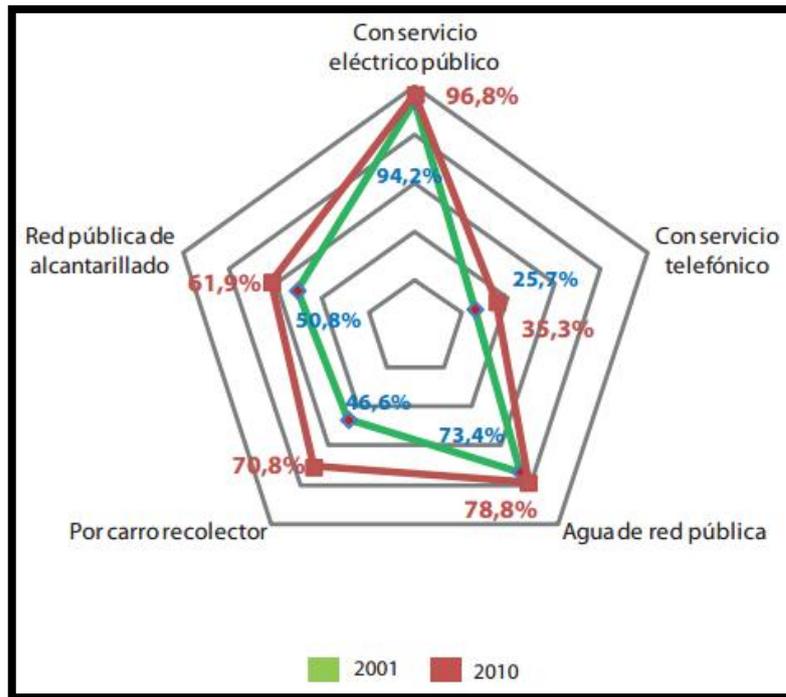
Fuente: (INEC, 2010)

Realizado por: María Fernanda Villacrés

#### 2.1.3.4. Servicios básicos

El porcentaje de personas que cuentan con los principales servicios básicos, agua potable, electricidad, sistema de alcantarillado y servicio de recolección de basura; es alto, y va en aumento.

Mientras que el porcentaje de hogares con servicio telefónico es relativamente bajo.



**Figura 3-2.** Servicios básicos en Tungurahua

Fuente:(INEC, 2010)

## 2.2 Metodología de monitoreo de Material Particulado Sedimentable

### 2.2.1. Fase de campo

#### 2.2.1.1. Materiales en campo

- ✓ Canasta para las 6 jarras.
- ✓ Recipiente colector plástico (diámetro aprox. 10.5 cm, longitud 20 – 30 cm)
- ✓ Malla de 1 mm de acero inoxidable.
- ✓ Alambre delgado.
- ✓ Playo.
- ✓ Escalera.

#### 2.2.1.2. Selección de los puntos de monitoreo

Para la selección de los puntos de monitoreo, la Dirección de Gestión Ambiental del GAD-MA se basó en la zonificación del suelo urbano contenida en el Plan de Ordenamiento Territorial

2020 de la ciudad de Ambato, en donde consta que la misma posee una orografía territorial en la que puede considerarse el cauce del río, los taludes, las quebradas que delimitan ciertas planicies relativamente regulares donde ha sido posible el asentamiento urbano.

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.

La ciudad de Ambato se halla dividida en 5 plataformas que poseen determinadas características además de su ubicación que las diferencia unas de otras.

✓ 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, Inapísí, 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. HugoOrtiz, 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 Jácomeintersección General José de San Martín, General José de San Martín.

Este.- General José de San Martín, intersección borde superior Laderas del RíoCulapachán, 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 VillaRica, intersección quebrada La Victoria, quebrada La Victoria, intersección calleGuantánamo, calle Guantánamo, intersección calle Punta del Este, Punta del Esteintersección 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 elCarrizo, 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 quebradaEl Gallinazo, borde superior quebrada, intersección calle La Ceiba, intersección calle elAlgarrobo, calle Algarrobo, P.G. E-764580, N-9°867318

ÁREA BRUTA: 3.787,80 Has

Con el propósito de abarcar toda la ciudad, los puntos de monitoreo fueron ubicados de acuerdo a las forma de la ciudad, así pues se colocó una jarra en la plataforma 1 y 2, respectivamente y debido a que las plataformas 3 y 4 son las más grandes, se colocaron 2 jarras por plataforma.

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

**Tabla 5-2** Metodologías para el muestreo en el monitoreo atmosférico

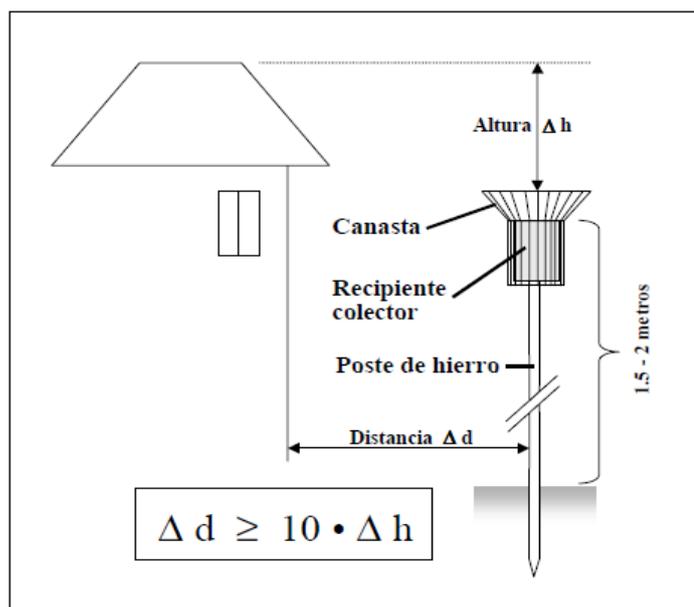
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>	<b>INVERSIÓN</b>
Muestreadores Pasivos	Muy bajo costo. Muy simples. Útiles para cribado y estudios de base	No probado en algunos contaminantes. En general solo provocan promedios semanales y mensuales. Requieren análisis de laboratorio.	\$2-4 por muestra.
Muestreadores Activos	Bajo costo Fáciles de operar	Proporciona concentraciones pico o de alerta.	\$2000-4000 Por unidad

	Confiables en: Operación y funcionamiento. Historia de bases de datos.	Trabajo intensivo Requieren análisis de laboratorio.	
Monitoreos Automáticos	Alto funcionamiento comprobado Datos horarios Información <i>on line</i> y bajos costos directos	Complejo Caro requieren técnicos calificados. Altos costos periódicos de operación.	\$10000-20000 por monitor.
Sensores remotos	Proporcionan patrones de resolución de datos. Útiles cerca de fuentes y para mediciones verticales en la atmósfera. Mediciones de multicomponentes.	Muy complejos y caros. Difíciles de operar, calibrar y validar. No son siempre comparables con los analizadores convencionales.	>\$200000 por sensor
Bioindicadores	Baratos Útiles para identificar la presencia de algunos contaminantes.	Problemas en la estandarización de sus metodologías y otros inherentes a los procedimientos. Algunos requieren análisis de laboratorio.	Costo variable

Fuente: OPS, 2004

Realizado por: María Fernanda Villacrés

### 2.2.1.2.1. Requerimientos del sitio de muestreo.



**Figura 4-2. Esquema de colocación del sistema de Bergerhoff**

Fuente: (Swisscontact, 2001)

Para una correcta selección de los puntos de monitoreo se debe tener en cuenta varias consideraciones, tales como:

- \* El fácil acceso al sitio de muestreo
- \* Seguridad del equipo empleado, procurando que sea un lugar seguro, sin vandalismo.
- \* Infraestructura del lugar
- \* El sitio debe ser en lo posible libre de obstáculos que interfieran con la recolección de la muestra, evitando entre otras cosas la cercanía con árboles y estructuras altas como los edificios, en un radio de al menos 10 metros.
- \* Con el objeto de reducir en lo posible la incidencia de fuentes puntuales de contaminación, el punto de muestreo debe colocarse a más de 20 metros de distancia de cualquier fuente industrial, doméstica o de una vía en donde la circulación vehicular es alta.
- \* La entrada al frasco recolector de la muestra debe ubicarse a una altura entre 1.5 y 4 metros. Generalmente para una apreciación del daño directo en la población se recomienda la altura más pequeña, pero debido a la inseguridad esto no siempre es posible, de manera que los frascos se colocaron más arriba.

**Tabla 6-2.** Selección del sitio de muestreo

<b>OBSTÁCULO</b>	<b>DISTANCIA</b>
Árboles y edificios	Se recomienda radio libre de 10 m, alrededor del sitio de muestreo
Fuentes de emisión: industriales, comerciales o móviles.	Se recomienda 20 m, de distancia del sitio de muestreo.
<b>ALTURA DE LA TOMA DE LA MUESTRA</b>	<b>TIPO DE ESTUDIO</b>
1.5 a 2.5 m	Para estudios epidemiológicos o de tráfico vehicular
2.5 a 4 y hasta 8 m	Estudios de calidad del aire de fuentes fijas.
10 m.	Determinación de parámetros meteorológicos.

Fuente:(Inche, 2004)

Realizado por: María Fernanda Villacrés

### *2.2.1.3. Selección del número de puntos*

Es escasa la información o parámetros existentes para la determinación del número de puntos a muestrear, de manera que estos sean representativos, nos basamos en algunos estudios y fuentes bibliográficas, que nos indica que para el monitoreo de partículas sedimentables el número mínimo de puntos es 3. (Jaurilaritza, 2012)

Por otra parte no se pudo realizar una distribución sistemática regular, es decir dividiendo a la ciudad en cuadrículas y tomando un punto por cuadrícula, debido a la forma de la ciudad, y sobre todo por la selección de un lugar adecuado, de fácil acceso y donde la jarra esté segura.

Por lo tanto el número se escogió basado en el tamaño de la plataforma a colocarse, siendo una por plataforma, y dos en las más grandes, con un total de 6 puntos de muestreo.

### *2.2.1.4. Determinación del tiempo de muestreo.*

El muestreo propuesto por el GAD-MA es indefinido, pero para la elaboración de este trabajo basados en la referencia de que un buen programa de muestreo se realiza por 12 meses, debido que incluye un año entero de evaluación, en este tiempo se puede verificar los cambios en el comportamiento del contaminante a través de los cambios estacionales.

Es así que el periodo de estudio del material particulado sedimentable es desde Agosto 2014 hasta Julio 2015.

### *2.2.1.5. Determinación de la frecuencia de muestreo.*

Como se ha mencionado anteriormente el material particulado sedimentable es un contaminante del aire que se mide a lo largo de 30 días, por tal razón el muestreo y cambio de frasco se realiza cada 30 días.

## **2.2.2. Fase de laboratorio**

Para la fase de laboratorio nos basamos en el método de Bergerhoff detallado en el manual de laboratorio perteneciente a Swisscontact.

### 2.2.2.1. *Materiales en laboratorio*

- ✓ Vaso de precipitado de 400 o 600 mL
- ✓ Varilla de agitación
- ✓ Placa calefactora
- ✓ Estufa
- ✓ Desecador
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Pinzas
- ✓ Agua destilada
- ✓ Cámara extractora de gases
- ✓ Marcador permanente

#### 2.2.2.1.1. *Descripción de materiales*

##### **Vaso de precipitado**

Este es uno de los materiales de laboratorio más usados, lo empleamos para contener la muestra y evaporarla usando calor. El volumen de los vasos de precipitados es amplio, desde el más pequeño (1 mL) hasta el más grande (varios litros). En nuestro caso utilizaremos uno de 400 mL o 600 mL dependiendo del volumen de la muestra.

Usamos este material debido a que se usa cuando no se requiere un volumen exacto de la muestra, puesto que tienen la graduación del volumen pero no son calibrados, por lo cual el volumen marcado es inexacto.

##### **Varilla de agitación**

Es un cilindro macizo de vidrio que utilizaremos para agitar la muestra en la jarra antes de pasarla al vaso de precipitado. Posee una longitud de 40 cm y un diámetro de 6mm.

##### **Placa calefactora**

Este es un instrumento muy resistente a ataques químicos, y a la corrosión; lo usaremos para calentar la muestra y evaporarla, y es ideal debido a que podemos calentar el líquido de forma controlada, evitando que la temperatura sea tal que llegue al punto de ebullición.

Posee un rango de temperatura que puede llegar a los 200 °C, debido a que contiene varios elementos de calefacción eléctrica.

## **Estufa**

Este equipo es empleado generalmente para procesos de esterilización o secado, como en nuestro caso. La estufa opera produciendo calor mediante convección. Este tipo de calor es denominado calor seco que en el lapso de 2 horas a 105 °C puede absorber la humedad de los materiales debido a las altas temperaturas.

## **Desecador**

Es un instrumento de laboratorio, de material de vidrio que puede cerrarse herméticamente creando un vacío, razón por la cual puede eliminar la humedad de la muestra, además contiene una sustancia, usualmente gel de sílice que contribuye a la deshidratación.

## **Balanza analítica**

Este instrumento de medida nos permite medir el peso de la muestra con una exactitud de hasta 0,1 mg.

## **Campana extractora de gases**

Es un dispositivo de laboratorio empleado para la extracción de gases o vapores, limitando la exposición a estos. Por lo cual para nuestro objetivo lo usamos para extraer todo el vapor emanado por las muestras, así como impedir que las mismas se contaminen con polvo propio del laboratorio.

## **Agua destilada**

Es agua común que ha sido sometida a un proceso de purificación, razón por la cual la empleamos para el lavado de materiales y trasvasado de la muestra, ya que no posee ningún tipo de sustancia que la altere.

### *2.2.2.2. Desarrollo del Método de Bergerhoff*

#### *2.2.2.2.1. Colocación de la jarra para recolección de la muestra*

- ✓ Antes de la salida las jarras deben ser correctamente lavadas con detergentes ligeros y posteriormente con agua destilada en el laboratorio.
- ✓ Enseguida las jarras se tapan para el transporte al sitio de muestreo.
- ✓ Ya en el sitio de muestreo se toma en cuenta que en caso de que no nos encontremos

en una época lluviosa, deben colocarse unos 100 a 200 mL de agua destilada aproximadamente, y este valor mucho dependerá de las condiciones y valores de evaporación y precipitación en el lugar.

- ✓ Colocamos la malla metálica y enseguida lo colocamos en el lugar destinado, asegurándolo con alambres que permitan que la jarra se mantenga inmóvil durante el periodo de muestreo.

#### 2.2.2.2.2. Retiro de la muestra

- ✓ Una vez transcurridos los 30 días, nos dirigimos al sitio de muestreo, en donde retiramos la jarra, la descubrimos de la malla metálica y la tapamos y etiquetamos.
- ✓ En este momento es donde se observa el estado de la muestra a breves rasgos y en caso de hallarse alguna anomalía o situación inusual se anota en la hoja de campo en el área de observaciones, en donde además consta la hora de puesta y retiro de la jarra; ya que tras retirarla, se coloca otra que realizará el muestreo los 30 días posteriores.
- ✓ Una vez culminado el trabajo en todos los puntos las muestras son llevadas al laboratorio, en donde en caso de no poder realizarse el análisis en ese momento, guardamos las muestras en el refrigerador, en donde la luz no pueda afectar la muestra y de esta manera evitar el crecimiento de microorganismos.
- ✓ Debe considerarse el hecho de que las muestras no deben ser guardadas por un lapso de tiempo mayor a 14 días.

#### 2.2.2.2.3. Análisis

En el laboratorio se llevan a cabo diversas actividades, tales como:

##### *Preparación del material:*

- ✓ Lavado de materiales con detergentes suaves.
- ✓ Último enjuague con agua destilada
- ✓ Secado al aire libre por unos minutos
- ✓ Secado de los vasos de precipitación en la estufa por un lapso de 2 horas a una temperatura de 105°C.
- ✓ Una vez que sacamos los vasos de la estufa con pinzas, procedemos a la colocación de los mismos por el lapso de una hora en la desecadora.
- ✓ Sacamos los vasos con una pinza y etiquetamos con marcador permanente.

- ✓ Ingresamos uno por uno los vasos en la balanza analítica (previamente calibrada), y obtenemos el valor del peso del vaso vacío.
- ✓ A continuación registramos el peso en nuestro hoja de datos,  $P_1$ .

#### *Pesado de las muestras*

- ✓ Destapamos las jarras y añadimos agua destilada según la necesidad, en caso de tener una muestra seca.
- ✓ Con una varilla de vidrio agitamos para recolectar todas las partículas que estén adheridas a la superficie de la jarra, con el objetivo de obtener el menor error posible.
- ✓ Transferimos la muestra a un vaso de precipitación (previamente preparado).
- ✓ Con la ayuda de una pinza 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 empezamos 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  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 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 procedemos a retirar los vasos de la placa calefactora con la ayuda de una pinza.
- ✓ Colocamos los vasos en la estufa a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C}$  por el lapso de 2 horas.
- ✓ Transcurrido este tiempo, sacamos los vasos de la estufa con una pinza y lo llevamos al desecador en donde lo dejamos por el lapso de 1 hora.
- ✓ Enseguida sacamos los vasos del desecador y los introducimos en la balanza analítica para pesar la muestra.
- ✓ Registramos este peso en nuestra hoja de datos, como  $P_2$
- ✓ Tras pesar la muestra podemos proceder a desecharla en la basura en caso de ser posible, de otra forma únicamente lavamos los materiales de manera habitual

#### *2.2.2.2.4. Cálculos.*

##### *Determinamos el área 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:

$$A = \pi r^2$$

**Ecuación 1-2.** Ecuación para determinación del área del recipiente

Fuente: (Swisscontact, 2001)

- ✓ Con esta fórmula obtenemos el valor del área de la jarra en  $\text{cm}^2$

*Aplicación de la fórmula para determinación de material particulado sedimentable.*

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

$$MPS\left(\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 \cdot 30 \text{ días}}\right) = \frac{P_2 - P_1}{A \cdot T}$$

**Ecuación 2-2.** Ecuación de cálculo de Material Particulado Sedimentable

Fuente: (Swisscontact, 2001)

Donde:

MPS= material particulado sedimentable expresado en miligramos por centímetro cuadrado por 30 días.

$P_2$ = Peso del vaso con la muestra expresado en miligramos

$P_1$ = Peso del vaso vacío en miligramos.

A= área de la jarra expresada en centímetros cuadrados.

T= 30 días de muestreo.

### *Mantenimiento de materiales*

- ✓ La malla metálica debe ser enjuagada con agua corriente y enseguida con agua destilada para liberarlo de impurezas.
- ✓ Las jarras también se lavan y conservan como fue descrito anteriormente, tapadas y lejos de una posible contaminación por polvo.

## **2.3. Análisis de datos**

### **2.3.1. Análisis estadístico**

#### *2.3.1.1. Análisis de varianza para un diseño en bloques aleatorizados empleando ANOVA*

Las 12 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.

Usualmente para el establecimiento de los bloques, se toman en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Proximidad, que en nuestro caso son los puntos de muestreo
- ✓ Características físicas
- ✓ Tiempo, como en nuestro caso lo son los meses
- ✓ Manejo de las unidades experimentales

Con este diseño conseguiremos realizar una comparación entre las diferencias entre los promedios de los dos tratamientos (lugar, mes de muestreo)

Al realizar una comparación en el diseño completamente aleatorizado, determinamos que existe adicionalmente una fuente de variación que es entre los tratamientos y dentro de los mismos: lo que se define como variación entre bloques.

### **Anova. Influencia del sitio de muestreo sobre la concentración de MPS**

#### 1. Planteamiento de hipótesis

H0: No existe una influencia del punto de muestreo sobre la concentración de material particulado sedimentable.

H1: Existe una influencia del punto de muestreo sobre la concentración de material particulado sedimentable

#### 2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

#### 3. Estadístico de prueba

Análisis de varianza para un diseño en bloques aleatorizados empleando Anova

#### 4. Decisión

Si el p valor es mayor que 0.05, no se rechaza la H0, entonces determinamos que no existe una influencia del lugar de muestreo sobre la cantidad de material particulado sedimentable

Si el p valor es menor que 0.05, se rechaza la H0, entonces determinamos que existe una influencia del lugar de muestreo sobre la cantidad de material particulado sedimentable

### **Anova. Influencia del mes de muestreo sobre la concentración de MPS**

#### 1. Planteamiento de hipótesis

H0: No existe una influencia del mes sobre la concentración de material particulado sedimentable.

H1: Existe una influencia del mes sobre la concentración de material particulado sedimentable.

2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

3. Estadístico de prueba

Análisis de varianza para un diseño en bloques aleatorizados empleando Anova

4. Decisión

Si el p valor es mayor que 0.05, no se rechaza la H0, entonces determinamos que no existe una influencia del mes de muestreo sobre la cantidad de material particulado sedimentable

Si el p valor es menor que 0.05, se rechaza la H0, entonces determinamos que existe una influencia del mes de muestreo sobre la cantidad de material particulado sedimentable

#### 2.3.1.2. Prueba de Tukey

Es una técnica empleada para el análisis de datos, desarrollada por John W. Tukey que permite corroborar si todos los tratamientos son iguales mediante la comparación de todas sus medias, unas con otras.

Para el análisis de nuestros datos realizamos el siguiente planteamiento:

#### **Prueba de Tukey para los puntos de muestreo**

Buscamos determinar si en todos los pares de medias de los puntos de muestreo se produce la misma cantidad de material particulado sedimentable.

1. Planteamiento de hipótesis.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

3. Estadístico de prueba

Comparación de medias mediante el método de Tukey.

4. Decisión

Si el p valor es mayor que 0.05, no se rechaza la  $H_0$ , entonces determinamos que no existe una diferencia de la cantidad de material sedimentable en todos los puntos de muestreo.

Si el p valor es menor que 0.05, se rechaza la  $H_0$ , entonces determinamos que existe una diferencia de la cantidad de material sedimentable en todos los puntos de muestreo.

**Prueba de Tukey para los meses de muestreo**

Buscamos determinar si en todos los pares de medias de los meses de muestreo se produce la misma cantidad de material particulado sedimentable

1. Planteamiento de hipótesis.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

3. Estadístico de prueba

Comparación de medias mediante el método de Tukey.

4. Decisión

Si el p valor es mayor que 0.05, no se rechaza la  $H_0$ , entonces determinamos que no existe una diferencia de la cantidad de material sedimentable en todos los pares de meses.

Si el p valor es menor que 0.05, se rechaza la H<sub>0</sub>, entonces determinamos que existe una diferencia de la cantidad de material sedimentable en todos los pares de meses.

Tanto para la prueba Anova como para Tukey se empleó el **Software estadístico Infostat**. Para ello copiamos los datos desde Excel, y dimos clic en la opción

>Estadísticos

>Análisis de varianza

A continuación ubicamos al MPS en la variable dependiente y al Lugar o Mes en la variable de clasificación, dimos clic en aceptar y en la nueva ventana seleccionamos

>Comparaciones

>Tukey

Y aceptamos.

#### 2.3.1.3. *Análisis de correlación con los datos meteorológicos*

El promedio de la concentración de material particulado sedimentable a lo largo de los doce meses monitoreados fue analizado y correlacionado mediante una regresión lineal con los datos anuales de precipitación y velocidad del viento en el programa Microsoft Excel.

## 2.4. **Elaboración de mapas**

Para la elaboración de los mapas empleamos el Software de Sistemas de Información Geográfica ArcGIS 10.0, el mismo que permitió interpolar los datos y predecir las concentraciones de las zonas adyacentes.

Para ello se siguieron una serie de pasos que detallo a continuación:

### **Paso 1.**

Se creó una base de datos en Excel que contenga todas las concentraciones obtenidas en los 6 puntos, con la etiqueta de ID en la columna que contendrá número del 1 al 6 para identificar cada estación, así:

ID: 1, 2, 3, 4, 5, 6 (FRA, AMB, PIS, HUA, PIA, IZA)

MPS: Promedio y mensual para cada columna

## **Paso 2.**

Creamos una carpeta que contenía:

- ✓ Base de datos en Excel
- ✓ Shapefile de los límites políticos de la ciudad de Ambato
- ✓ Shapefile que contenga la ubicación geográfica de los puntos de muestreo
- ✓ Shapefile que contenga los poblados de la ciudad.

## **Paso 3.**

Se verificó en el Software ArcGIS, que esté activa la herramienta Geostatistical Analyst, entonces para ello fuimos a la barra de menú, se dio clic derecho en la opción Customize, y entre las opciones resultantes seleccionamos Extensions, verificamos que se encuentre activa la opción Geostatistical Analyst.

## **Paso 4.**

Conectamos con la carpeta que contiene todos los archivos de interés y se añadió el primer shapefile que es puntos de monitoreo. Los 6 puntos de monitoreo aparecieron.

## **Paso 5.**

Se conectaron los puntos de monitoreo con las concentraciones de la hoja de Excel.

Para ello se dio clic derecho en el archivo <puntos de monitoreo> ubicado en la tabla de contenidos, entre las opciones seleccionamos:

>*Join and relates*

>*Join*

En la tabla que apareció seleccionamos los archivos y los campos a conectar.

Para ello indicamos:

*What do you want to join to this layer?*

>*Join attributes from a table*

Enseguida en el número 1 escogimos el campo del archivo de los puntos de monitoreo a seleccionar:

1. *Choose the field in this layer that the join will be based on:*

>Id

A continuación indicamos la hoja del archivo de excel a conectar

2. *Choose the table to join to this layer, or load the table from disk:*

>Hoja 1

Enseguida se indicó el campo de la tabla de excel a conectar:

3. *Choose the field in the table to base the join on:*

>ID

Finalmente dimos clic en ok.

#### **Paso 6.**

Para crear las interpolaciones usando el IDW fuimos a la barra superior y seleccionamos la opción:

>Geostatistical Analyst >Geostatistical Wizard

En el cuadro de diálogo que apareció, en la sección *Deterministic methods* se seleccionó >Inverse Distance Weighting y en la parte derecha en *Data Field* se escogió el mes a interpolar.

>Finish

#### **Paso 7**

A continuación para extender el mapa de interpolación más allá del límite de los puntos de monitoreo, hacia los límites políticos del cantón:

Se agregó la capa de los límites políticos y se le otorgó un color transparente.

Enseguida dimos clic derecho en la capa *Inverse Distance Weighting* y en la pestaña >Extent seleccionamos >the rectangular extent of Limites políticos.

>Aceptar

## **Paso 8**

Para colocar en el fondo del mapa de interpolación, el de la ciudad que contiene las vías con sus respectivos nombres como referencia:

Fuimos a la barra superior y seleccionamos

>*OpenStreetMap*

>*Mapnik*

Y en la pestaña *Display* de la capa *Inverse Distance Weighting*, se aumentó la transparencia a un 30%

## **Paso 9**

Se añadió la capa de poblados para tener los sectores como referencia en el mapa

## **Paso 10**

Se añadieron las etiquetas de los puntos de monitoreo y poblados. Las capas quedaron en el siguiente orden:

*Puntos de monitoreo*

*Poblados*

*Inverse distance Weighting*

*Limites políticos*

*OpenStreetMap Mapnik*

Se agregaron las partes esenciales de un mapa como leyenda, escala e información de acuerdo al formato establecido por la SENPLADES y exportamos a jpg.

## **2.5. Elaboración de encuestas**

La encuesta se basó en la percepción de la ciudadanía ambateña acerca de la presencia del material sedimentable. Para ello se evaluaron diversos aspectos.(Oncins, Margarita)

### **2.5.1. *Elaboración del cuestionario***

Debido a que las variables a determinar no eran directamente medibles, usamos indicadores, los mismos que podían dimensionar las variables a evaluar.

#### **2.5.1.1. *Diseño del cuestionario***

El cuestionario consta de un conjunto de preguntas que nos permitió obtener la información necesaria para determinar el impacto que tiene el material particulado sedimentable sobre la vida de los ciudadanos ambateños.

Se seleccionaron preguntas relevantes en la investigación, así también que la encuesta no sea demasiado extensa de manera que no canse al encuestado y se realice en un corto tiempo.

#### **2.5.1.2. *Contenido de las preguntas***

##### **2.5.1.2.1. *Lenguaje***

El lenguaje fue apropiado de acuerdo al que se utiliza normalmente por los encuestados, es decir, que las palabras son de uso corriente.

No empleamos palabras con un sentido demasiado drástico.

Dentro de la encuesta debido a la necesidad del uso del término “material particulado sedimentable”, mismo que no es de conocimiento de todas las personas, se agregó la explicación respectiva.

##### **2.5.1.2.2. *Redacción***

La redacción fue lo más simple posible, para evitar que los encuestados se vean obligados a releer las preguntas, de manera que las mismas no fueron muy extensas.

Los enunciados contenían un sentido lógico.

La pregunta fue formulada de tal manera que la respuesta del encuestado sea entregada del modo esperado.

#### *2.5.1.2.3. Aspectos generales*

Las preguntas que necesitan del apoyo de otras se ubicaron después de las preguntas de apoyo.

Se evitaron preguntas innecesarias.

Las preguntas fueron precisas, se estableció una sola idea por pregunta.

Se evitaron preguntas que de alguna forma pudieran sugerir una respuesta.

#### *2.5.1.2.4. Tipos de preguntas*

Las preguntas a realizadas en nuestra investigación fueron cerradas, puesto que dentro de la encuesta se plantearon todas las respuestas posibles. Y dentro de ellas se utilizaron 2 tipos: preguntas de alternativa simple, es decir preguntas únicamente con dos opciones de respuesta (sí o no) y preguntas de alternativa múltiple, en las que se plantearon diversas alternativas como respuesta.

#### *2.5.1.2.5. Orden de las preguntas*

Las preguntas se colocaron tratando de seguir una secuencia, yendo de lo general a lo concreto.

Se colocó al principio preguntas fáciles de contestar, para posteriormente ir adentrándose en el tema de interés.

### ***2.5.2. Determinación del método de muestreo***

Entre los posibles métodos para la selección de la muestra, se seleccionó el más sencillo y económico:

### 2.5.2.1. Muestreo casual

Se entrevistará a las personas de forma casual, es la que ha sido más ampliamente utilizada en medios de comunicación.

En nuestro caso las encuestas se realizaron en lugares donde se cancelan los servicios básicos, como el municipio de Ambato, lo que nos permitió obtener respuestas de habitantes de cualquier parte de la ciudad.

### 2.5.2.1. Modelo de la encuesta

	<b>“EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE AMBATO RELACIONADA CON EL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE”</b>		
<small>Material particulado sedimentable: partículas sólidas o líquidas, de tamaño muy pequeño que tienen la capacidad de permanecer suspendidas en el aire de manera temporal.</small>			
<b>Datos informativos</b>			
Sector:			
<b>1. Conoce usted los efectos del material particulado sedimentable?</b>			
Sí	<input type="radio"/>	No	<input type="radio"/>
<b>2. Qué enfermedad ha presentado usted en el periodo Agosto 2014-Julio 2015?</b>			
Infecciones respiratorias	Dermatitis	Conjuntivitis	Ninguna
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>3. Qué fuentes cree usted que contribuyen en la presencia de material sedimentable en su zona *(seleccione la opción más significativa)</b>			
<input type="radio"/>	Ausencia de cementado de calles	<input type="radio"/>	Volcán Tungurahua
<input type="radio"/>	Áreas desprotegidas de cubierta vegetal	<input type="radio"/>	Minas
<input type="radio"/>	Terrenos baldíos	<input type="radio"/>	Industrias
<input type="radio"/>	Construcciones		
<b>4. Ha tenido usted que realizar algún tipo de reparación en su vivienda debido a daños causados por el material particulado sedimentable?</b>			
Sí	<input type="radio"/>	No	<input type="radio"/>
<b>5. Considera usted necesario que la municipalidad establezca un programa de control de material particulado sedimentable?</b>			
Sí	<input type="radio"/>	No	<input type="radio"/>

**Figura 5-2.** Modelo de la encuesta realizada  
Realizado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

### 2.5.3. Determinación del tamaño de la muestra

#### 2.5.3.1. Población de Estudio

La población de estudio son los habitantes de la ciudad de Ambato, quienes son los directamente afectados por la presencia de material particulado sedimentable en el ambiente.

#### 2.5.3.2. Cálculo del Tamaño de Muestra

Para la selección de una muestra representativa que revele información clave, se extrajo la muestra de La población de 329900 habitantes que posee la ciudad de Ambato, con un nivel de confianza alto, del 95 %, y un error mínimo del 5% para obtener un resultado más fiable. Se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 p (1 - p)}{(N - 1) e^2 + Z^2 p (1 - p)}$$

**Ecuación 3-2.** Cálculo del tamaño de la muestra

Fuente: (Walpole, 1999)

Nivel de confianza= 95%    Z= 1,96

Proporción p=0,5 y q=0,5

Población= N= 329900 habitantes

Error= E= 0,05 (5%)

$$n = \frac{329900 (1.96^2) 0,5 (1 - 0,5)}{(329900 - 1)0.05^2 + (1.96^2) 0,5 (1 - 0,5)}$$

$$n = \frac{316835.96}{825.71}$$

$$n = 384 \text{ encuestas}$$

#### *2.5.3.3. Sitios de muestreo*

Las encuestas se realizaron en sitios donde las personas realizan el pago de los servicios básicos, para obtener una muestra aleatoria, y representativa, ya que a estas instalaciones acude gente de todos los rincones de la ciudad.

#### *2.5.4. Análisis de resultados de las encuestas*

Con el análisis de las encuestas generalmente se busca conocer la posición de los encuestados respecto al tema de investigación, basado en las respuestas obtenidas. Para conocer las opiniones de la población se analizaron las variables por separado.

La apreciación que se busca es netamente cualitativa, de manera que se calcularon porcentajes de respuestas, para así analizar y determinar la opinión de la ciudadanía ambateña.

Los resultados de las encuestas fueron analizadas mediante el software estadístico IBM SPSS.

##### *2.5.4.1. Reporte de resultados*

Los resultados fueron expresados mediante gráficas que permitan una mayor comprensión; para de esta manera determinarse las posibles decisiones a tomar.

## CAPITULO 3: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.1. Sitios de muestreo

Los sitios de muestreo escogidos son los siguientes:

#### 3.1.1. Punto 1. Mercado Modelo. (FRA)



**Figura 1-3. Estación FRA. Mercado Modelo**

Realizado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

- Ubicación: Cevallos y Espejo  
Plataforma 1

- Georreferenciación:

x: 764284.048

y: 9862759.337

- Descripción de la zona

El mercado Modelo es el primer punto de muestreo, ubicado en la segunda pieza urbana de la primera plataforma, constituye el pleno centro de la ciudad. Este sector se caracteriza por su amplio desarrollo comercial de diversos tipos, entre las cuales están servicios artesanales, de vivienda, entre otros.

La misma posee además gran afluencia de vehículos, es evidente el tráfico a distintas horas, especialmente en la Avenida Cevallos.

- Parroquia a la que pertenece:

San Francisco

- Uso de suelo:

De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Ambato, está contemplado en este espacio el uso de suelo complementario, en donde gran parte está destinada al comercio, y a diversos servicios.

Son asentamientos consolidados, destinados a la vivienda que además se acompaña de varias actividades y usos, posee redes y servicios de infraestructura.

### 3.1.2. Punto 2. *UPC Huachi Chico (HUA)*



**Figura 2-3. Estación HUA. UPC Huachi Chico**

Realizado por: María Fernanda Villacrés, 2015

- Ubicación:

Río Misahualli y Río Yanayacu

Plataforma 3

➤ Georreferenciación:

x: 763911.352

y: 9859323.181

➤ Descripción de la zona

Este sector es uno de los que aún se encuentran en proceso de consolidación, puesto que aún presenta actividades agrícolas en ciertas partes y a su vez ya posee asentamientos poblacionales importantes. Según el Plan de Ordenamiento territorial de Ambato se abrirán varias vías en este sector.

Es una zona que requiere la mejora de los ejes viales.

➤ Parroquia a la que pertenece:

Huachi Chico

➤ Uso de suelo:

Según el Plan de Ordenamiento territorial de la ciudad de Ambato, este sector tiene un uso de suelo urbano en su mayor parte.

Son asentamientos consolidados, destinados a la vivienda que además se acompaña de varias actividades y usos, posee redes y servicios de infraestructura.

### 3.1.3. Punto 3. *UPC Techo propio. (PIS)*



**Figura 3-3. Estación PIS. UPC Techo propio**

Realizado por: María Fernanda Villacrés, 2015

- Ubicación:  
Aloys Senefelder y Alphonse de Lamartine  
Plataforma 3

- Georreferenciación:

x: 769055.656

y: 9861253.188

- Descripción de la zona

Techo propio corresponde al sector 14 de la plataforma 3 de la ciudad, se trata de un asentamiento informal que se desencadenó sin una previa planificación, por lo cual carece de infraestructura básica, se encuentra consolidado en gran parte pero no existe una unidad morfológica debido a su asentamiento sin previa autorización, irrespetando todas las ordenanzas.

Esta zona urbana se encuentra en un proceso de organización y la propuesta consiste en una regeneración completa.

Según el POT se realizará una mejora en fachadas, iluminación, aceras, etc.

- Parroquia a la que pertenece:

Pishilata

- Uso de suelo:

Su suelo está asentado por viviendas en su mayor parte, también el uso del suelo es combinado con otras actividades.

Son asentamientos consolidados, destinados a la vivienda que además se acompaña de varias actividades y usos, posee redes y servicios de infraestructura.

### 3.1.4. Punto 4.CNT. Izamba (IZA)



**Figura 4-3. Estación IZA. CNT IZAMBA**

Realizado por: María Fernanda Villacrés, 2015

- Ubicación:  
Avda Indoamérica y Rodrigo Panchano  
Plataforma 4
- Georreferenciación:

x: 767418.411

y:9864537.653

- Descripción de la zona

Se caracteriza por ser una cabecera parroquial, posee varias características propias, por ejemplo la disposición de las manzanas de manera ortogonal, además de la altura de su edificación.

Posee varias laderas sin una cubierta vegetal.

- Parroquia a la que pertenece:  
Izamba

- Uso de suelo:

Su suelo es principalmente de uso comercial por lo que en el Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato se ha considerado una consolidación como suelo residencial.

Son asentamientos consolidados, destinados a la vivienda que además se acompaña de varias actividades y usos, posee redes y servicios de infraestructura.

### 3.1.5. Punto 5. *ESFORSE*. (PIA)



**Figura 5-3. Estación PIA. ESFORSE**

Realizado por: María Fernanda Villacrés, 2015

- Ubicación:  
Panamericana.  
Plataforma 4

- Georreferenciación:

x:767967.687

y:9866259.723

- Descripción de la zona

Es una zona altamente transitada con asentamientos poblacionales y una cierta cantidad de industrias y el evidente comercio.

- Parroquia a la que pertenece:

Izamba

- Uso de suelo:

Uso urbano y comercial

### 3.1.6. Punto 6. Parque de la familia. (AMB)



**Figura 6-3. Estación AMB. Parque de la Familia**

Realizado por: María Fernanda Villacrés, 2015

- Ubicación:  
Parque de la Familia  
Plataforma 2

- Georreferenciación:

x: 760701.381

y: 9862093.467

- Descripción de la zona

Es una pieza que aún carece de unas pocas características urbanas, aun con falta de vialidad

Además no posee un sector de vivienda consolidado.

- Parroquia a la que pertenece:  
Ambatillo

- Uso de suelo:

Corresponde al suelo con asentamientos reales de población y producción, son los caseríos que se destinarán a la vivienda como primer punto y actividades agrícolas como complemento.

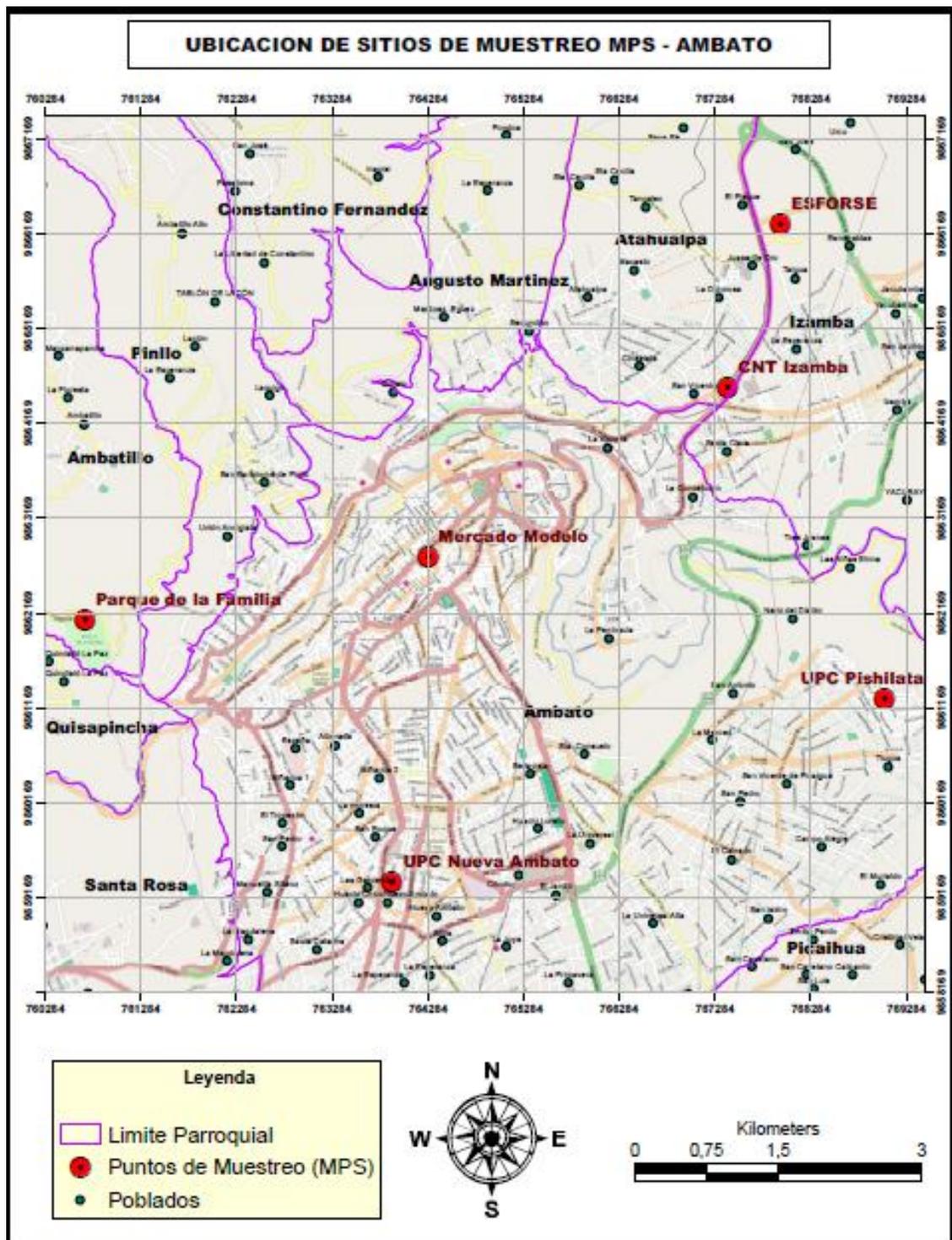


Figura 7-3. Puntos de muestreo de Material Particulado Sedimentable. Ambato

Fuente: (GAD-MA, 2015)

### 3.2. Análisis estadístico

Tras el análisis estadístico realizado a los datos obtenidos del material particulado sedimentable de la ciudad de Ambato en el periodo Junio 2014-Mayo 2015, los resultados fueron los siguientes.

#### 3.2.1. Anova

Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,86	5	0,37	11,93	<0,0001
LUGAR	1,86	5	0,37	11,93	<0,0001
Error	2,05	66	0,03		
Total	3,91	71			

**Figura 8-3.** Resultado del análisis ANOVA. Influencia del sitio de muestreo

Realizado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

- ✓ Influencia del sitio de muestreo sobre la cantidad de MPS

En el análisis anova realizado, para determinar si el lugar de muestreo tenía influencia en la concentración de material particulado sedimentable, tenemos que:

El p-valor obtenido es menor que 0.05, por lo tanto rechazamos la Hipótesis nula; es decir que existe una influencia del lugar de muestreo sobre la cantidad de material particulado sedimentable.

Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,42	11	0,04	0,67	0,7649
Mes	0,42	11	0,04	0,67	0,7649
Error	3,48	60	0,06		
Total	3,91	71			

**Figura 9-3.** Resultado del análisis ANOVA. Influencia del mes de muestreo

Realizado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

- ✓ Influencia del mes de muestreo sobre la cantidad de MPS

En el análisis anova realizado, para determinar si el mes de muestreo tenía influencia en la concentración de material particulado sedimentable, tenemos que:

El p-valor obtenido es mayor que 0.05, por lo tanto aceptamos la Hipótesis nula; es decir que no existe una influencia del mes de muestreo sobre la cantidad de material particulado sedimentable.

### 3.2.2. Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21130					
Error: 0,0311 gl: 66					
LUGAR	Medias	n	E.E.		
AMBATILLO	0,20	12	0,05	A	
SAN FRANCISCO	0,40	12	0,05	A	B
PARQUE INDUSTRIAL	0,45	12	0,05	B	C
PISHILATA	0,56	12	0,05	B	C
HUACHI CHICO	0,65	12	0,05		C
IZAMBA	0,66	12	0,05		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 10-3.** Prueba de Tukey. Comparación de los pares de medias por punto de muestreo

Realizado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

- ✓ Comparación de los pares de medias por punto de muestreo

Se aplicó la prueba de Tukey para evaluar si existe una diferencia entre todos los pares de medias de la concentración de material particulado sedimentable por punto de muestreo.

Y como resultado tenemos que existen tres grupos que son diferentes entre sí, pero que sus componentes no son significativamente diferentes, es decir que el p valor dentro de cada grupo es mayor que 0,05.

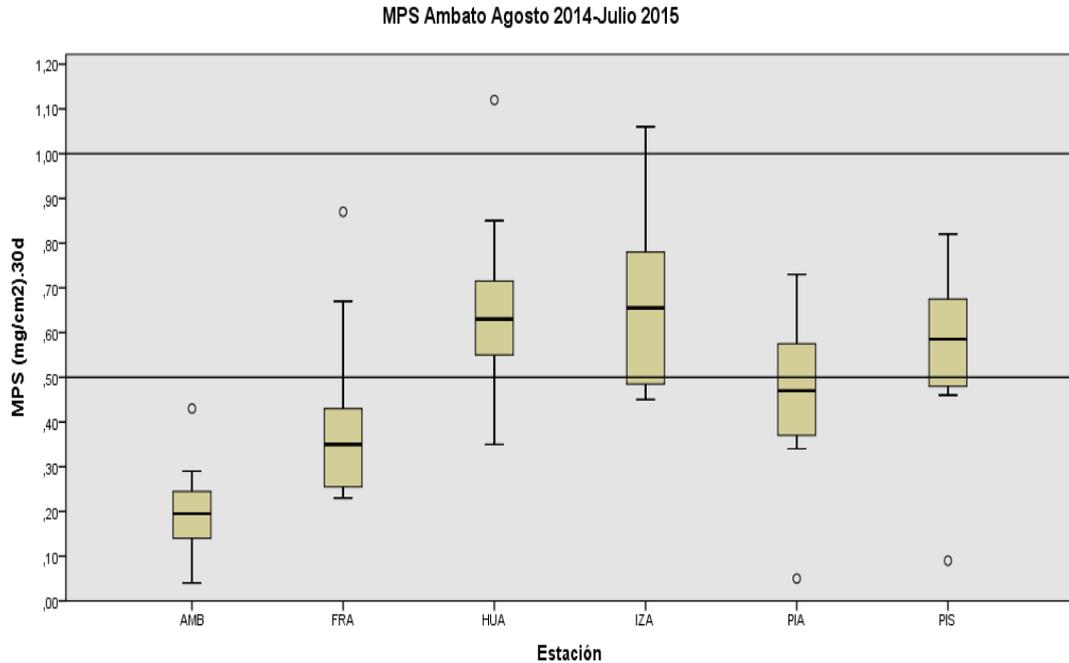
Los grupos conformados son:

A: Ambatillo, San Francisco

B: San Francisco, Parque industrial y Pishilata

C: Parque industrial, Pishilata, Huachi chico e izamba.

De los cuales el grupo A es el que presenta menores concentraciones de MPS y el grupo C es el que más altas concentraciones presenta.



**Figura 11-3. Diagrama de cajas**

**Elaborado por:** (María Fernanda Villacrés, 2015)

En el gráfico podemos observar que en la estación de Ambatillo el 100% de los datos se encuentra por debajo del límite establecido por la OMS, con una media de  $0,2 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$ . Los datos se encuentran entre el rango de  $0,04 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$  y  $0,29 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$ ; tenemos un dato atípico que está por encima del resto de datos con un valor de  $0,43 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$ .

La estación de San Francisco presenta más del 75% de sus datos por debajo del límite establecido por la OMS, con una media de  $0,4 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$  y encontrados entre el rango de  $0,23 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$  y  $0,67 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$ . El valor que se halla fuera de este rango es  $0,87 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$ .

La estación de Huachi Chico presenta más del 75% de sus datos por encima del límite establecido por la OMS, al igual que la media de este conjunto de datos,  $0,65 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$ . El rango de valores se extiende desde  $0,35 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$  hasta  $0,85 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$ . El valor atípico presente en este conjunto de datos es de  $1,12 \text{ (mg/cm}^2\text{).30d}$ .

Aproximadamente el 75% de los datos pertenecientes a la estación de Izamba sobrepasa el límite establecido por la OMS, y entre ellos, menos del 25% sobrepasa el límite establecido por el TULSMA, a la vez que más del 25 % de los datos están por debajo de la norma de la OMS. La media de este conjunto de datos sobrepasa el valor establecido por la OMS con 0,66 (mg/cm<sup>2</sup>).30d. Los datos van desde la concentración de 0,45 (mg/cm<sup>2</sup>).30d hasta 1,06 (mg/cm<sup>2</sup>).30d.

En la estación del Parque Industrial poco menos del 50% de los datos sobrepasa el límite establecido por la OMS, con una media de 0,45 (mg/cm<sup>2</sup>).30d. Los valores van desde 0,34 (mg/cm<sup>2</sup>).30d hasta 0,73 (mg/cm<sup>2</sup>).30d. Existe un valor atípico de 0,05 (mg/cm<sup>2</sup>).30d.

En la estación de Pishilata observamos que poco menos del 75% de los datos se encuentra por encima del máximo permisible por la OMS, con una media de 0,56 (mg/cm<sup>2</sup>).30d. Los datos se extienden desde 0,46 (mg/cm<sup>2</sup>).30d hasta 0,82 (mg/cm<sup>2</sup>).30d. Existe una concentración atípica de 0,09 (mg/cm<sup>2</sup>).30d

```

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47297
Error: 0,0580 gl: 60
  Mes      Medias n  E.E.
Septiembre 0,40  6 0,10 A
Abril      0,41  6 0,10 A
Octubre    0,43  6 0,10 A
Agosto     0,43  6 0,10 A
Junio      0,44  6 0,10 A
Marzo      0,46  6 0,10 A
Diciembre  0,46  6 0,10 A
Enero      0,50  6 0,10 A
Febrero    0,52  6 0,10 A
Julio      0,57  6 0,10 A
Mayo       0,61  6 0,10 A
Noviembre  0,64  6 0,10 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)
  
```

**Figura 12-3.** Prueba de Tukey. Comparación de los pares de medias por mes de muestreo

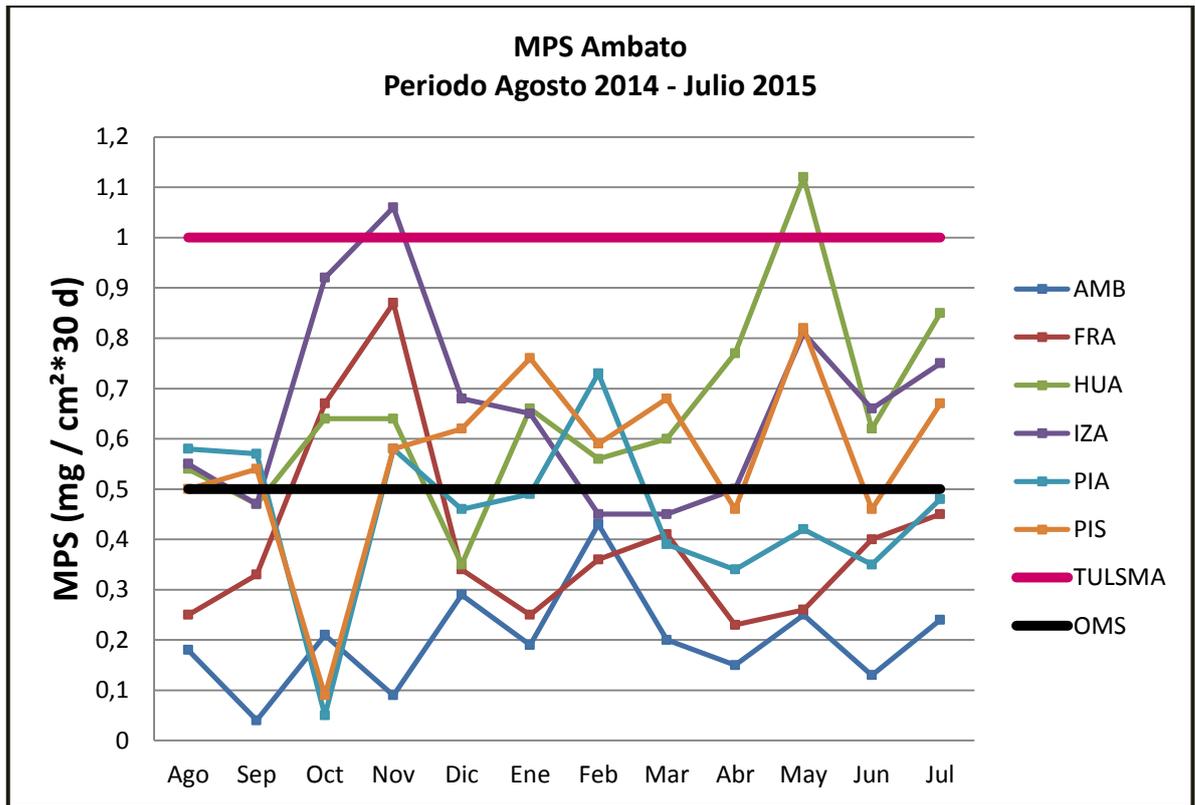
Realizado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

- ✓ Comparación de los pares de medias por mes

Se aplicó la prueba de Tukey para evaluar si existe una diferencia entre todos los pares de medias de la concentración de material particulado sedimentable por mes de muestreo

El p-valor obtenido es mayor que 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula, es decir que todos los pares de medias de los doce meses de muestreo se produce la misma cantidad de material particulado sedimentable, es decir que no son significativamente diferentes.

### 3.2.4. Estadística descriptiva

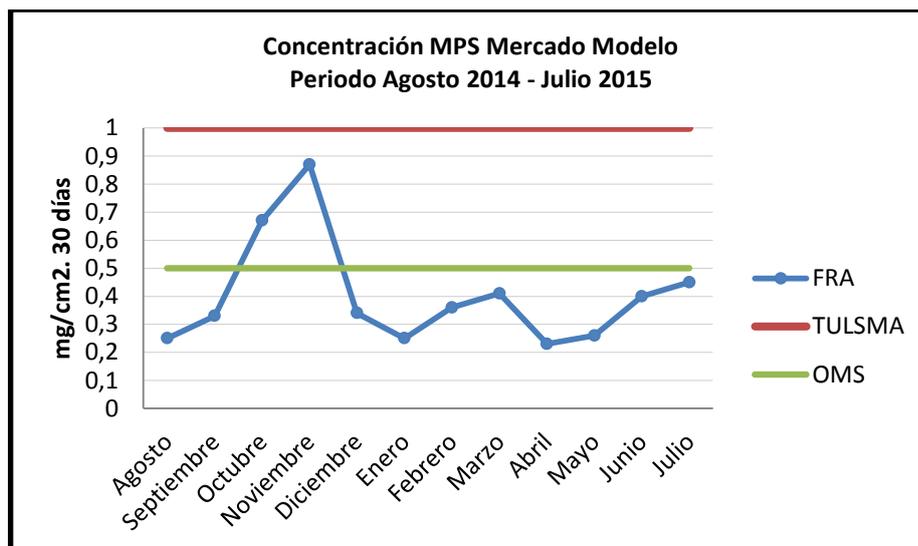


**Figura 13-3. Concentración de MPS Ambato. Periodo Agosto 2014-Julio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

Del total de 72 datos de concentración de material particulado sedimentable tomados en el periodo Agosto 2014- Julio 2015, en las 6 estaciones, observamos que 32 sobrepasan el límite establecido por la OMS, 2 en la estación de San Francisco, 10 en la estación de Huachi, 8 en la estación de Izamba, 4 en la estación de la ESFORSE, y 8 en la estación de Techo propio; mientras que en la estación del Parque de la Familia todos los valores son inferiores al límite.

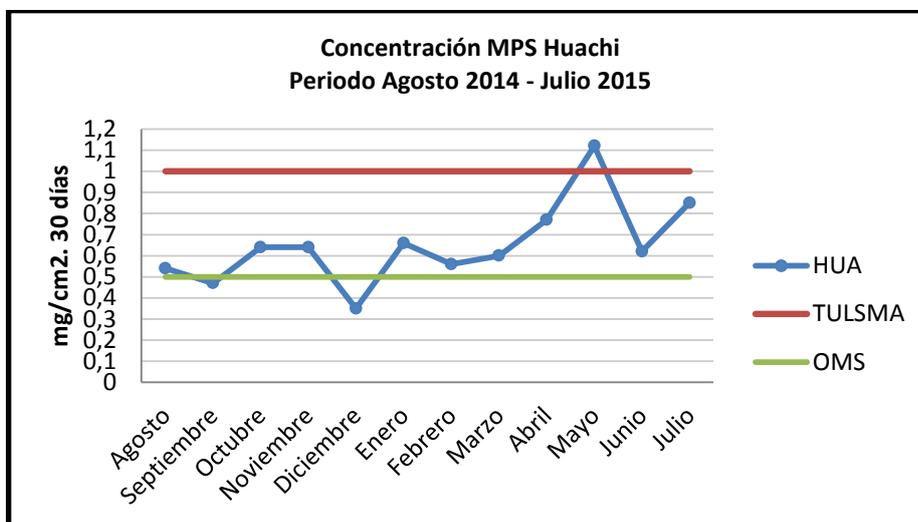
Únicamente en dos estaciones se supera el límite máximo establecido por el TULSMA, Izamba y Huachi, en ambas por única ocasión en los meses de noviembre y mayo respectivamente.



**Figura 14-3. Concentración MPS Mercado modelo. Periodo Agosto 2014-Julio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

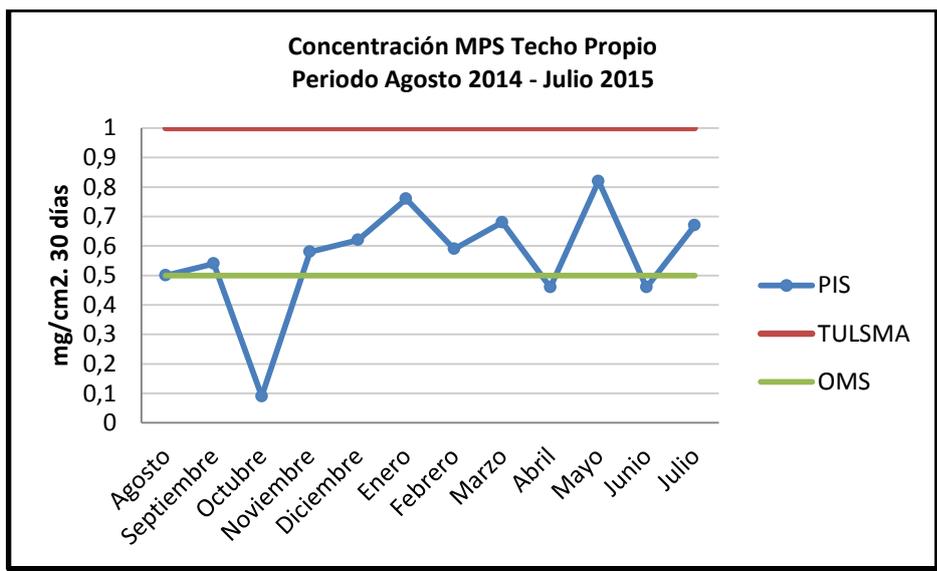
En el punto de muestreo ubicado en el Mercado Modelo, centro de la ciudad, la mayoría de los meses la concentración de MPS se halla bajo la norma, excepto por dos meses, en los cuales se sobrepasa el valor límite establecido por la OMS octubre y noviembre.



**Figura 15-3. Concentración de MPS Huachi Chico. Periodo Agosto 2014-Julio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

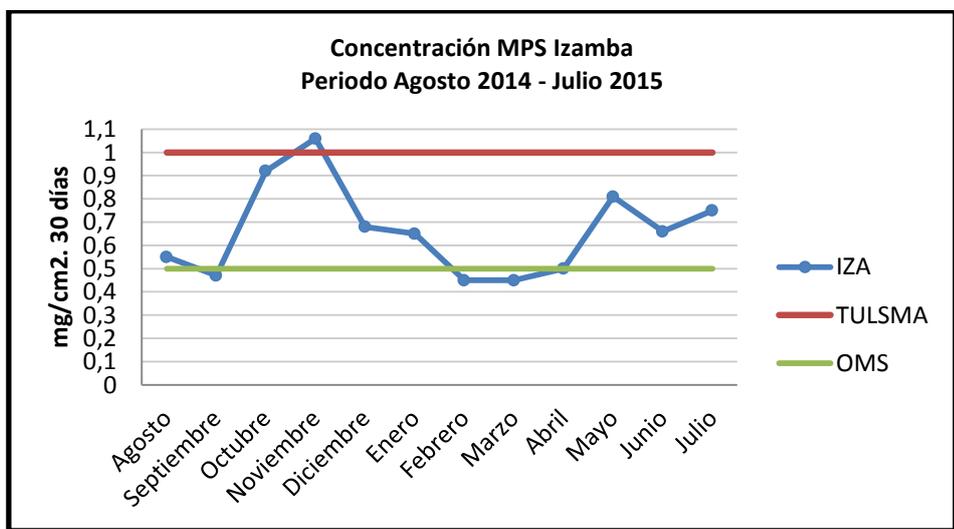
En el punto de muestreo ubicado en Huachi Chico, se sobrepasa el valor límite establecido por la OMS en casi todos los meses, excepto septiembre y diciembre; en el mes de mayo además se supera el límite máximo establecido por el TULSMA con un valor de 1,12 (mg/cm<sup>2</sup>).30 d



**Figura 16-3. Concentración de MPS Techo propio. Periodo Agosto 2014-Julio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

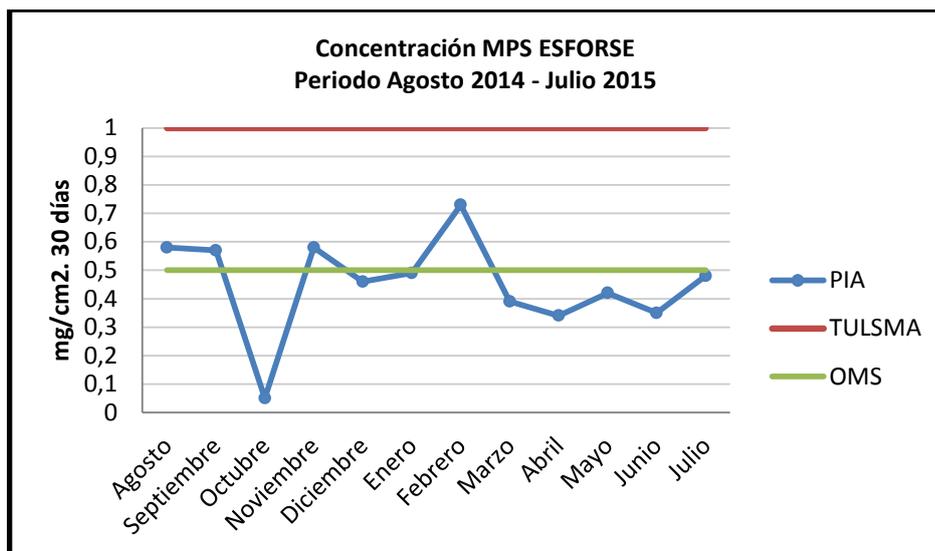
En el punto de muestreo ubicado en Techo propio, se sobrepasa el valor límite establecido por la OMS en 8 meses: septiembre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, mayo y julio.



**Figura 17-3. Concentración de MPS Izamba. Periodo Agosto 2014-Julio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

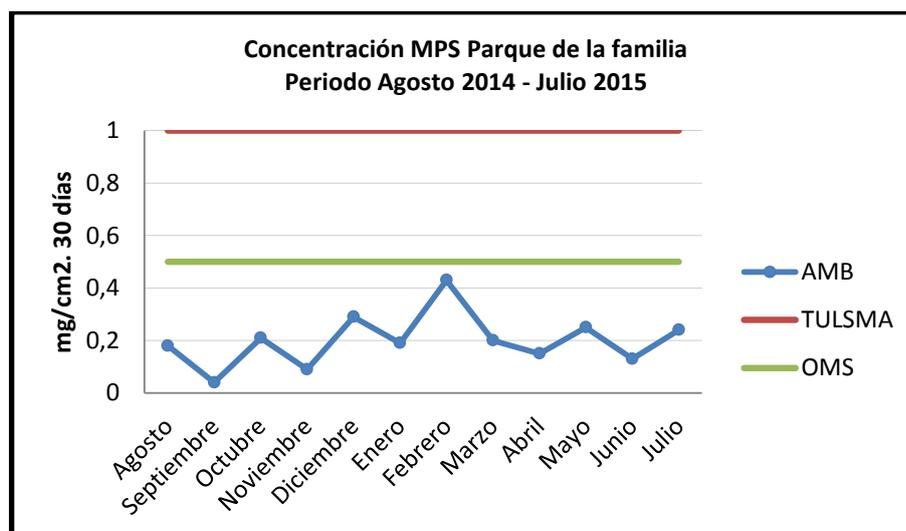
En la estación ubicada en Izamba, se sobrepasa el límite establecido por la OMS en todos los meses, excepto septiembre, febrero y marzo; en tanto que en el mes de noviembre la concentración supera incluso el límite máximo establecido por el TULSMA con un valor de 1,06 (mg/cm<sup>2</sup>).30 d.



**Figura 18-3. Concentración de MPS ESFORSE. Periodo Agosto 2014-Julio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

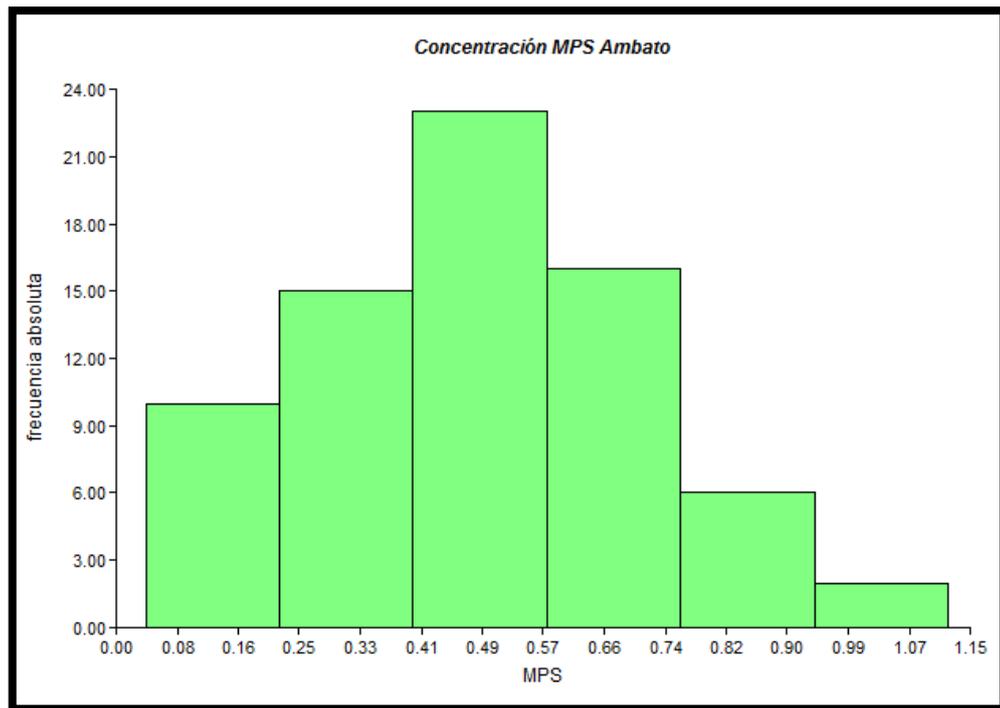
En el punto ubicado en la ESFORSE se sobrepasa el valor establecido por la OMS en los meses de agosto, septiembre, noviembre y febrero.



**Figura 19-3. Concentración MPS Parque la familia. Periodo Agosto 2014-Julio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

En el punto ubicado en el Parque de la Familia los valores que se presentan son relativamente bajos, es la única estación en la que todos los meses se hallan bajo norma.



**Figura 20-3. Histograma de concentraciones.**

**Realizado por:** (María Fernanda Villacrés, 2015)

El histograma realizado revela que las concentraciones que más se repiten en todo el conjunto de datos fluctúan entre el valor de 0,41 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).30d hasta 0,57( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).30d, seguido por concentraciones más altas, que aproximadamente llegan a 0,74, ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).30d, un número menos de concentraciones que se encuentran entre 0,25 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).30d y 0,41 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).30d.

Y las que menos se repiten son concentraciones menores a 0,25 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).30d y mayores a 0,74 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).30d.

### **3.2.5. Correlación entre los factores meteorológicos con las concentraciones de MPS**

#### **3.2.5.1. Influencia de las precipitaciones en la concentración de MPS**

**Tabla 1-3.** Correlación entre la precipitación y el MPS

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.08279447
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.00685492
R <sup>2</sup> ajustado	-0.09245958
Error típico	0.08454191
Observaciones	12

Fuente: Análisis estadístico

Realizado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

El valor de la correlación establecida entre las precipitaciones y el promedio del material particulado sedimentable muestreado, es bastante bajo, lo cual indica que no existe una relación o dependencia significativa entre las variables en estudio. Pero al relacionar los datos del punto de Izamba se obtuvo un valor  $r = -0.6$ , que indica que existe una relación o dependencia significativa entre las precipitaciones y el MPS.

### 3.2.5.2. Influencia de la velocidad del viento en la concentración de MPS

**Tabla 2-3.** Correlación entre la velocidad del viento y el MPS

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.18994023
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.03607729
R <sup>2</sup> ajustado	-0.06031498
Error típico	0.08328884
Observaciones	12

Fuente: Análisis estadístico

Realizado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

El valor de la correlación establecida entre la velocidad del viento y el promedio del material particulado sedimentable muestreado en el periodo Agosto 2014- Septiembre 2015, es muy cercano al cero, lo cual indica que no existe una relación o dependencia significativa entre las variables relacionadas.

### 3.2.5.3. Influencia de la velocidad del viento en la concentración de MPS

La dirección del viento apunta en todo momento al Sur y al Sur Este, lo cual tiene una estrecha relación con las concentraciones del material particulado sedimentable que son superiores en los puntos de Huachi Chico y Pishilata. En ambos casos el MPS puede provenir directamente del “Cerro Casigana”, o de otras actividades y factores que debido a la dirección del viento son arrastrados hacia estas zonas.

### **3.2.6. Mapas de concentración de material particulado sedimentable en toda la ciudad**

#### **➤ Concentración de MPS. Ambato. Agosto 2014-Julio 2015**

El promedio de concentraciones más alto se da en el punto de muestreo ubicado en Izamba, con altas concentraciones a su alrededor, el mismo que puede atribuirse a la intensa actividad agrícola que la rodea, además de la presencia de bloqueras que son fuentes inminentes de MPS.(Ver Mapa 1)

La concentración decrece hacia los puntos de muestreo de Pishilata y Huachi Chico los mismos que aún se encuentran superando el límite máximo establecido por la OMS; en el caso de Pishilata las causas de esta alta concentración se atribuye a la presencia de extensas áreas que carecen de cubierta vegetal, terrenos baldíos, etc. En tanto que en el punto ubicado en el sector de Huachi Chico, a pesar de ser un sector poblado presenta varias canchas de tierra a su alrededor, lo cual también es una fuente significativa de MPS. Además influye la presencia del Cerro Casigana de donde proviene gran parte del MPS, mismo que es arrastrado por acción del viento.

Las concentraciones bajas en el sector céntrico de la ciudad, se deben a que es un sector netamente urbano que no posee fuentes significativas de MPS a su alrededor, y que no sobrepasan el límite máximo permisible establecido por la OMS.

En la ESFORSE, pese a que se trata de una zona que posee fuentes de MPS, los valores son bajos debido a que el punto de monitoreo se encuentra en el centro de la ESFORSE, extensa área que posee cubierta vegetal y asfaltado en su totalidad. El punto con concentraciones más bajas en el periodo de muestreo es el de la estación del Parque de la Familia, en donde las constantes lluvias permiten que el suelo se mantenga húmedo y el levantamiento del MPS se dé muy pocas veces.

#### **➤ Concentración de MPS. Ambato. Agosto 2014**

En el mes de agosto 2014 las mayores concentraciones de MPS se presentan en el punto de muestreo ubicado en la ESFORSE, y sus alrededores, los mismos que se reducen paulatinamente hacia el punto ubicado en Izamba, de allí se presentan valores menores en el sector de techo propio hasta Huachi chico, y los valores menores se presentan desde el centro hacia el sector de Ambatillo, (Ver Mapa 2)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Septiembre 2014**

En el mes de septiembre 2014 podemos observar que la mayor concentración se ubica en la estación de la ESFORSE, y le acompañan las altas concentraciones en el área que corresponde a Pishilata, la concentración es menor en el sector de Huachi Chico, y aún más baja en el centro de la ciudad. Las más bajas concentraciones son el sector del Parque de la Familia. (Ver Mapa 3)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Octubre 2014**

En octubre 2014 podemos observar que la zona con concentraciones más altas de MPS son las que rodean a la estación de Izamba, la concentración disminuye hacia la zona céntrica de la ciudad y el sector correspondiente a Huachi Chico, las concentraciones menores de Material particulado sedimentable se encuentran en el sector del Parque de la Familia, Pishilata y la ESFORSE. (Ver Mapa 4)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Noviembre 2014**

En noviembre 2014 el sector de mayor concentración de MPS es el de la estación de Izamba, la misma que disminuye hasta la zona del centro de la ciudad, la concentración es aún menor en el sector de Huachi Chico; las zonas con concentraciones bajas de MPS en este mes son las que rodean la estación de la ESFORSE y Pishilata, mientras que la más baja concentración se presenta nuevamente en el sector del Parque de la Familia. (Ver Mapa 5)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Diciembre 2014**

En el mes de diciembre 2014 la concentración más alta de MPS se registra en el punto de muestreo de Pishilata, con concentraciones altas a su alrededor, que descienden hacia el punto ubicado en Izamba, con concentraciones un poco más bajas a su alrededor incluyendo el punto de la ESFORSE, observamos concentraciones bajas en el área del centro de la ciudad y Huachi Chico, mientras que las más bajas se hallan en el Parque de la Familia. (Ver Mapa 6)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Enero 2015**

En el mes de enero 2015 observamos que nuevamente el área de mayor concentración de MPS es en Pishilata, con concentraciones altas a su alrededor, observamos que esta desciende hacia el punto de Izamba, y las concentraciones en los puntos de la ESFORSE y Huachi Chico ya no son

tan altas. Observamos bajas concentraciones en el sector del centro que disminuyen hacia el punto ubicado en el parque de la Familia, donde la concentración es la más baja. (Ver Mapa 7)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Febrero 2015**

En febrero 2015, el punto de más alta concentración de MPS es la ESFORSE, mientras que Pishilata continúa presentando valores altos al igual que el punto ubicado en Huachi Chico, las concentraciones bajas se presentan en toda el área que abarca Izamba, el centro de la ciudad, hacia el Parque de la Familia. (Ver Mapa 8)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Marzo 2015**

El mes de marzo 2015 nuevamente se aprecian altas concentraciones en el punto ubicado en Pishilata, las mismas que decrecen hacia la zona de Huachi Chico, y son aún menores en el punto de Izamba y la ESFORSE, la concentración es menor en el centro de la ciudad y en el parque de la familia se presenta la más baja. (Ver Mapa 9)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Abril 2015**

El mes de Abril 2015 se presenta con altas concentraciones en el sector de Huachi Chico, las mismas que se reducen hacia el lado de Pishilata e Izamba, en ESFORSE y el centro de la ciudad observamos concentraciones bajas, en tanto que la menor se ubica en el Parque de la Familia. (Ver Mapa 10)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Mayo 2015**

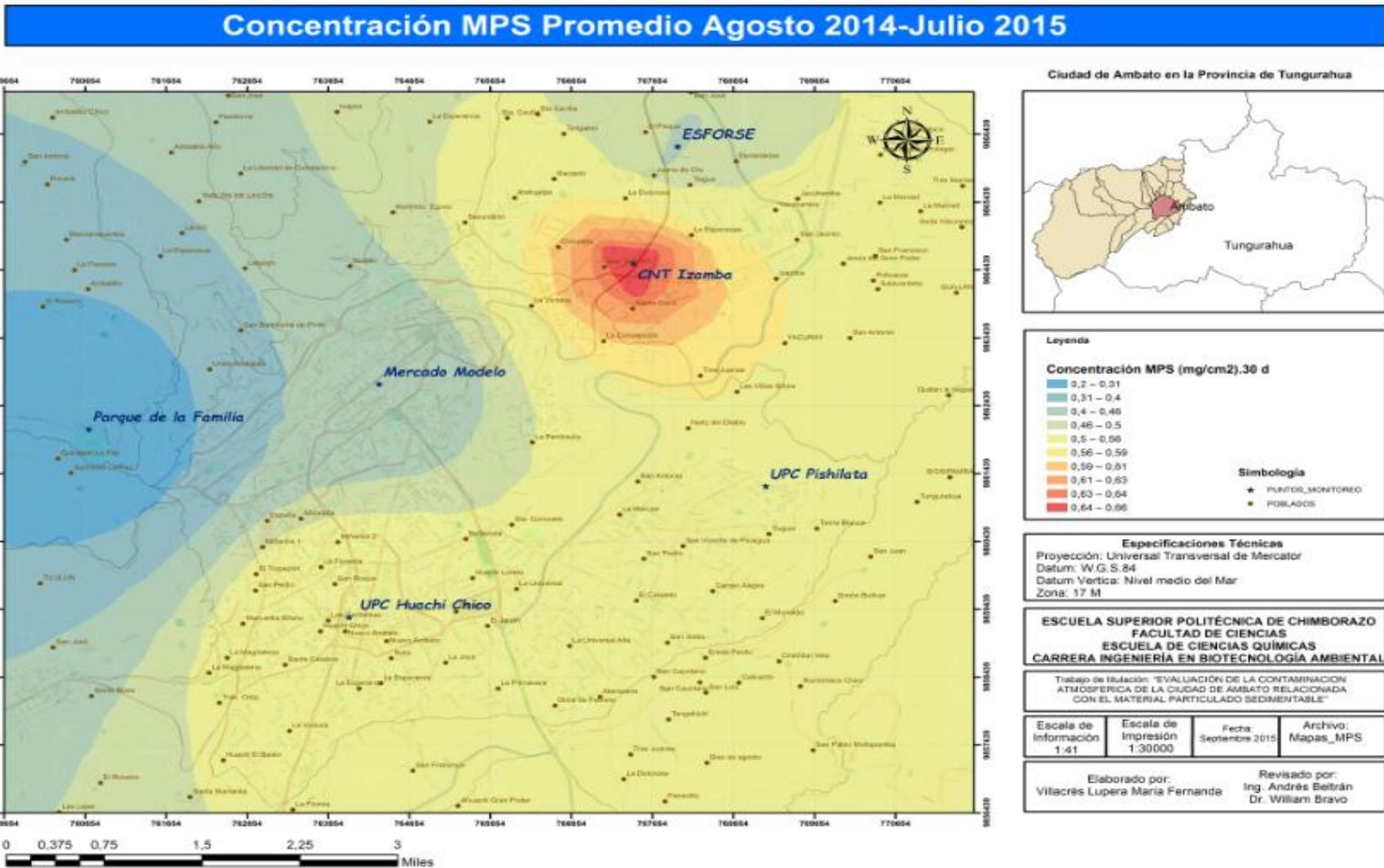
El mes de mayo 2015 se presenta muy similar al anterior, con altas concentraciones en Huachi Chico, Pishilata e Izamba, y concentraciones más bajas en la ESFORSE, Huachi Chico y el Parque de la Familia. (Ver Anexo 11)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Junio 2015**

En el mes de junio 2015 las concentraciones más altas se presentan en el punto de muestreo de Izamba, y en el sector de Huachi Chico las mismas que se reducen hacia la zona de Pishilata. La concentración es menor en la zona del centro de la ciudad, y más baja hacia el área del Parque de la Familia. (Ver Mapa 12)

➤ **Concentración de MPS. Ambato. Julio 2015**

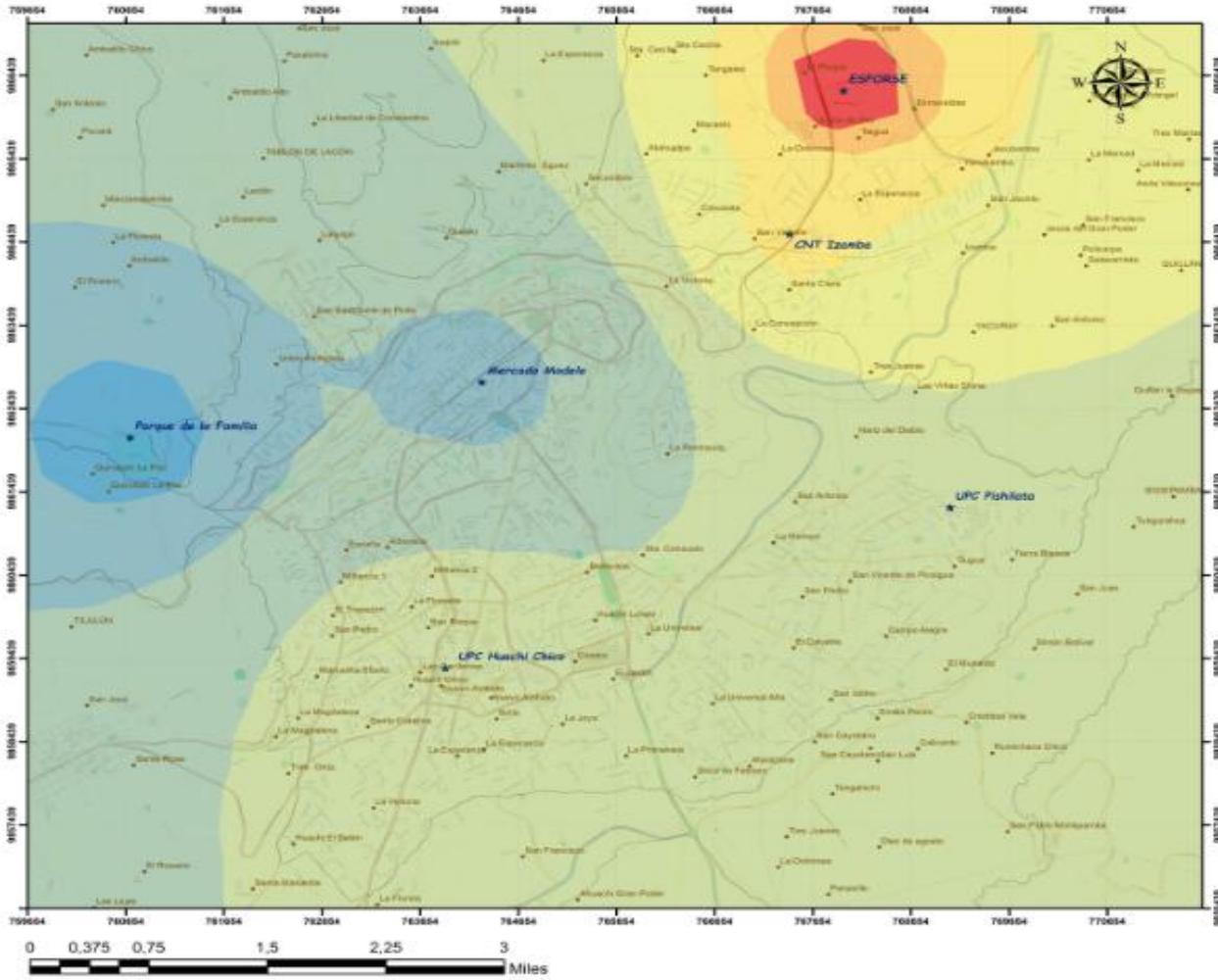
El mes de julio 2015 la concentración más alta se presenta en el área de Huachi Chico, seguida por el punto de muestreo en Izamba, la concentración desciende hacia la zona de Pishilata y nuevamente tenemos concentraciones menores en el centro de la ciudad y la más baja en el Parque de la Familia. (Ver Mapa 13)



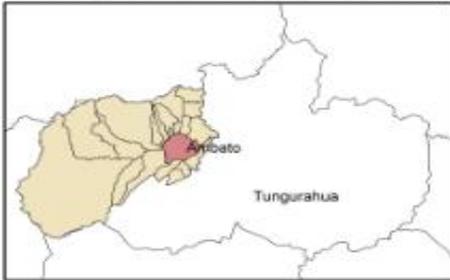
**Mapa 1. Concentración de MPS. Ambato. Agosto 2014-Julio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

# Concentración MPS Agosto 2014



Ciudad de Ambato en la Provincia de Tungurahua



**Leyenda**

Concentración MPS (mg/cm<sup>2</sup>).30 d

- 0.18 - 0.21
- 0.21 - 0.29
- 0.29 - 0.40
- 0.43 - 0.5
- 0.5 - 0.54
- 0.54 - 0.58
- 0.58 - 0.57
- 0.57 - 0.57
- 0.57 - 0.57
- 0.57 - 0.58

**Simbología**

- ★ PUNTO MONITOREO
- POBLADOS

**Especificaciones Técnicas**  
 Proyección: Universal Transversal de Mercator  
 Datum: W.G.S.84  
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar  
 Zona: 17 M

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

Trabajo de Titulación: "EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE AMBATO RELACIONADA CON EL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE"

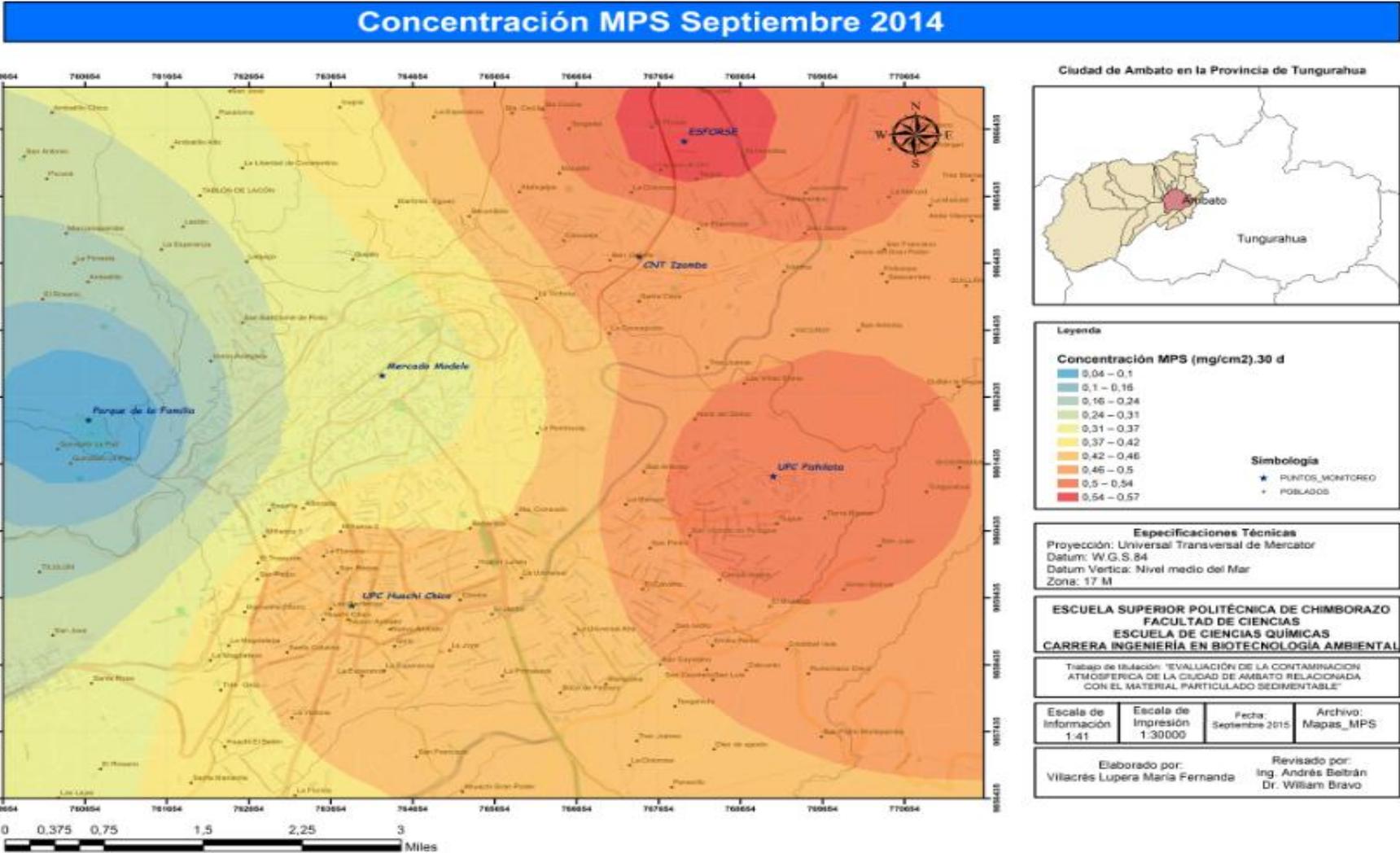
Escala de Información 1:41	Escala de Impresión 1:30000	Fecha: Septiembre 2015	Archivo: Mapas_MPS
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------

Elaborado por:  
Villacrés Lupera María Fernanda

Revisado por:  
Ing. Andrés Beltrán  
Dr. Willan Bravo

**Mapa 2. Concentración de MPS. Ambato. Agosto 2014**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

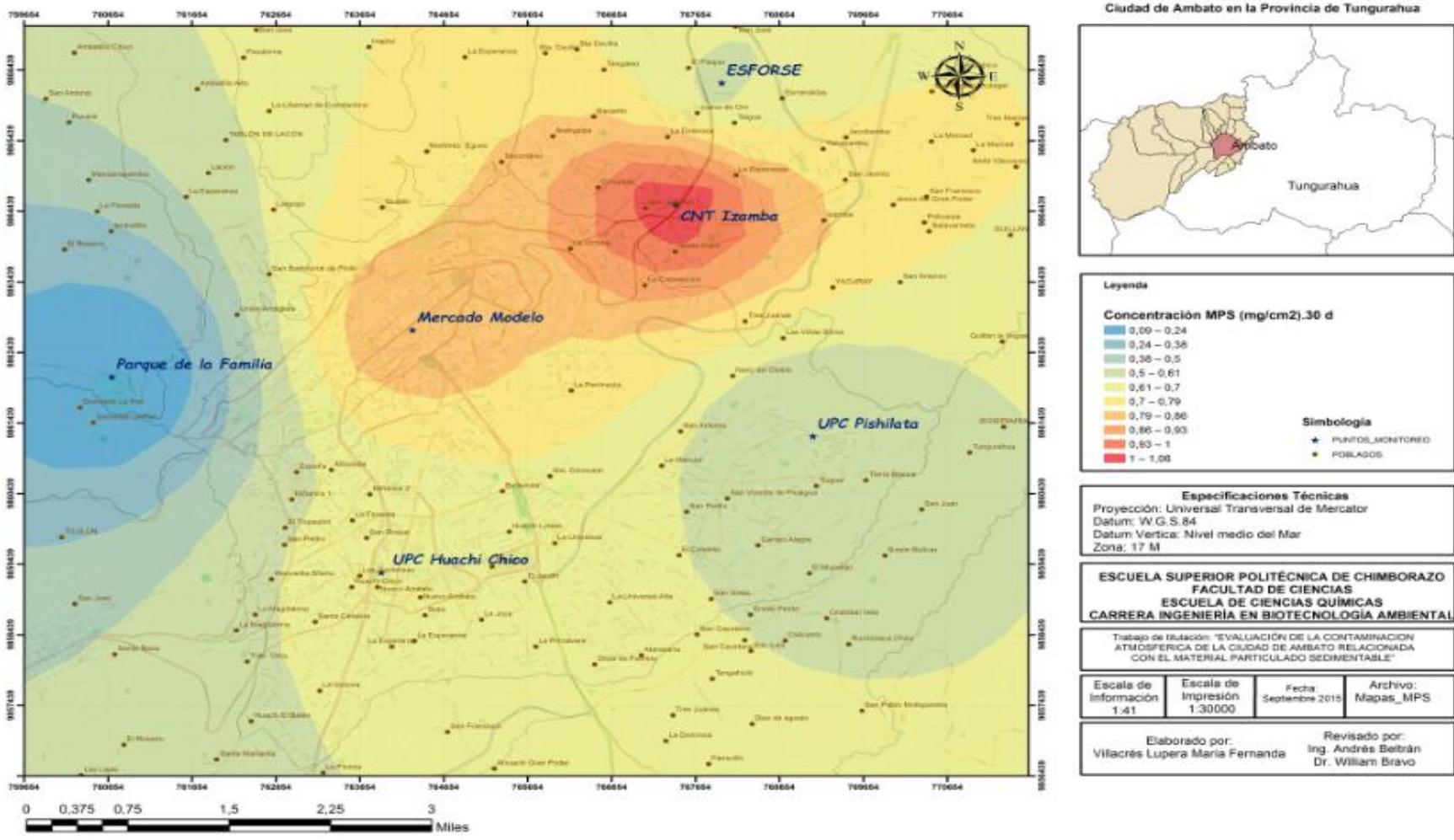


**Mapa 3. Concentración de MPS. Ambato. Septiembre 2014**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)



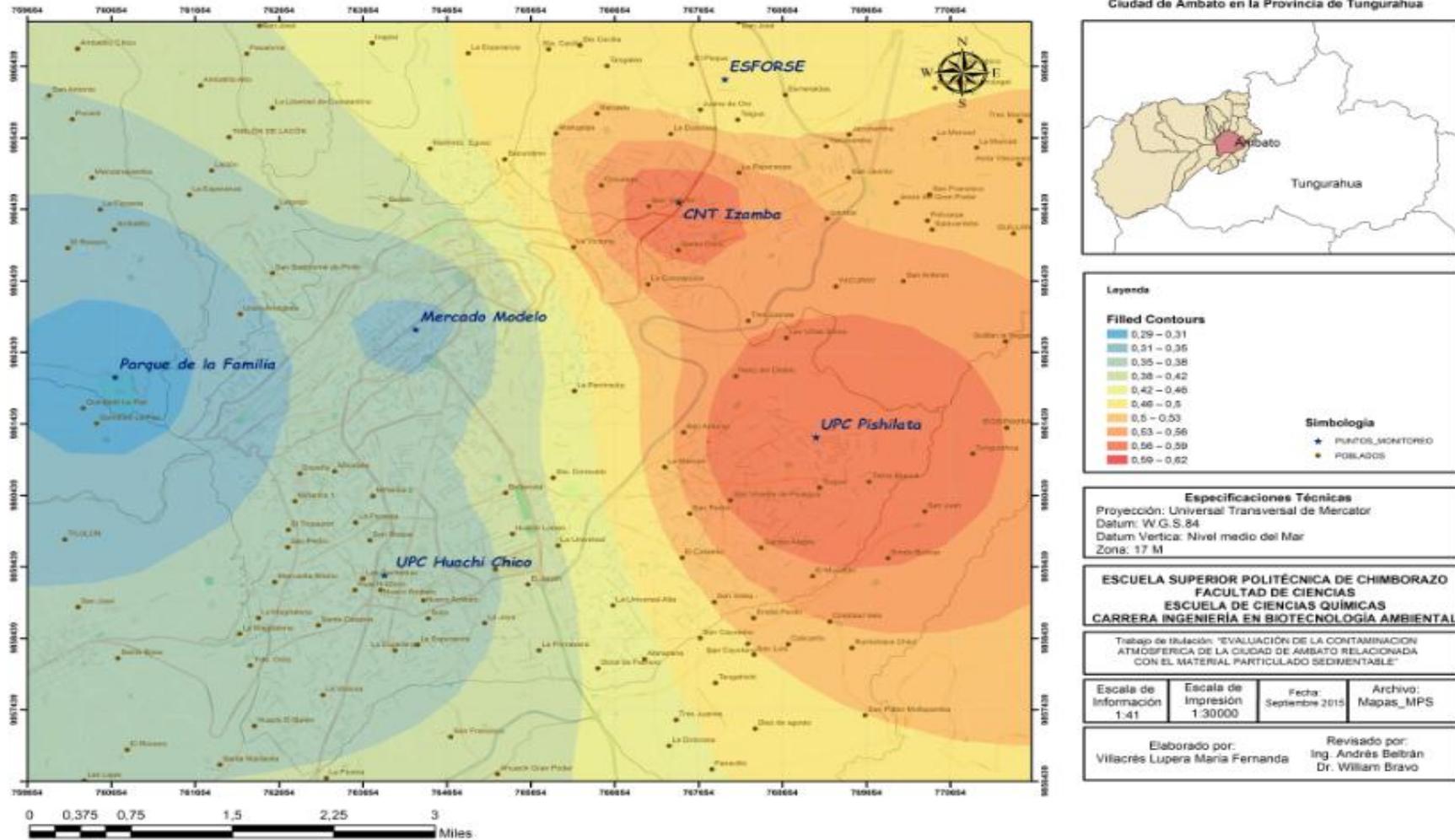
# Concentración MPS Noviembre 2014

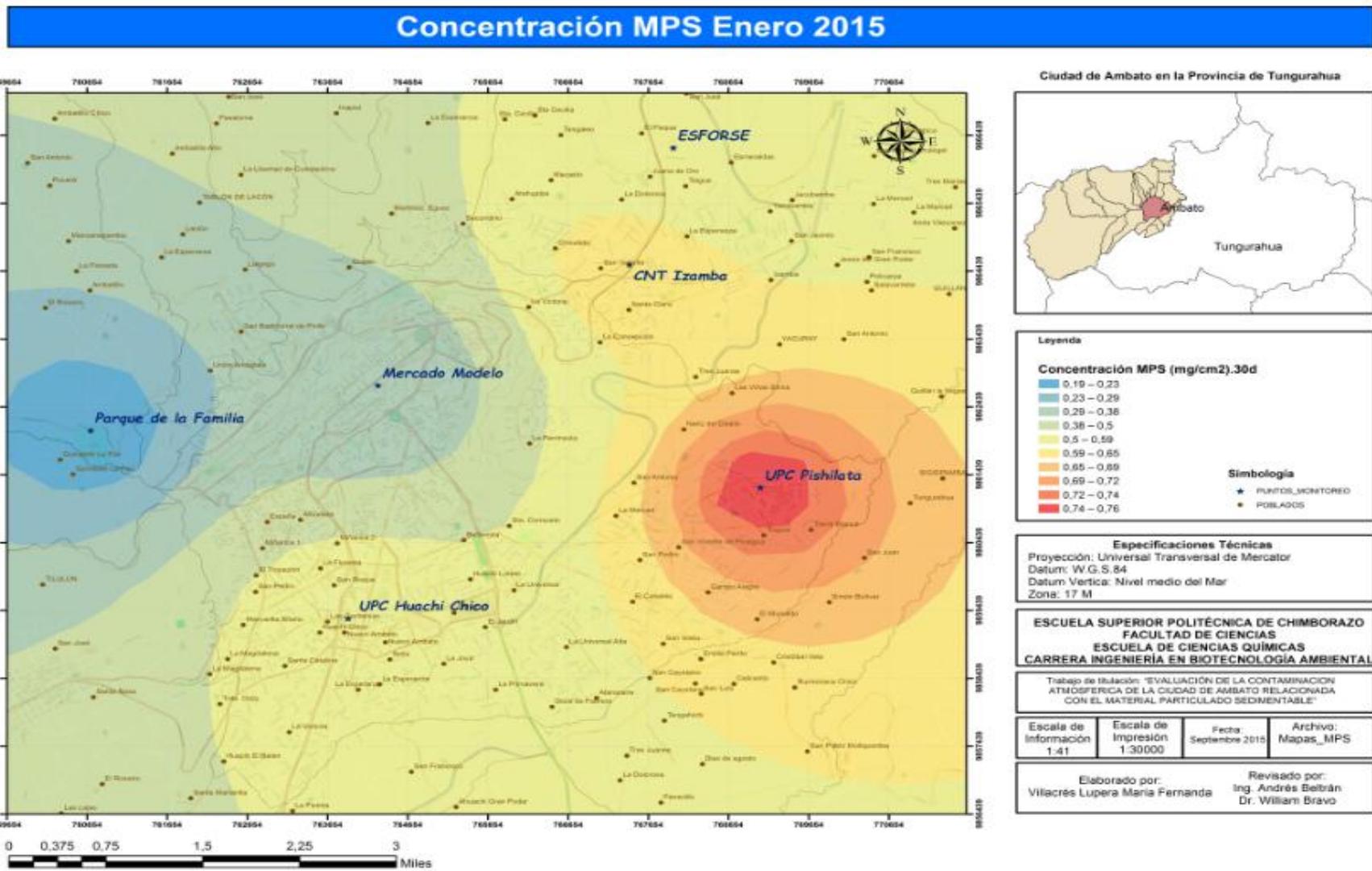


**Mapa 5. Concentración de MPS. Ambato. Noviembre 2014**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

## Concentración MPS Diciembre 2014

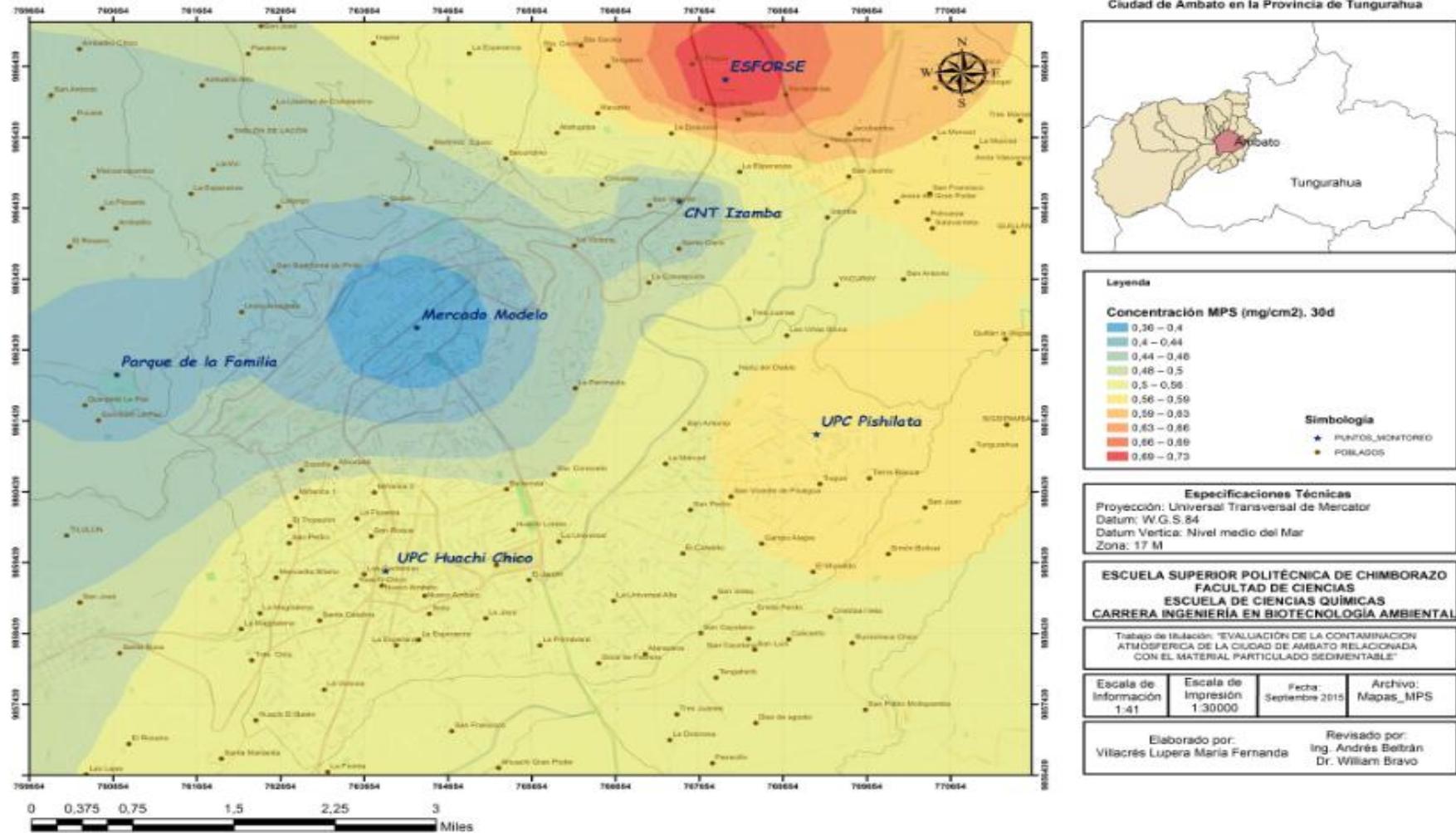




**Mapa 7. Concentración de MPS. Ambato. Enero 2015**

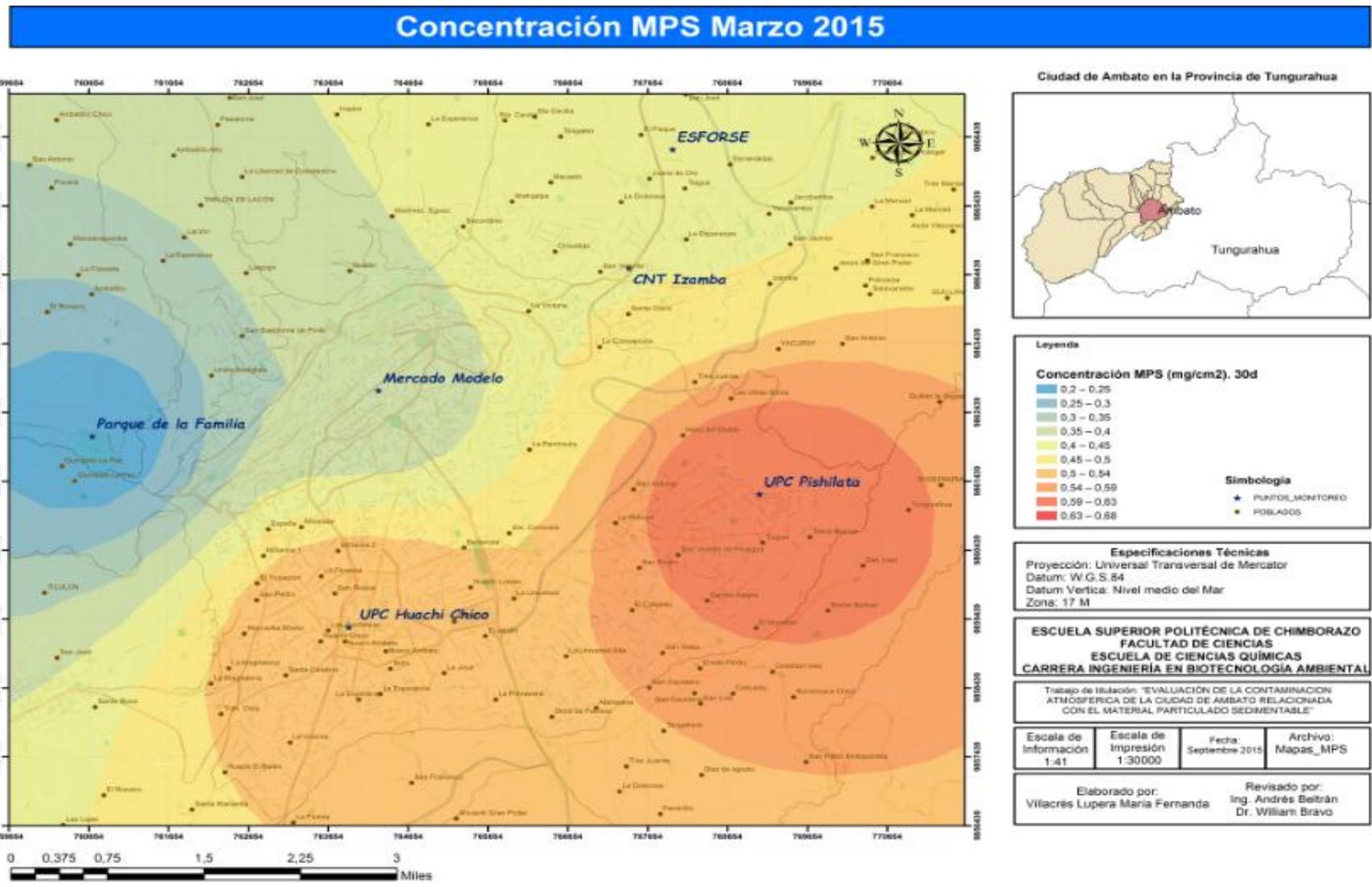
Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

# Concentración MPS Febrero 2015



**Mapa 8. Concentración de MPS. Ambato. Febrero 2015**

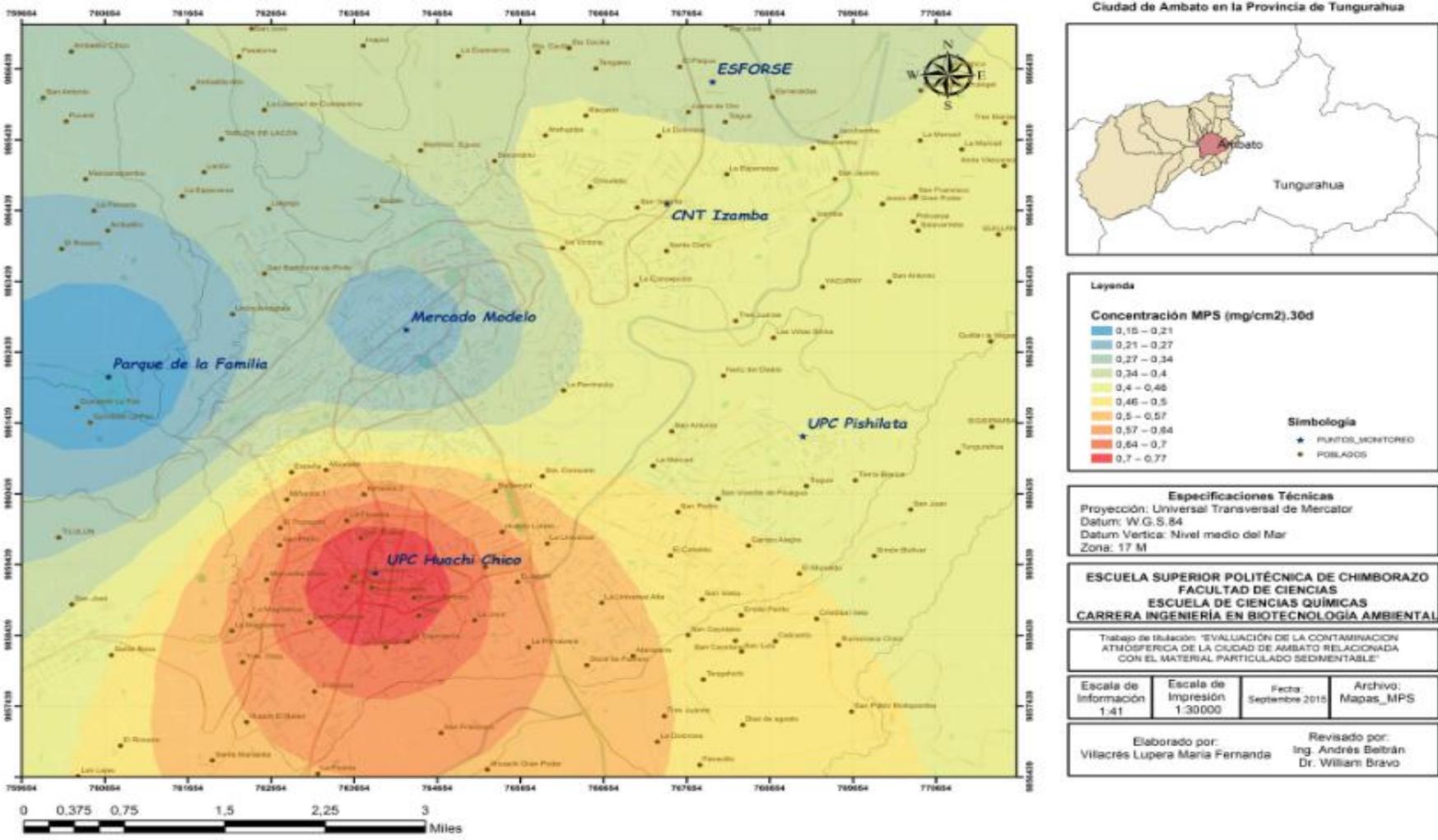
Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)



**Mapa 9. Concentración de MPS. Ambato. Marzo 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

# Concentración MPS Abril 2015



**Legenda**

**Concentración MPS (mg/cm<sup>2</sup>).30d**

- 0,15 – 0,21
- 0,21 – 0,27
- 0,27 – 0,34
- 0,34 – 0,4
- 0,4 – 0,46
- 0,46 – 0,5
- 0,5 – 0,57
- 0,57 – 0,64
- 0,64 – 0,7
- 0,7 – 0,77

**Simbología**

- ★ PUNTO MONITOREO
- POBLADOS

**Especificaciones Técnicas**  
 Proyección: Universal Transversal de Mercator  
 Datum: W.G.S.84  
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar  
 Zona: 17 M

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

Trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE AMBATO RELACIONADA CON EL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE"

Escala de Información 1:41	Escala de Impresión 1:30000	Fecha: Septiembre 2015	Archivo: Mapas_MPS
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------

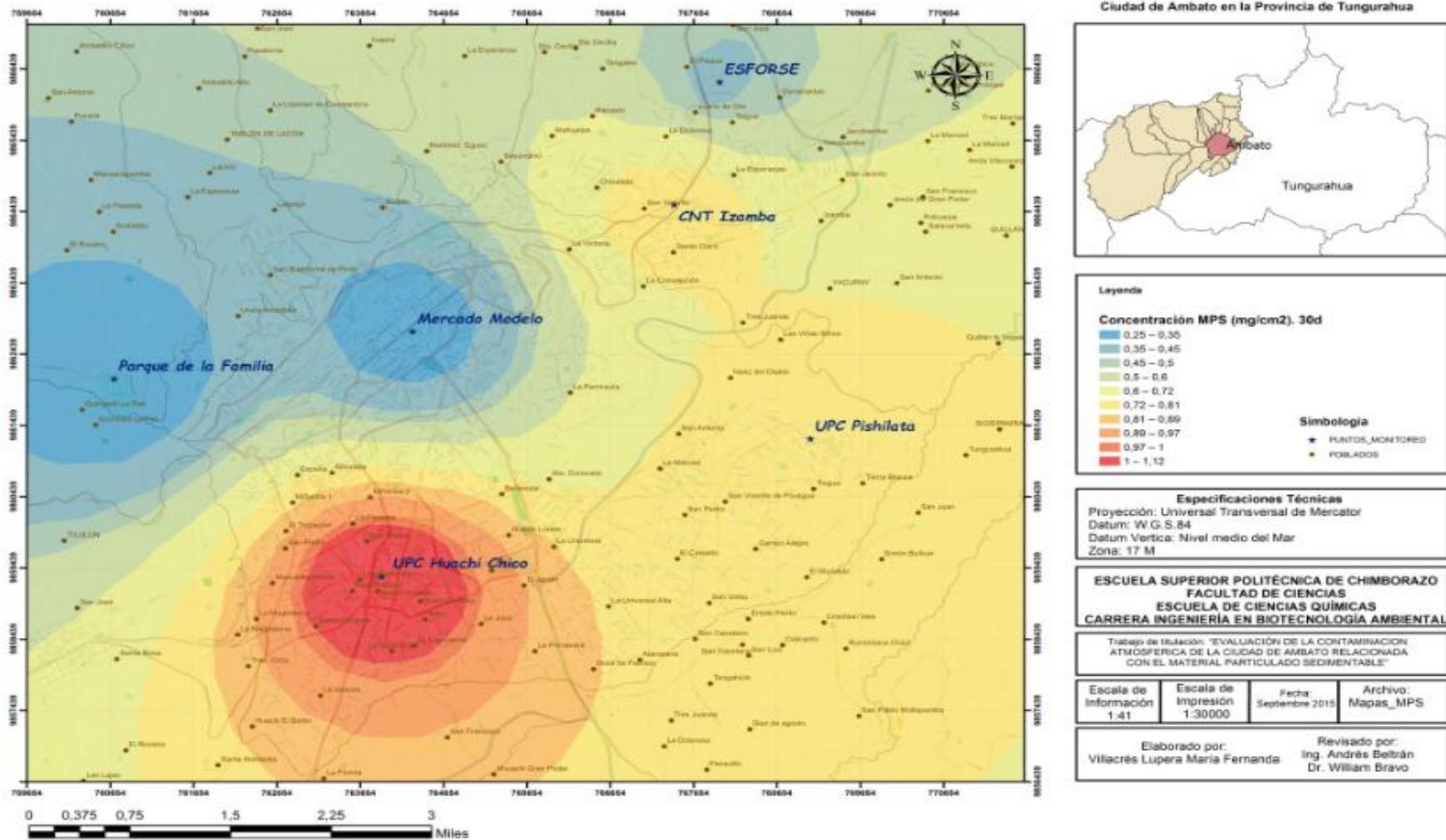
Elaborado por:  
Villacrés Lupera María Fernanda

Revisado por:  
Ing. Andrés Beltrán  
Dr. William Bravo

**Mapa 10. Concentración de MPS. Ambato. Abril 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

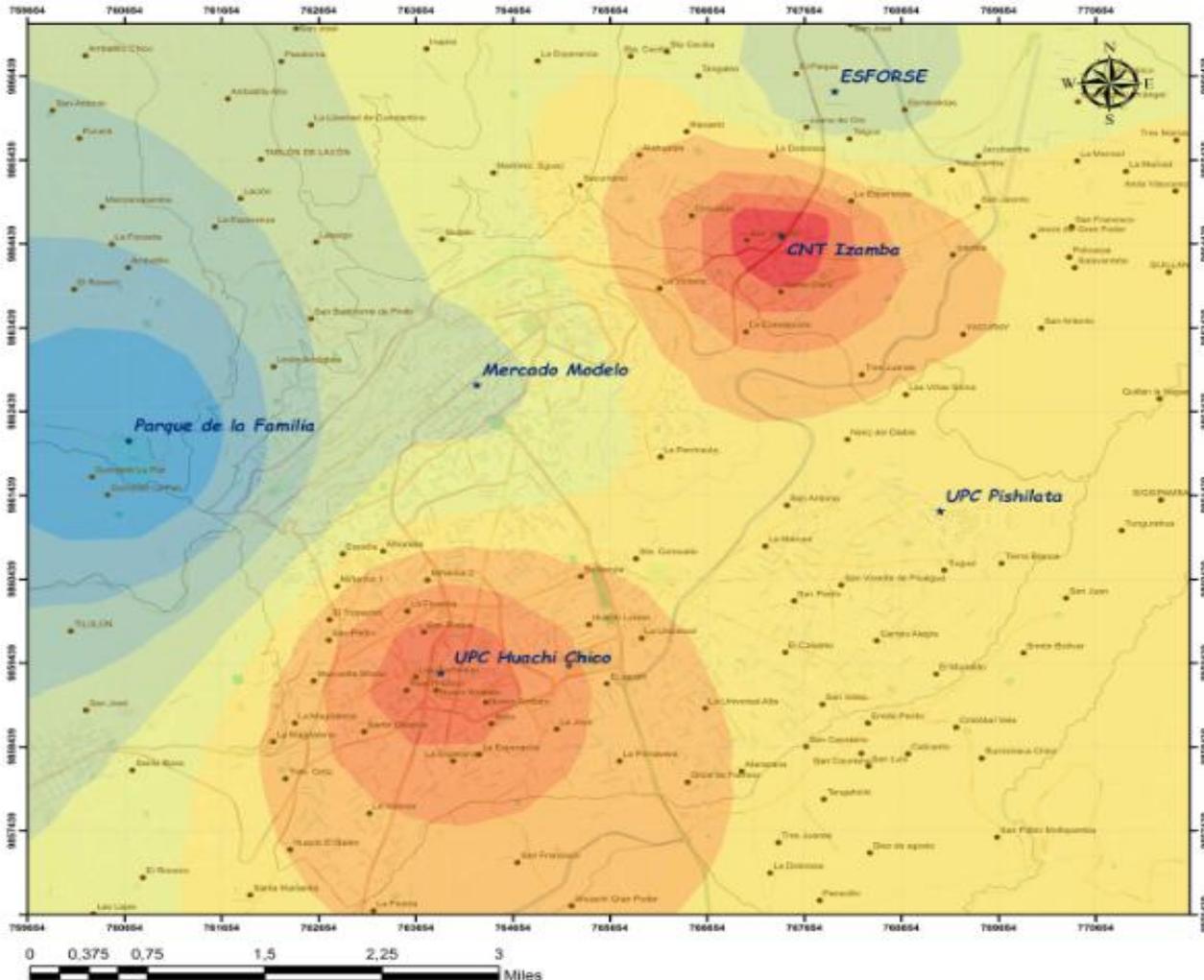
# Concentración MPS Mayo 2015



**Mapa 11. Concentración de MPS. Ambato. Mayo 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

# Concentración MPS Junio 2015



**Legenda**

**Concentración MPS (mg/cm<sup>2</sup>). 30d**

0.13 - 0.21
0.21 - 0.28
0.28 - 0.35
0.35 - 0.41
0.41 - 0.46
0.46 - 0.5
0.5 - 0.55
0.55 - 0.59
0.59 - 0.62
0.62 - 0.66

**Simbología**

- ★ PUNTO MONITOREO
- POBLADOS

**Especificaciones Técnicas**  
 Proyección: Universal Transversal de Mercator  
 Datum: W.G.S.84  
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar  
 Zona: 17 M

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

Trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE AMBATO RELACIONADA CON EL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE"

Escala de Información 1:41	Escala de Impresión 1:30000	Fecha: Septiembre 2015	Archivo: Mapas_MPS
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------

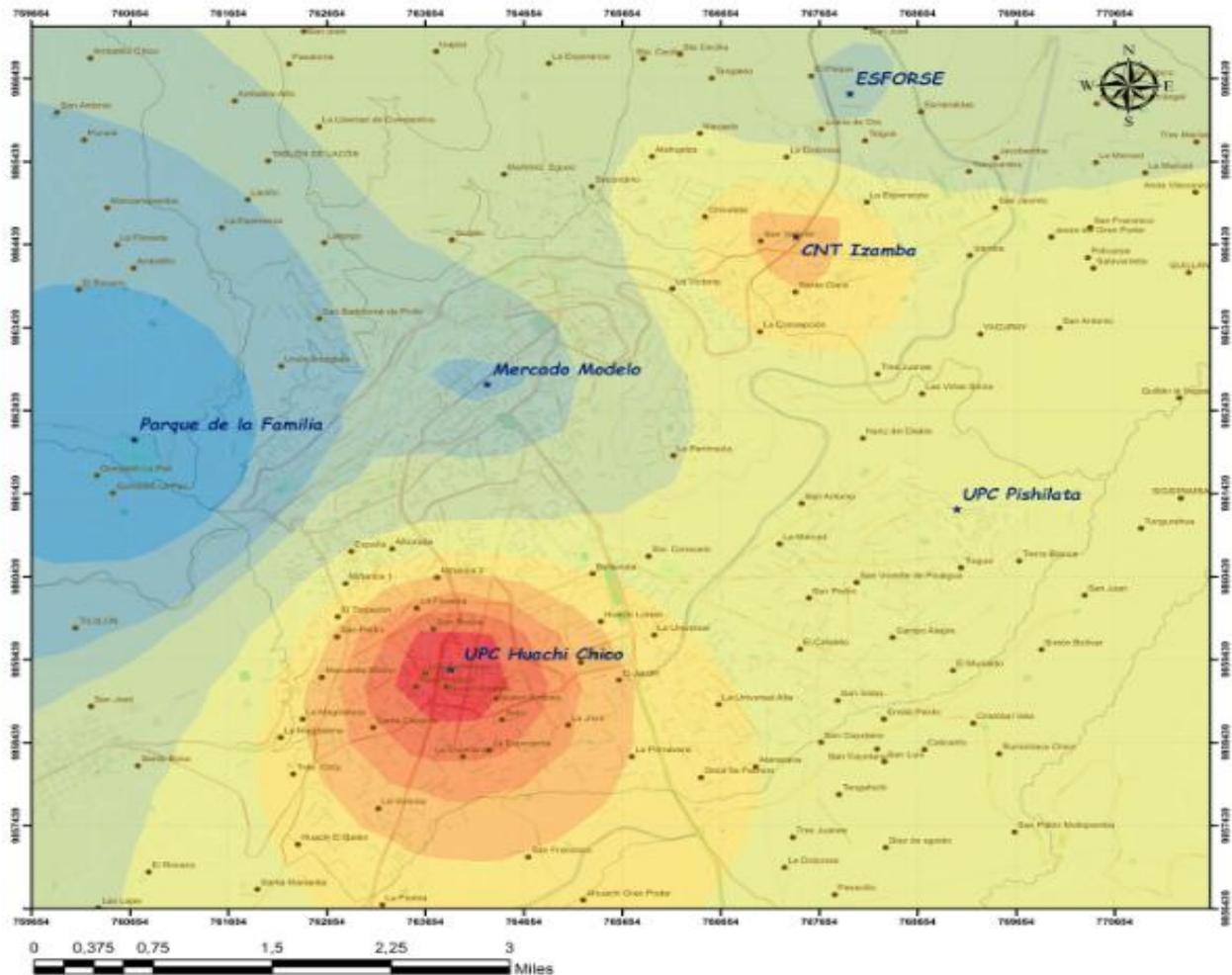
Elaborado por:  
Villacrés Lupera María Fernanda

Revisado por:  
Ing. Andrés Beltrán  
Dr. William Bravo

**Mapa 12. Concentración de MPS. Ambato. Junio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

# Concentración MPS Julio 2015



Leyenda	
<b>Concentración MPS (mg/cm<sup>2</sup>). 30d</b>	
	0,24 - 0,36
	0,36 - 0,46
	0,46 - 0,5
	0,5 - 0,6
	0,6 - 0,67
	0,67 - 0,72
	0,72 - 0,76
	0,76 - 0,79
	0,79 - 0,82
	0,82 - 0,85
<b>Simbología</b>	
★	PUNTOS MONITOREO
●	POBLADOS

**Especificaciones Técnicas**  
 Proyección: Universal Transversal de Mercator  
 Datum: W.G.S.84  
 Datum Vertical: Nivel medio del Mar  
 Zona: 17 M

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

Trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE AMBATO RELACIONADA CON EL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE"

Escala de Información 1:41	Escala de Imposición 1:30000	Fecha: Septiembre 2015	Archivo: Mapas_MPS
-------------------------------	---------------------------------	---------------------------	-----------------------

Elaborado por:  
Villacrés Lupera María Fernanda

Revisado por:  
Ing. Andrés Beltrán  
Dr. William Bravo

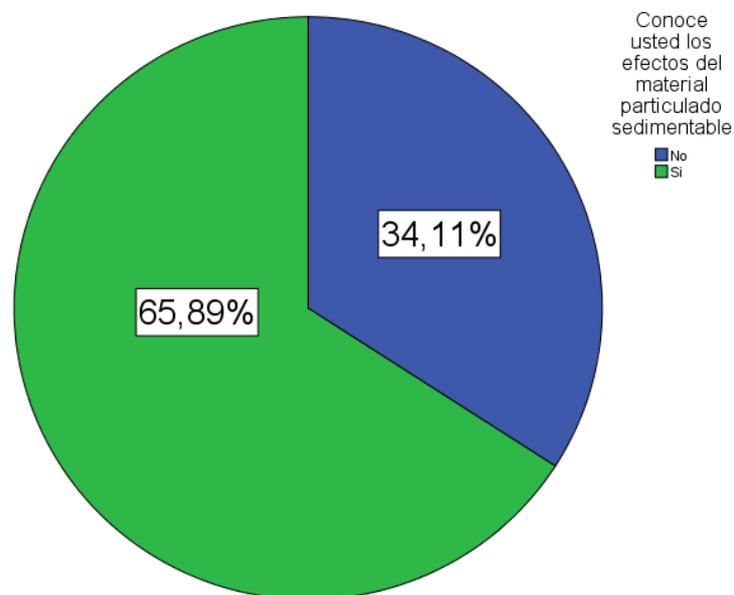
**Mapa 13. Concentración de MPS. Ambato. Julio 2015**

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

### 3.3. Resultado de encuestas

Tras realizar el cálculo de la muestra, determinamos que el número de personas a encuestar para obtener valores representativos de toda la población es 384 habitantes de la ciudad de Ambato.

#### 3.3.1. Porcentaje de la población de la ciudad de Ambato que conoce los efectos del MPS

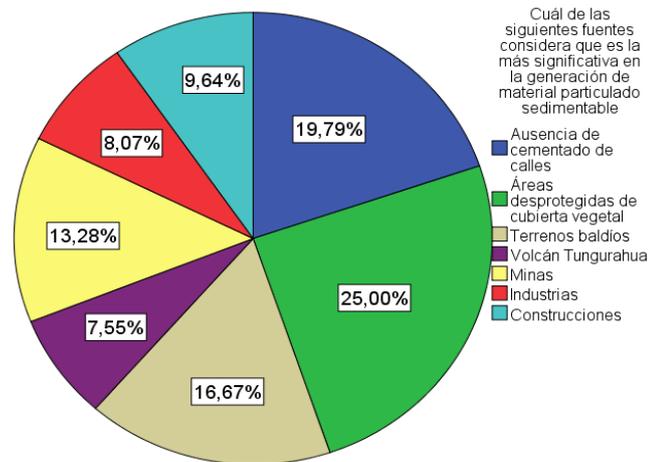


**Figura 21-3.** Porcentaje de personas que conocen los efectos del MPS

**Fuente:** Encuesta realizada en la ciudad de Ambato. Año 2015

En los resultados el porcentaje de personas que desconocen los efectos del material particulado sedimentable son relativamente altos, con un 65,89% de encuestados.

### 3.3.2. Fuente de material sedimentable que la ciudadanía considera más significativa.

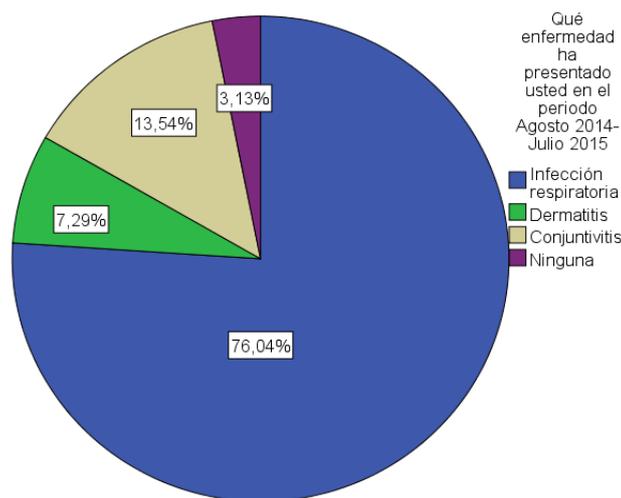


**Figura 22-3.** Apreciación de la fuente más significativa de MPS

Fuente: Encuesta realizada en la ciudad de Ambato. Año 2015

La percepción de la ciudadanía acerca de la fuente de generación de material particulado sedimentable más significativa le atribuye una mayor importancia a las áreas desprotegidas de cubierta vegetal, continuando con la ausencia de cementado de calles, luego la presencia de terrenos baldíos, minas, construcciones, industrias y finalmente el volcán Tungurahua.

### 3.3.3. Enfermedades más frecuentes



**Figura 23-3.** Porcentaje de enfermedades padecidas por la población

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

Las infecciones respiratorias son las más frecuentes entre los encuestados, seguidos por un porcentaje menor perteneciente a la conjuntivitis y dermatitis.

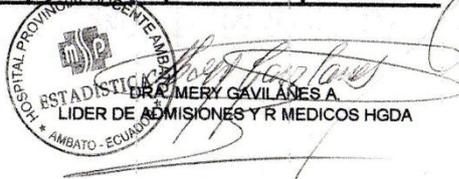
Estos resultados pueden ser corroborados con los datos extraídos del Hospital General Docente de la ciudad de Ambato.

**HOSPITAL GENERAL DOCENTE AMBATO**  
**ADMISIONES Y REGISTROS MEDICOS**  
**VEINTE PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD EN EMERGENCIA**

**AÑO // 2014**

ORDEN	DIAGNÓSTICO	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	TOTAL
1	POLITRAUMATISMOS - TRAUMATISMOS	2316	2094	4410
2	INFECCION RESPIRATORIA AGUDA	2420	1787	4207
3	ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA	1788	1287	3075
4	HERIDAS - LACERACIONES - ESCORIACIONES	1351	1263	2614
5	INFECCION DE VIAS URINARIAS	1189	816	2005
6	ABDOMEN AGUDO	821	836	1657
7	FRACTURAS - LUXACIONES - ESGUINCES	829	788	1617
8	TRAUMATISMO CRANEO ENCEFALICO	424	448	872
9	COLECISTITIS - COLELITIASIS	272	213	485
10	CUERPO EXTRAÑO	181	200	381
11	HIPERTENSION ARTERIAL	186	193	379
12	INTOXICACION EXOGENA	195	175	370
13	PIELONEFRITIS	223	144	367
14	DIABETES MELLITUS	190	157	347
15	LITIASIS RENAL	145	126	271
16	APENDICITIS	99	155	254
17	DOLOR ABDOMINAL	69	172	241
18	TRANSGRESION ALIMENTARIA	120	105	225
19	LUMBALGIA	118	99	217
20	ENFERMEDAD ACIDO PEPTICA	129	83	212
	LAS DEMAS	3294	2929	6223
	FALLECIDOS	28	39	67
	GINECOLOGIA	3920	3848	7768
	SALA PRIMERA ACOGIDA	0	0	0
	TRIAGE	11057	13456	24513
	<b>TOTAL</b>	<b>31364</b>	<b>31413</b>	<b>62777</b>

DR. CARLOS LOPEZ  
GERENTE HGDA

  
 ESTADISTICA  
 DRA. MERY GAVILANES A.  
 LIDER DE ADMISIONES Y R MEDICOS HGDA

**Figura 24-3. Veinte principales causas de morbilidad en emergencia.**

Fuente: (Hospital General Docente Ambato, 2014)

HOSPITAL GENERAL DOCENTE AMBATO

ADMISIONES Y REGISTROS MÉDICOS

VEINTE PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD MÉDICA

CONSULTA EXTERNA

AÑO // 2014

ORDEN	DIAGNÓSTICO	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	TOTAL
1	INFECCION RESPIRATORIA AGUDA	1504	998	2502
2	DIABETES MELLITUS	421	333	754
3	HIPOTIROIDISMO	332	336	668
4	ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA	323	278	601
5	LUMBALGIA	310	204	514
6	DERMATITIS	205	196	401
7	ARTROSIS-COXO-ESPON-GONO-OSTEOARTROSIS	221	178	399
8	ANSIOSO DEPRESIVO	260	133	393
9	PTERIGION	144	244	388
10	VARICES	97	276	373
11	TRAUMATISMO - POLITRAUMATISMO	127	244	371
12	NEUMONIA - BRONCONEUMONIA	233	125	358
13	NODULO TIROIDEO	151	171	322
14	HIPERTROFIA PROSTATICA BENIGNA	153	158	311
15	INFECCION DE VIAS URINARIAS	174	121	295
16	DEPRESION	176	115	291
17	ANSIEDAD	182	108	290
18	COLECISTITIS - COLELITIASIS	148	121	269
19	CONJUNTIVITIS	101	167	268
20	HERNIA INGUINAL	111	118	229
	<b>LAS DEMAS</b>	<b>7869</b>	<b>7186</b>	<b>15055</b>
	<b>ESTUDIOS ESPECIALES</b>	<b>149</b>	<b>200</b>	<b>349</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>13391</b>	<b>12016</b>	<b>25401</b>

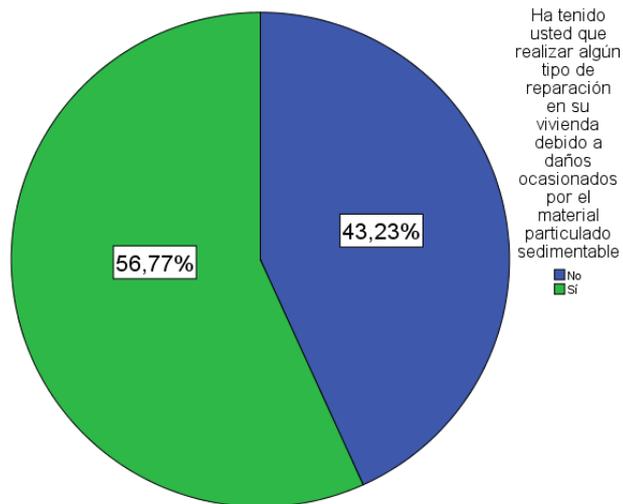
DR. CARLOS LOPEZ  
GERENTE HGDA

ESTADÍSTICA  
LIDERA: MERY GAVILANES A.  
LIDER DE ESTADÍSTICA HPDA

Figura 25-3. Veinte principales causas de morbilidad en consulta externa

Fuente: (Hospital General Docente Ambato, 2014)

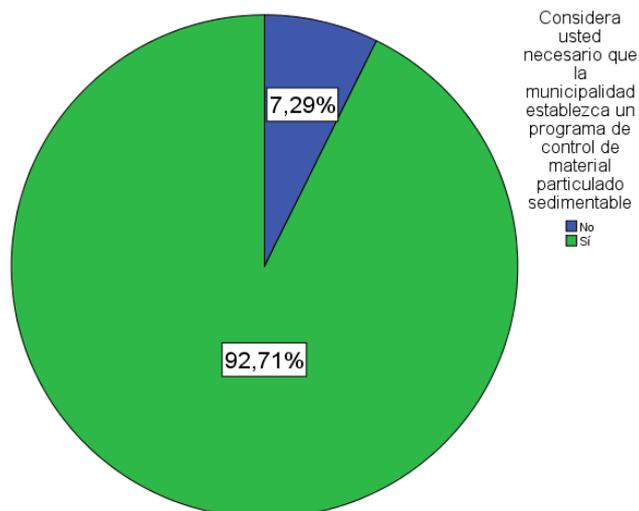
### 3.3.4. Efectos del MPS en los bienes materiales



**Figura 26-3.** Reparaciones en los hogares provocados por MPS  
Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

Como podemos observar los resultados indican que más de la mitad de los encuestados se han visto obligados a realizar reparaciones en sus viviendas debido a los efectos dañinos y corrosivos del material particulado sedimentable.

### 3.3.5. Necesidad de un plan de mitigación



**Figura 27-3.** Opinión acerca de la necesidad de un programa de control de MPS

Elaborado por: (María Fernanda Villacrés, 2015)

Un gran porcentaje de la población encuestada considera necesario que se establezca un programa de control del material particulado sedimentable en la ciudad.

### 3.4. Relación de la concentración de MPS con las condiciones socioeconómicas del sector.

Los puntos de muestreo seleccionados se ubican 3 en el área urbana de Ambato, y 3 en el área rural, gracias a los datos extraídos del INEC, se pudo realizar una comparación entre las condiciones de vida y acceso a los servicios básicos, en las parroquias rurales donde se encuentran ubicados los puntos, mientras que en el área de las parroquias urbanas, se tomará a la ciudad de forma general.

Así pues tomando en cuenta los datos de concentración promedio por punto de muestreo, tenemos lo siguiente:

**Tabla 3-3. Vía de acceso principal a la vivienda**

		PARROQUIA		
		Ambato	Ambatillo	Izamba
		0,4 FRA; 0,65 HUA; 0,56 PIS	AMB 0,2	PIA 0,45 IZA 0,66
		Recuento	Recuento	Recuento
<b>VIA DE ACCESO PRINCIPAL A LA VIVIENDA</b>	Calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto	43409	462	1782
	Calle o carretera empedrada	8288	588	1801
	Calle o carretera lastrada o de tierra	5523	284	722
	Camino, sendero, chaquiñan	2387	526	701
	Rio /mar / lago	0	0	0
	Otro	163	0	4

Fuente: (INEC, 2010)

Realizado por: María Fernanda Villacrés

En cuanto a las vías de acceso, notamos que en el área urbana la mayor parte está rodeada de vías pavimentadas, mientras que en Izamba y Ambatillo las calles empedradas son las que predominan; podemos notar que esto influye en la concentración de los puntos ubicados en la zona urbana que son menores a los de Izamba, pero en el sector de Ambatillo no influye sobre sus concentraciones, puesto que a pesar de sus características rurales las concentraciones de material particulado sedimentable son bajas.

**Tabla 4-3. Procedencia del agua en las viviendas**

		PARROQUIA		
		Ambato	Ambatillo	Izamba
		0,4 FRA; 0,65 HUA; 0,56 PIS	AMB 0,2	PIA 0,45 IZA 0,66
		Recuento	Recuento	Recuento
<b>DE DONDE PROVIENE PRINCIPALMENTE EL AGUA QUE RECIBE LA VIVIENDA</b>	De red pública	47463	883	3356
	De pozo	434	20	35
	De río, vertiente, acequia o canal	816	344	92
	De carro repartidor	150	0	162
	Otro (Agua lluvia/albarrada)	280	60	146

Fuente: (INEC, 2010)

Realizado por: María Fernanda Villacrés

El agua en todas las parroquias en estudio, proviene principalmente de la red pública, siendo la parroquia de Ambatillo la que más utiliza también como fuente alternativa el agua de río o vertiente.

**Tabla 5-3. Tipo de servicio higiénico en la vivienda**

		PARROQUIA		
		Ambato	Ambatillo	Izamba
		0,4 FRA; 0,65 HUA; 0,56 PIS	AMB 0,2	PIA 0,45 IZA 0,66
		Recuento	Recuento	Recuento

<b>EL SERVICIO HIGIÉNICO O ESCUSADO DE LA VIVIENDA ES</b>	Conectado a red pública de alcantarillado	46711	493	2536
	Conectado a pozo séptico	825	169	339
	Conectado a pozo ciego	913	451	625
	Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	209	8	47
	Letrina	98	48	91
	No tiene	387	138	153

Fuente: (INEC, 2010)

Realizado por: María Fernanda Villacrés

En cuanto al servicio higiénico, en todas las parroquias la mayoría se encuentra conectada a la red pública de alcantarillado, más cabe recalcar que en la parroquia de Ambatillo un gran porcentaje de su población está conectada a un pozo séptico o un pozo ciego.

**Tabla 6-3. Servicio de luz eléctrica de la vivienda.**

		PARROQUIA		
		Ambato	Ambatillo	Izamba
		0,4 FRA; 0,65 HUA; 0,56 PIS	AMB 0,2	PIA 0,45 IZA 0,66
		Recuento	Recuento	Recuento
<b>EL SERVICIO DE LUZ (ENERGÍA) ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA PROVIENE PRINCIPALMENTE</b>	Red de empresa eléctrica de servicio público	48958	1239	3722
	Panel Solar	0	0	0
	Generador de luz (Planta eléctrica)	11	0	1
	Otro	18	4	8
	No tiene	156	64	60

Fuente: (INEC, 2010)

Realizado por: María Fernanda Villacrés

En todas las parroquias el porcentaje de habitantes que no tiene acceso a la luz eléctrica es mínimo; es decir que la mayoría de los ambateños tienen acceso al servicio.

Las condiciones socioeconómicas influyen en las concentraciones de MPS en la parroquia Izamba y la cabecera cantonal de Ambato, no así en el punto de Ambatillo que pese a tener características rurales, presenta valores bajos de MPS.

## **CAPÍTULO 4**

### **PLAN DE MITIGACIÓN**

#### **4.1. Presentación**

La investigación se realizó con el propósito de evaluar las concentraciones de material particulado sedimentable en toda la ciudad, y basados en este estudio establecer los lineamientos de acción para conseguir una mejoría en la calidad del aire respecto a este parámetro.

Como puede notarse en nuestro estudio, tras los resultados obtenidos, hemos determinado que en pocos puntos las concentraciones de sólidos sedimentables están fuera de la norma establecida en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI, Anexo 4, mas puede visualizarse que la gran mayoría excede el valor máximo establecido por la OMS, existen a su vez varios valores que si bien no se hallan fuera de los límites, están cerca de hacerlo, por ello es necesario que se tomen medidas correctivas y preventivas.

La forma en la que se puede reducir la concentración del material particulado sedimentable en el ambiente es principalmente atacar las fuentes de la que este proviene, y establecer medidas de control.

Además es necesario socializar los proyectos que se establezcan y dar conocimiento a la ciudadanía acerca del material particulado sedimentable.

El propósito fundamental de la investigación es elaborar la propuesta de un Plan de Mitigación que logre controlar o disminuir las concentraciones del material particulado sedimentable, lo que requiere de la planificación, y toma de acciones que vayan acompañadas de la Legislación Ambiental que rige el país.

## 4.2. Normativa

El ambiente es un tema que se halla en pleno auge puesto que las personas están empezando a evidenciar los daños que puede provocar la contaminación y por lo mismo se ha comenzado a tomar consciencia acerca de los cambios reales que necesitamos hacer para conservar el bienestar del planeta y de todos los que en él habitamos.

Este cambio involucra por supuesto la participación de autoridades así como la estricta aplicación de leyes a las que debe regirse la comunidad con el fin de mantener un ambiente sano.

Es así que empezando por nuestra Constitución, basados en el concepto del Sumak Kawsay, es trascendental que se respete el derecho de la comunidad ecuatoriana de vivir en un ambiente plenamente sano.

Por otra parte tomando en cuenta la legislación internacional, la OMS (Organización Mundial de la Salud) preocupada por la incidencia de la contaminación sobre la salud de las personas, ha establecido entre otros parámetros, el límite máximo para las concentraciones de material particulado sedimentable.

De igual manera la Ley Orgánica de la Salud del Ecuador, tiene la finalidad de hacer efectivo el ejercicio del derecho que las personas tienen a la salud.

La Ley de la Prevención y Control de la Contaminación del aire, es otra normativa que está encargada de velar por el cumplimiento del resto de normas y técnicas que regulan la emisión o descargas de contaminantes en la atmósfera y que podrían afectar la salud humana, animales y a la vegetación, de igual manera protege los recursos del estado.

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, que en su libro VI, Anexo 4, referido a la Norma de Calidad del Aire Ambiente, establece los límites máximos permisibles de varias sustancias, además de las técnicas para la determinación de la concentración de las mismas, entre ellas el parámetro del material particulado sedimentable.

De esta manera lo que se busca es la reducción de la contaminación al valor mínimo posible, basados en el concepto de sostenibilidad, tomando los recursos necesarios de una forma consciente, preveendo la contaminación y protegiendo el ambiente que en el futuro deberá satisfacer las necesidades de generaciones próximas.

### 4.3. Objetivos del plan

#### 4.3.1. Objetivo 1

Reducir las concentraciones del material particulado sedimentable en todas las zonas de estudio en al menos un 20% de los análisis presentados en el reporte.

##### 4.3.1.1. Metas

<b>Meta 1</b>	Readecuación de las áreas de uso recreacional de la ciudad.	
Medidas 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Implementación de espacios con mayor cobertura de vegetación en los parques, lo que incluye los jardines, y todas las áreas que no puedan ser cementadas.</li> <li>✓ Reemplazo de la tierra existente en áreas de columpios, por arena, grava, cascajo o cualquier otro material que no se levante con la brisa ocasionada.</li> <li>✓ Colocación de césped sintético en canchas de fútbol.</li> </ul>	
	<b>Sectores:</b>	Huachi chico.
	<b>Responsables:</b>	Departamento de parques y jardines.
	<b>Cronograma:</b>	6 meses a 1 año.

<b>Meta 2</b>	Eliminación del MPS proveniente de las calles.	
Medidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificación de todas las vías que carecen de asfaltado en la ciudad.</li> <li>✓ Categorización de estas vías en orden de importancia de acuerdo a qué tan transitada sea la misma, así como la densidad poblacional de sus alrededores.</li> <li>✓ Adoquinamiento o asfaltado de estas vías,</li> </ul>	

	siguiendo el orden de importancia previamente determinado.	
	<b>Sectores:</b>	Techo propio, Huachi chico, Izamba, ESFORSE.
	<b>Responsables:</b>	Departamento de planificación
	<b>Cronograma:</b>	1 año.

<b>Meta 3</b>	Control riguroso del 100% de las canteras de la ciudad.	
<b>Medidas</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificación de todas las canteras de la ciudad de Ambato.</li> <li>✓ Revisión de documentación que incluya el licenciamiento y permiso de operación.</li> <li>✓ Inspecciones que permitan determinar si se están tomando medidas frente a la inevitable generación de MPS.</li> <li>✓ Verificación de que el transporte de los materiales áridos y pétreos se realiza en cantidades controlables y con la respectiva cubierta.</li> </ul>	
	<b>Sectores:</b>	Toda la ciudad
	<b>Responsables:</b>	Dirección de Control ambiental, minas y canteras
	<b>Cronograma:</b>	3 meses

<b>Meta 4</b>	Regularización de actividades de construcción.	
<b>Medidas</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sancionar a los propietarios de las viviendas que tengan en sus veredas cualquier tipo de material de construcción.</li> <li>✓ Sancionar de igual manera las actividades de construcción que no posean su cubierta respectiva.</li> <li>✓ Inspeccionar que toda construcción que se esté llevando a cabo tenga su respectivo permiso.</li> </ul>	
	<b>Sectores:</b>	Centro de la ciudad, Huachi chico, Techo propio.
	<b>Responsables:</b>	Dirección de planificación
	<b>Cronograma:</b>	Permanentemente.

<b>Meta 5</b>	Control de actividades que generan MPS y se realizan a cielo abierto.	
<b>Medidas</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Solicitar a los propietarios de bloqueras que realicen sus actividades con un respectivo cerramiento.</li> <li>✓ Controlar que los materiales de entrada y salida tengan la cubierta respectiva y no generen polvo en su trayecto.</li> </ul>	
	<b>Sectores:</b>	Izamba, ESFORSE, Huachi chico.
	<b>Responsables:</b>	Dirección de planificación
	<b>Cronograma:</b>	6 meses

<b>Meta 6</b>	Ejecución de proyectos de reforestación.	
<b>Medidas</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificación de las zonas que carezcan de cubierta vegetal</li> <li>✓ Selección de especies de árboles nativos para la plantación.</li> <li>✓ Involucrar a colegios, escuelas en estos proyectos, llevando de la mano charlas de concientización y cuidado de la flora.</li> </ul>	
	<b>Sectores:</b>	Ambatillo, Techo propio, Izamba
	<b>Responsables:</b>	Departamento de parques y jardines.
	<b>Cronograma:</b>	1 año.

<b>Meta 7</b>	Cerramiento de terrenos baldíos	
<b>Medidas</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificación de lotes que no posean cerramiento</li> <li>✓ Solicitud a los propietarios la construcción del respectivo cerramiento</li> </ul>	
	<b>Sectores:</b>	Huachi chico, Techo propio, Izamba
	<b>Responsables:</b>	Dirección de planificación
	<b>Cronograma:</b>	6 meses

#### 4.3.2. Objetivo 2

Reducir el índice de enfermedades ocasionadas por el MPS, en la población.

##### 4.3.2.1. Metas

<b>Meta 1</b>	Implementar un plan de educación y sensibilización a los pobladores de zonas críticas de contaminación por MPS	
<b>Medidas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Socializar los resultados de esta investigación con los pobladores de la ciudad, circulando la información en todas las entidades donde se realiza el pago de servicios básicos</li> <li>✓ Programar charlas de educación en los sectores de mayor concentración de MPS acerca de temas como limpieza y protección.</li> </ul>	
	<b>Sectores:</b>	Huachi chico, Techo propio, Izamba
	<b>Responsables:</b>	Dirección de Gestión Ambiental
	<b>Cronograma:</b>	6 meses

<b>Meta 2</b>	Alertar a los ciudadanos acerca de las caídas de ceniza pronosticadas.	
<b>Medidas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Socializar con los ciudadanos los días determinados que se estima habrá caída de ceniza volcánica.</li> <li>✓ Sugerir medidas de protección ante posibles enfermedades respiratorias, oculares, entre otras.</li> </ul>	
	<b>Sectores:</b>	Toda la ciudad
	<b>Responsables:</b>	Dirección de Gestión Ambiental
	<b>Cronograma:</b>	Permanente.

#### **4.4. Beneficios**

Los beneficios a obtener de este programa son múltiples entre los cuales tenemos:

- ✓ Mejora de la imagen de la ciudad junto con una mayor limpieza visible en las calles.
- ✓ Mejor calidad de vida de los habitantes de la ciudad incluyendo el área de salud.
- ✓ Mayor conservación de los materiales de las infraestructuras.
- ✓ Cumplimiento de la normativa nacional e internacional.
- ✓ Prevención de la erosión en las zonas reforestadas

## CONCLUSIONES

Los valores de las concentraciones de MPS son en su mayoría inferiores al límite establecido por el TULSMA, por lo cual no influyen significativamente en la calidad del aire; mas sí puede afectar la salud de los ciudadanos puesto que sus valores son superiores al establecido por la OMS; siendo las zonas de Huachi Chico, Pishilata, CNT Izamba y la ESFORSE, los de mayor contaminación; razón por la cual existe un alto índice de infecciones respiratorias en la ciudad de Ambato.

Los factores socio-económicos tales como vialidad y acceso a los servicios básicos influyen en la generación de material particulado sedimentable en ciertos puntos; mas en otros los resultados pueden verse modificados por los niveles de precipitación en el sector ya que influyen directamente sobre la concentración de este contaminante, a mayor precipitación, menor MPS.

El plan de mitigación propuesto establece una serie de medidas que buscan reducir las concentraciones de material particulado sedimentable, atacando principalmente a las fuentes de donde proviene; evitando que estos posteriormente sean arrastrados por acción del viento y contribuyan al desencadenamiento de afecciones respiratorias en los habitantes de la ciudad.

## **RECOMENDACIONES**

Establecer más puntos de muestreo de material particulado sedimentable en la ciudad, incluyendo sectores como: Ficoa, Ingahurco, Atocha, Parque industrial, Miraflores, entre otros

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

Determinar mediante un estudio la presencia y concentración de metales pesados en el MPS.

## **GLOSARIO**

**MPS:** Material particulado sedimentable

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud

**GAD-MA:** Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato

**MP:** Material particulado

**TULSMA:** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

**INHAMI:** Instituto Nacional de Meteorología

**INEC:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

**IGM:** Instituto Geográfico Militar.

## BIBLIOGRAFÍA

**ArcGIS.***Ayuda de ArcGIS 10.1.* [En línea] 9 de Noviembre de 2013. [Citado el: 8 de Junio de 2015.] Disponible en:

<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//009z00000075000000>.

**CAÑIZARES, María del Carmen.** *Desarrollo urbano y problemática ambiental de la ciudad de Puertollano.* Puertollano-España: Editorial Universidad de Castilla-La Mancha, 1998. p 14

**CRANA.** FUNDACIÓN “CENTRO DE RECURSOS AMBIENTALES DE NAVARRA”. [En línea] 2014. [Citado el: 27 de Mayo de 2015.] Disponible en: [http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion\\_3/aerosoles-materia-particulada-mpa](http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/aerosoles-materia-particulada-mpa).

**CUADRAT, Jota.***Climatología.* Madrid-España: Catedra S.A, 1997. p 26

**DOMÍNGUEZ, Patricio.***Nuestra atmósfera.* México-Distrito Federal : Lectorum, 2004, pp. 13-17

**ERRAZURIZ, Ana.***Manual de Geografía de Chile.* Santiago de Chile : Andrés Bello, 1998. PP 45-47

**ESPERT, Vicent; & LÓPEZ, Amparo.** *Dispersión de contaminantes en la atmósfera.* México-Distrito Federal: Alfaomega, 2004.pp: 3-24

**FERNÁNDEZ, Antonio.** *Especiación física y química de metales en la materia particulada atmosférica: aplicación al estudio de la contaminación ambiental de la ciudad de Sevilla.* Sevilla : Grafitrés, 2001.pp 33-48

**GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.***Anuario Meteorológico de Tungurahua.* Ambato : 2014.

**HARRIS, Daniel.** *Análisis químico cuantitativo.* Madrid-España : Reverte, 2007. p 31

**IGM 2015.***Instituto Geográfico Militar.* Ambato

**INCHE, Jorge.***Gestión de la calidad del aire: Causas, efectos y soluciones.* Lima-Perú : Instituto de investigación de Ingeniería industrial-UNMSM, 2004. pp. 18-29.

**INEC 2010.***VII Censo de Población y VI de Vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Censos.* Ambato

**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA MÉXICO.** Importancia de las partículas PM 2.5. [En línea] 2010. [Citado el: 15 de Mayo de 2015.] Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/695/importancia.pdf>.

**Jaurilaritza, Eusko. 2012.** Instrucción Técnica - 03 (IT-03):Control de las emisiones difusas de partículas a la atmósfera. [En línea] 2012. [Citado el: 15 de Junio de 2015.] Disponible en: [http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r493614/es/contenidos/informacion/apca/es\\_aire/adjuntos/IT-03.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r493614/es/contenidos/informacion/apca/es_aire/adjuntos/IT-03.pdf)

**JIMENEZ, David.** "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". [En línea] 2014. [Citado el: 29 de Mayo de 2015.] Disponible en: [file:///C:/Users/Mayrita/Downloads/TESIS%20DE%20GRADO%20DEL%20DR.%20DAVID%20JIM%20C3%29NEZ%20OLLAGUE%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Mayrita/Downloads/TESIS%20DE%20GRADO%20DEL%20DR.%20DAVID%20JIM%20C3%29NEZ%20OLLAGUE%20(1).pdf).

**MORALES, Raúl.***Contaminación atmosférica urbana.* Santiago de Chile-Chile : Universitaria, 2006. pp. 17-20

**ONCINS, Margarita.** Encuestas Metodología para su utilización. *Ministerio de trabajo y asuntos sociales.* [En línea] [Citado el: 17 de Abril de 2015.] Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_283.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_283.pdf).

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** Guías de calidad del aire de la OMS. [En línea] 2006. [Citado el: 18 de Mayo de 2015.] Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf).

**SALVADOR, Pedro.** *Caracterización de la contaminación atmosférica producida por partículas en suspensión.* Madrid-España : s.n., 2005. p 63

**SWISSCONTACT.** Manual de Laboratorio- Programa Aire Puro. *Fundación Suiza de Cooperación para el desarrollo técnico.* [En línea] Agosto de 2001. [Citado el: 3 de Junio de 2015.] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/manualab/manual.pdf>.

**TULSMA 2012 Libro VI Anexo 4.** *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de calidad del aire ambiente*

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

## ANEXOS

ESTACIÓN	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Min	Máx	Media	Suma
AMB	0.18	0.04	0.21	0.09	0.29	0.19	0.43	0.2	0.15	0.25	0.13	0.24	0.04	0.43	0.2	2.4
FRA	0.25	0.33	0.67	0.87	0.34	0.25	0.36	0.41	0.23	0.26	0.4	0.45	0.23	0.87	0.4	4.82
HUA	0.54	0.47	0.64	0.64	0.35	0.66	0.56	0.06	0.77	1.12	0.62	0.85	0.35	1.12	0.65	7.82
IZA	0.55	0.47	0.92	1.06	0.68	0.65	0.45	0.45	0.5	0.81	0.66	0.75	0.45	1.06	0.66	7.95
PIA	0.58	0.57	0.05	0.58	0.46	0.49	0.73	0.39	0.34	0.42	0.35	0.48	0.05	0.73	0.45	5.44
PIS	0.5	0.54	0.09	0.58	0.62	0.76	0.59	0.68	0.46	0.82	0.46	0.67	0.09	0.82	0.56	6.77
<b>Min</b>	0.18	0.04	0.05	0.09	0.29	0.19	0.36	0.2	0.15	0.25	0.13	0.24	<b>Valores expresados en mg (MPS)/ cm<sup>2</sup>*30 d</b>			
<b>Máx</b>	0.58	0.57	0.92	1.06	0.68	0.76	0.73	0.68	0.77	1.12	0.66	0.85				
<b>Media</b>	0.43	0.4	0.43	0.64	0.46	0.5	0.52	0.45	0.41	0.61	0.44	0.57				

**Anexo 1.** Datos de material particulado sedimentable en el periodo Agosto 2014-Julio 2015



**Anexo 2.** Retiro y colocación de jarra



**Anexo 3.** Trasvasado de muestras a vaso de precipitación



**Anexo 4.** Evaporación de muestras en la placa calefactora



**Anexo 5.** Colocación de muestras en la estufa



**Anexo 6.** Muestra en el desecador



**Anexo 7.** Pesaje de muestras.