



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

**TEMA:**

“Evaluación de la contaminación del aire causada por las emisiones de gases producida por la circulación vehicular, en la ciudad de San Gabriel, provincia del Carchi”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

**INGENIERO EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODESAROLLO**

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Sostenible y Aprovechamiento de los Recursos Naturales

Sublínea: Ambiente y Biodiversidad

**AUTOR/A:** CHULDE LLIVE DAYANARA FERNANDA

**ASESOR:** Ph. D. CÉSAR ALONSO ZULETA PADILLA

IBARRA, DICIEMBRE - 2019



Ibarra, 13 de diciembre del 2019

Ph. D. César Alonso Zuleta  
ASESOR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Ambientales y Agrícolas (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f.):

Ph. D. CÉSAR ALONSO ZULETA PADILLA  
C.C.: 1001037546



## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): ..... 

Ph. D. César Alonso Zuleta Padilla

C.C.: 1001037546

(f): ..... 

Mgs Diego Leopoldo Mejía Romo

C.C.: 1001912961

(f): ..... 

Phd. D. Tomás Zaragoza García

C.C.: 0009900151



## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Dayanara Fernanda Chulde Llive, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 13 de diciembre del 2019

f): 

Dayanara Fernanda Chulde Llive  
C.C.:0401883095



## AUTORÍA

Yo, Dayanara Fernanda Chulde Llive portador de la cédula de ciudadanía N° 0401883095, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del (los) autor (es), y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): .....

Dayanara Fernanda Chulde Llive

C.C.: 0401883095



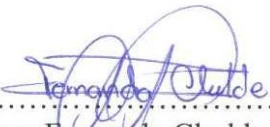
## DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Dayanara Fernanda Chulde Llive, con CC: 0401883095, autor del trabajo de grado titulado: “EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE CAUSADA POR LAS EMISIONES DE GASES PRODUCIDA POR LA CIRCULACIÓN VEHICULAR, EN LA CIUDAD DE SAN GABRIEL, PROVINCIA DEL CARCHI”, previo a la obtención del título profesional de Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 13 de diciembre del 2019

(f.).....  
Dayanara Fernanda Chulde Llive  
C.C. 0401883095



**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACION,  
DESARROLLO Y EVALUACION DE TRABAJOS DE TITULACION**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación del Proyecto de Titulación: “Evaluación de la contaminación del aire causada por las emisiones de gases producida por la circulación vehicular, en la ciudad de San Gabriel, provincia del Carchi” lo propuesto en el Código de Ética de la Investigación y el Aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 24 de enero de 2019. Ibarra,

13 de diciembre del 2019

(f.).....

Dayanara Fernanda Chulde Llive

C.C.: 040188309-5



## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importa de mi formación profesional.*

*A mi hijo Elian Fernando, que es la razón de mi vida el tesoro más grande que Dios me regalo y el motivo para salir y continuar adelante.*

*A mis padres Mariana y Fernando que se sacrificaron en post de mi bienestar, guiaron mis pasos con mucho amor, me enseñaron a continuar luchando para vencer los obstáculos, sin perder la esperanza de conseguir las metas propuesta, a pesar de los tropiezos y dificultades que se han presentado en este difícil sendero de mi vida.*

*A mis hermanas y sobrinas que con risas y llantos siempre estuvieron conmigo.*

*Y de manera en especial a mi mami Mary el pilar fundamental de mi vida, por su fe, perseverancia y confianza que deposito en mí, ¡Lo logramos mami ¡*



## **AGRADECIMIENTO**

*Este trabajo de tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente participaron distintas personas opinando, corrigiendo, teniendo paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.*

*Es por esto que, agradezco a Dios y La Virgen Santísima, por estar siempre conmigo en cada paso, por fortalecerme la fe, el amor y la esperanza e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino personas que han sido mi soporte y compañía durante mis estudios.*

*Gracias a mis padres, todo esto nunca hubiese sido posible sin el apoyo incondicional y el amor de ellos por estar en los montos buenos y no tan buenos, por darme la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, por haberme enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada. Que a pesar de la distancia siempre estuvieron a mi lado y por promover el desarrollo y la unión familiar en esta nuestra familia.*

*A Belén por ser mi hermanita, porque en medio de alegrías y tristezas estuvo junto a mí apoyándome y ayudándome en los momentos más importantes y necesarios de este trabajo.*

*Mi sincero agradecimiento a todos mis profesores que de una u otra manera su ayuda incondicional para este mi trabajo y de manera especialmente para el Dr. Ph D. César Alonso Zuleta, asesor de tesis y principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y cooperación permitió el desarrollo de esta investigación.*

*A mis amigos, a mis amigas (Bebes) y compañeros gracias por la amistad que me han brindado desde que nos conocimos, por los momentos que pasamos juntos, y por el gran apoyo humano y el de sus conocimientos para esta investigación.*

*A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

TEMA: .....	I
CERTIFICA.....	II
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	III
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS .....	IV
AUTORÍA .....	V
DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN.....	VI
DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACION, DESARROLLO Y EVALUACION DE TRABAJOS DE TITULACION.....	VII
DEDICATORIA .....	VIII
AGRADECIMIENTO .....	IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	I
1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	1
2. ABSTRACT .....	2
3. INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	4
3.1 Objetivo General:.....	4
3.2 Objetivos Específicos: .....	4
4. ESTADO DEL ARTE .....	6
4.1 Contaminación Ambiental. ....	6
4.2 Estratificación Vertical de la Atmósfera.....	6
4.3 Contaminación del Aire .....	7
4.3.1 Contaminación debido a fuentes móviles .....	8

4.3.2	El parque automotor .....	9
4.3.3	El transporte público. ....	9
4.3.4	Vehículos motores a gasolina.....	10
4.3.5	Vehículos motores a diesel.....	11
4.4	Opacidad .....	13
4.5	Clasificación de los contaminantes del aire .....	14
4.6.	Características, contaminantes y fuentes de origen. ....	14
4.7	Efectos en la salud y el medio ambiente.....	17
4.8	SOFTWARES.....	18
4.8.1	Modelo AERMOD_SCREEN VIEW .....	18
4.8.2	WRPLOT VIEW 7.0.0.....	20
4.8.3	NOAA – Air Resources Laboratory-Hysplit.....	20
4.9	Estudios de contaminación del aire alrededor del mundo. ....	23
4.9.1	China .....	23
4.9.2	Chile .....	24
4.9.3	Budapest.....	26
4.9.4	México.....	29
4.9.5	Colombia.....	30
5	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
5.1	Materiales.....	31
5.2	Métodos .....	32
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
7.	CONCLUSIONES .....	91
8.	RECOMENDACIONES.....	92

9. BIBLIOGRAFÍA .....	93
10. ANEXOS .....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categoría de Buses .....	25
Tabla 2 Rangos oficiales de la calidad de aire de Budapest .....	28
Tabla 3 Clasificación de los primeros nueve puntos .....	40
Tabla 4 Clasificación de los segundos 10 puntos. ....	40
Tabla 5 Clasificación de los terceros 5 puntos .....	41
Tabla 6 Formato de recepción de datos para las mediciones.....	42
Tabla 7 Formato de recolección de datos para los días sábados.....	45
Tabla 8 Promedios acumulativos estimados por zona de estudio, en las tomas de los días de la semana. ....	47
Tabla 9 Promedios acumulativos estimados por zona de estudio en las tomas de días sábados. ....	47
Tabla 10 Opacidad de los buses de la Cooperativa TransMontúfar .....	49
Tabla 11 Opacidad de los buses de la Cooperativa Urbamingueros.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa calidad del aire en tiempo real de Budapest.....	27
Figura 2. Calibración del equipo de espectrofotometría de absorción atómica.....	33
Figura 3. Mapa del Área de Estudio. ....	36
Figura 4. Puntos de ubicación de mediciones por zonas. ....	39
Figura 5. Muestreadores preparados para la recolección.....	51
Figura 6. Cuantificación de plomo, metal pesado presente en el material particulado .....	52
Figura 7. Software Screen View .....	54
Figura 8. Primera ventana del software Screen View.....	55
Figura 9. Parámetros de fuente puntual .....	56
Figura 10. Segunda ventana del software Screen View.....	57
Figura 11. Ventana de distancias automáticas .....	57
Figura 12. Gráfica resultante para la distribución lineal de contaminante CO.....	58
Figura 13. Plataforma de Hysplit.....	59
Figura 14. Tipo de lanzamiento, meteorología y lugar de inicio .....	60
Figura 15. Archivo de meteorología y otra información de configuración .....	61
Figura 16. Destalles del modelo de ejecución .....	62
Figura 17. Detalles del modelo de ejecución, segunda parte.....	63
Figura 18. Gráfica resultante de la dispersión de contaminantes con el software HYSPLIT...	64

Figura 19. Documento resultante que nos ofrece la plataforma de hysplit.....	65
Figura 20. Sección de partículas .....	66
Figura 21. WRPLOT View .....	67
Figura 22. Herramientas .....	68
Figura 23. Importar Datos desde Excel .....	69
Figura 24. Información de la estación .....	70
Figura 25. Rosa de vientos resultante .....	71
Figura 26. ¿Qué tan importante es cuidar el medio ambiente?.....	73
Figura 27. ¿Piensa Ud. que la contaminación del aire afecta a la salud del ser humano?.....	73
Figura 28. ¿Cuán contaminada cree Ud que está la ciudad de San Gabriel?.....	74
Figura 29. ¿Cuáles son los agentes que causan la contaminación del aire? .....	74
Figura 30. ¿Cree Ud. que el transporte afecta a la contaminación del aire?.....	75
Figura 31. ¿ Cree Ud. que el Monóxido de Carbono afecta a la salud de las personas ? .....	75
Figura 32.. ¿Cree Ud. que los Óxidos de Nitrógeno afectan a la salud de las personas? .....	76
Figura 33. ¿Cree que el material particulado está presente en el ambiente? .....	76
Figura 34. ¿Piensa que el material particulado afecta a la salud de las personas? .....	77
Figura 35. ¿Cree Ud. que las enfermedades respiratorias están asociadas con la contaminación del aire? .....	77
Figura 36. ¿Cuál de estas enfermedades ha sufrido? .....	78

Figura 37. Porcentaje de la enfermedad de Faringitis .....	78
Figura 38. Porcentaje de la enfermedad de Neumonía .....	79
Figura 39. Porcentaje de la enfermedad de Amigdalitis.....	79
Figura 40. ¿Cree usted que es necesario capacitar a los conductores acerca de la contaminación al aire causada por el parque automotor? .....	80
Figura 41. ¿Qué días piensa Ud. que es mayor la contaminación? .....	80
Figura 42. ¿Cuál de las partes del día, cree Ud. que existe mayor contaminación? .....	81
Figura 43. ¿Cuál de las condiciones atmosféricas impide la dispersión de la contaminación? .....	81
Figura 44. ¿En cuál de los zonas seleccionados, cree que la contaminación es mayor? .....	82
Figura 45. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias? .....	85
Figura 46. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?.....	86
Figura 47. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema? .....	86
Figura 48. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado? .....	87
Figura 49 . ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión? .....	88
Figura 50. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad? .....	88
Figura 51. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?.....	89

Figura 52. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?.....89

Figura 53. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron? .....90

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Glosario de términos .....	100
Anexo 2. Puntos identificados en las rutas pertenecientes de las cooperativas de transporte urbano de la ciudad de San Gabriel. ....	102
Anexo 3. Promedios para la simulación de dispersión lineal de contaminantes del software Screen View .....	104
Anexo 4. Resultados obtenidos para la simulación de la dispersión lineal con el software Screen.....	105
Anexo 5. Mapas obtenidos por el software HYSPLIT .....	111
Anexo 6. Resultados obtenidos para el software WRPLOT View .....	129
Anexo 7. Imágenes de las mediciones .....	131
Anexo 8. Tomas de las pruebas de Opacidad .....	131
Anexo 9. Equipos Utilizados para la Medición de datos. ....	132
Anexo 10. Fotografías de Socialización .....	134
Anexo 11. Encuesta aplicada en la socialización de resultados del proyecto de investigación. ....	137
Anexo 12. Registro de asistentes a la socialización de resultados del proyecto de investigación. ....	138

## 1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

En la presente investigación de la contaminación del aire en la ciudad de San Gabriel, provincia del Carchi se analizó el nivel de cantidad de agentes contaminantes Monóxido de Carbono, (CO), Óxidos de Nitrógenos (NOx) y Material Particulado inferior a 10 micrómetros de diámetro (PM10). Estos agentes fueron evaluados en la fase gaseosa, utilizando los equipos del laboratorio de la PUCESI. En el monitoreo de los contaminantes, los resultados demuestran que no se presentan problemas significativos de contaminación por ellos, ya que las concentraciones tienden a encontrarse por debajo de los niveles permisibles de los valores que establece el Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. También se analizó el PM10 en la fase particulada utilizando un tipo de monitoreo pasivo con muestreadores caseros, adaptados para la obtención de material particulado y en él encontrar la presencia de plomo como metal pesado. Para el análisis de este se utilizó el equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica SensAA de los laboratorios de la Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra. Los resultados del análisis mostraron que este contaminante está dentro del máximo permisible, para ello se utiliza bibliografía de, Environmental Protección Agency (EPA) de EE.UU.". En el análisis de la dispersión de contaminantes estudiados por zona norte, zona centro y zona sur, se hizo uso del software Screen View, HYSPLIT y WRPLOT View. Los resultados de esta dispersión expresaron que a mayor distancia la cantidad de contaminantes disminuye significativamente. Se ejecutó una correlación cualitativa social con la realización de una encuesta a la ciudadanía relacionando los agentes contaminantes con las enfermedades posiblemente causadas por la contaminación del aire. Los resultados indicaron que el 18 % sufre Faringitis, el 33% de Neumonía, el 41% de Amigdalitis y un 8% no sufre ninguna enfermedad. Es necesario acotar que las afectaciones a la salud se dan por múltiples causas ya que las afectaciones a la salud por la contaminación del aire se dan de manera acumulativa a mediano y largo plazo.

**Palabras Clave:** Contaminación, Material Particulado, Dispersión, Salud Humana

## 2. ABSTRACT

In the present investigation of air pollution in the city of San Gabriel, province of Carchi, the level of quantity of pollutants Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Oxides (NO<sub>x</sub>) and Particulate Material is less than 10 micrometers of diameter (PM<sub>10</sub>). These agents were evaluated in the gas phase, using the equipment of the PUCESI laboratory. The results of the monitoring of pollutants show that there are no significant problems of contamination produced by them, since the concentrations tend to be below the permissible levels of the values established in Annex 4 of Book VI of the Unified Text of Legislation Secondary of the Ministry of Environment. PM<sub>10</sub> was also analyzed in the particulate phase using a type of passive monitoring with homemade samplers, adapted for obtaining particulate material and finding the presence of lead as a heavy metal. For the analysis of this, the SensAA Atomic Absorption Spectrophotometer equipment from the laboratories of the Catholic University of Ecuador, Ibarra headquarters was used. The results of the analysis showed that the concentration of this pollutant is within the maximum permissible, using the bibliography of the US Environmental Protection Agency (EPA). In the analysis of the dispersion of pollutants studied by north zone, central zone and the southern zone, Screen View, HYSPLIT and Wrplot View software was used. The results of this dispersion expressed that the amount of pollutants decreases significantly when increasing the distance. A qualitative social correlation was executed with the conduct of a citizenship survey relating the pollutants with diseases possibly caused by air pollution. The results indicated that 18% of the persons suffers from pharyngitis, 33% from pneumonia, 41% from tonsillitis and 8% does not suffer from any disease. The affectations of the health are caused by multiple causes since health effects from air pollution occur cumulatively in the medium and long term.

**Keywords:** Pollution, Particulate Material, Dispersion, Human Health

### 3. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de San Gabriel, perteneciente al Cantón Montufar, Provincia del Carchi, la contaminación ambiental producida por gases emitidos de la combustión de motores a diésel utilizados principalmente por el transporte público urbano ha llegado a convertirse en una problemática que probablemente está causando afectaciones a la salud y al ambiente que lo rodea.

La existencia de transporte urbano público constituye una fuente de contaminación al aire en la ciudad, cada compañía de transporte urbano existente cumple las rutas establecidas, en el tiempo determinado y con paradas también ya señaladas. La situación empeora debido a que, con la nueva distribución de las rutas, los autobuses generan más puntos de encuentro y cruzamiento entre las líneas de buses que en los años anteriores.

El parque automotor ha crecido de forma rápida y masiva en todos los lugares del planeta debido al gran aumento de población, probablemente causando un incremento en los problemas de contaminación atmosférica. De acuerdo con la OMS, las partículas que emiten los motores diésel se encuentran en el grado 1 de peligrosidad, demostrando que provocan cáncer pulmonar en primera instancia, aunque también de laringe, páncreas, vejiga y riñón. Patologías cardiovasculares: por su pequeño tamaño, las partículas pueden llegar hasta los vasos sanguíneos, lo que puede provocar infartos, ictus cerebral. Mucosidad: ante la presencia de suciedad, el cuerpo se defiende generando mucosidad en las vías respiratorias, tanto en la nariz como en la garganta, en niños puede provocar asma, los ojos pueden sufrir enrojecimientos por la acumulación de suciedad. La contaminación puede provocar diversos malestares como dolor de cabeza, mareos, comezón en los ojos, dolores estomacales o somnolencia (Silva, 2018).

Por otra parte, el impacto ambiental generado por los gases tóxicos que expulsan los motores de los autobuses generan contaminación a la naturaleza, al emitir partículas de ozono que caen sobre cultivos, áreas verdes y al campo, las plantas tienen una especial sensibilidad a la mayor parte de los contaminantes que se encuentran suspendidos en el aire.

El crecimiento demográfico acelerado en las ciudades ha incrementado la demanda de transporte creando un impacto de movilidad y espacio en el ambiente. La ciudad de San Gabriel recibe a propios y extraños, ya sea de manera permanente o como visitantes, debido a que es un lugar de gran diversidad de paisajes naturales, riqueza gastronómica y se realizan infinidad de actividades recreativas, culturales es un lugar de gran afluencia de personas conllevando a una gran afluencia de circulación vehicular.

Esta investigación será realizada con la finalidad de evaluar la contaminación atmosférica producida por los gases que emanan los autobuses de motor a diésel, tomando como referencia dos líneas de buses de transporte urbano público, con sus respectivas rutas de recorrido. Las dos empresas de transporte son: Trans Montúfar y Urbamingueros.

## **OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo General:**

Evaluar la contaminación atmosférica generada por las emisiones producidas por la circulación vehicular a diésel en la ciudad de San Gabriel mediante la aplicación de un modelo de dispersión atmosférica.

### **3.2 Objetivos Específicos:**

1. Medir los gases CO, NO<sub>x</sub> y Material Particulado, que se producen en la combustión, en los puntos donde se genera mayor contaminación producida por los autobuses de transporte urbano.
2. Cuantificar la cantidad de metales pesados en el material particulado presente en el aire – ambiente, por medio del método de espectrofotometría.
3. Aplicar un modelo de contaminación del aire para conocer la dispersión espacial y temporal de los contaminantes, relacionando con los factores meteorológicos que inciden en el lugar de estudio.

4. Correlacionar información de la dispersión de la contaminación al aire, los datos obtenidos de metales pesados y los posibles efectos a la salud, relacionados con los agentes contaminantes. (enfermedades respiratorias, cardiovasculares y otras)
5. Socializar con el GAD Municipal de San Gabriel.

**Pregunta Directriz:** La contaminación emitida por el transporte de los autobuses urbanos de la ciudad de San Gabriel produce efectos hacia la salud de sus habitantes.

El desarrollo de este trabajo de investigación viene por la necesidad de evaluar las causas y consecuencias que conllevan los gases tóxicos presentes en el aire de la ciudad de San Gabriel, tomando en consideración que no se han realizado estudios de este problema ambiental y teniendo como objetivo principal evaluar la situación actual para que con los resultados a obtenerse se trate de mitigar dichas afectaciones a la salud y al ambiente. De esta forma, se podrá evaluar los impactos causados por los gases en estudio, producidos por el tránsito vehicular. Con los resultados obtenidos, se podrá revalidar la necesidad de realizar controles de los niveles de contaminación, teniendo como objetivo final el establecer acciones relacionadas a la contaminación del aire y el producto final será entregado al GAD Municipal del Cantón Montufar, ciudad de San Gabriel Provincia del Carchi.

## **4. ESTADO DEL ARTE**

### **4.1 Contaminación Ambiental.**

La contaminación ambiental es una alteración negativa en las características físicas, químicas y biológicas del aire, tierra y agua, dando paso a la presencia de efectos nocivos al equilibrio de los seres vivos, a sus procesos vitales, a las condiciones de vida y al deterioro de los recursos naturales (Orden, 2013).

La contaminación es considerada como uno de los principales conflictos ambientales, principalmente en las zonas urbanas, debido a un alto nivel de expansión poblacional que conlleva a un incremento del parque automotor generando una dependencia elevada a cualquier medio de transporte, así también un desarrollo industrial elevado (Ministerio del Ambiente del Ecuador , s.f).

### **4.2 Estratificación Vertical de la Atmósfera**

#### **Troposfera**

Es la capa de la atmósfera que está en contacto con la superficie de la Tierra, en esta capa ocurren todos los fenómenos meteorológicos que influyen en los seres vivos, como los vientos, la lluvia, y los huracanes. En la troposfera, el aire alcanza su máxima densidad ya que aquí se concentra la mayor parte del oxígeno y del vapor de agua. En particular este último actúa como un regulador térmico del planeta; sin él, las diferencias térmicas entre el día y la noche serían tan grandes que no podríamos sobrevivir. Esta capa llega hasta un límite superior situado a 9 Km de altura en los polos y los 18 km en el ecuador. Esta altura varía en función de la estación del año, más alta en verano y mucho más estrecha en invierno. El significado de esta capa se denomina región de mezclas y recibe este nombre debido a las vigorosas corrientes de aire que ocurren dentro de ella. (Calvo-Flores F. , 2013)

## **Estratósfera**

Esta capa ocupa el espacio comprendido entre la tropopausa, hasta aproximadamente los 50 km. La estratósfera está dividida en dos capas, la primera se caracteriza por ser isoterma, mientras que en la capa superior se produce un aumento de temperatura conforme aumenta la altura. Este aumento se debe a las reacciones exotérmicas en las que el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) que reaccionan absorbiendo la radiación ultravioleta de longitud de onda dañina para los seres vivos, por lo tanto, su actividad es indispensable para la vida en la tierra (Jiménez, 2013).

## **Mesósfera**

Capa situada entre los 60 y 85 km de altitud aproximadamente, entre la estratopausa y la mesopausa, presenta un comportamiento térmico semejante al de la tropósfera, disminuyendo con la altura. De igual manera se produce un descenso marcado en la temperatura (Thibaut, 2013).

## **Termósfera**

También denominada Ionósfera con una extensión entre los 90 y 1100 km de altura En esta capa la temperatura aumenta con la altura, donde existe la influencia de partículas electrizadas dando lugar a la presencia de capas ionizadas que tienen la propiedad de reflejar las ondas radio-eléctricas. En estos fenómenos se hace posible la recepción de estaciones emisoras en lugares donde, por causa de la curvatura de la tierra, no serían directamente perceptibles. (Carlomagno, 2016)

## **4.3 Contaminación del Aire**

La contaminación del aire es la presencia de sustancias ajenas al medio natural de la atmósfera, resultantes de actividades antrópicas y procesos naturales que se encuentran presentes en una concentración suficiente, en un tiempo determinado y bajo condiciones que alteran la salud y

bienestar de los seres vivos y del ambiente en general (Ministerio del Ambiente del Ecuador , 2015).

La contaminación del aire es uno de los riesgos graves en los países industrializados, ya que afecta negativamente a la salud humana y produce daños a los cultivos y los ecosistemas biofísicos. Las causas del problema se sitúan en el uso masivo de automóviles, las calefacciones de carbón, las industrias, las centrales térmicas, las incineradoras de basura y los aviones, entre las más destacables (Pardo, 2015).

#### **4.3.1 Contaminación debido a fuentes móviles**

Las emisiones causadas por el parque automotor son provenientes de la quema de combustible, salida y disposición de agentes contaminantes y comprenden a una serie de contaminantes tales como; monóxido y dióxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y material particulado, además de ciertos contaminantes presentes en el combustible como el azufre y, hasta hace algunos años, el plomo (Guía Metodológica para la estimación de emisiones vehiculares, 2007).

Estas emisiones se dividen en emisiones en caliente y emisiones en frío (ECE, 1999):

- Emisiones en caliente: ocurre cuando hay estabilidad térmica en la operación del motor (motor caliente).
- Emisiones de partida en frío: ocurre cuando el motor está en proceso de calentamiento, fase durante la cual el motor está alcanzando la temperatura para su funcionamiento óptimo.

El estado de mantenimiento del vehículo y los factores operativos, tanto como la velocidad de circulación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones paradas y arranques y las características del combustible como su contenido de azufre juegan un papel determinante en las emisiones por el escape. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017)

Los gases que son el resultado del proceso de combustión, se clasifican en dos categorías:

contaminantes y no contaminantes. El primero, ocasionando problemas en la salud y efectos dañinos en el medio ambiente. (Compañía Española de Petróleos S.A, 2018)

#### **4.3.2 El parque automotor**

Según Camino (2007), en las grandes áreas urbanas una de las principales fuentes de contaminación atmosférica está constituida por los vehículos automotores cuyo número ha ido aumentando en forma considerable en las últimas décadas y los principales contaminantes emanados por los vehículos automotores son: Monóxido de carbono (CO) Óxidos de nitrógenos (NOx), Hidrocarburos no quemados (HC). (p. 25)

Las proporciones en las que se emiten estos contaminantes varían dependiendo del tipo de motor que se utilice. Por ejemplo, los vehículos que emplean nafta como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxido de nitrógeno e hidrocarburos, en cambio los vehículos que utilizan motores de ciclo diésel, como lo son camiones y autobuses, emiten además de gases, material Particulado como por ejemplo el hollín (Ponce, 2007).

Las emisiones provenientes de la combustión en los vehículos generan una gran cantidad de contaminantes atmosféricos siendo el parque automotor y el avión los que un mayor grado de contaminación ocasionan. Para el caso específico de los autobuses, la magnitud de contaminación depende de la clase de combustible utilizado, del tipo de motor, el uso de catalizadores y la densidad del tráfico (Camino, 2007).

#### **4.3.3 El transporte público.**

Uno de los últimos estudios realizados en el Ecuador en la ciudad de Cuenca, relacionado con la contaminación ambiental por emisiones de los distintos medios de transporte, impulsado por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y la Agencia Francesa para el Desarrollo y Servicios Ambientales, evaluó la emisión de CO<sub>2</sub> en los vehículos de transporte urbano y particulares, señalando por medio de la huella de carbono que los niveles de contaminación más altos son emitidos desde el transporte público (buses) en un porcentaje del 55% (Torres, 2017).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en mayo del 2016, emite un informe donde señala que después de analizar 3000 ciudades a nivel de América Latina, el Ecuador presenta seis urbes que exceden en el nivel de contaminación ambiental, a causa del desprendimiento de compuestos nocivos tras la quema de combustibles fósiles, especialmente el diésel. Se recalca que uno de los principales factores de contaminación es el funcionamiento de buses, pues estos no cuentan con tecnología moderna, utilizando combustibles de baja calidad (Organización Mundial de la Salud, 2016).

#### **4.3.4 Vehículos motores a gasolina**

##### **La Gasolina**

Los motores a gasolina son sistemas termodinámicos formados por diversos mecanismos, como pistón, cilindro, válvulas de admisión y válvulas de escape, entre otras piezas fijas y móviles, cuya función principal es la de utilizar de forma efectiva y precisa la energía química del combustible y convertirla en trabajo mecánico que termine por generar movimiento en el automóvil. Todo este proceso se lleva a cabo, por lo general, en cuatro pasos o tiempos muy sencillos que desencadenarán explosiones del carburante para liberar energía y crear movimiento. Los motores de combustión, a diferencia de las máquinas de vapor y los motores eléctricos, no pueden proporcionar el par en parada y, por lo tanto, no arrancan por sí solos. Para que un motor de combustión comience su trabajo real, se debe iniciar una admisión y un ciclo de compresión (Montenegro, Universidad Internacional del Ecuador, 2018).

La gasolina es un producto obtenido en la destilación fraccionada del petróleo crudo (depende del crudo que se destile es una fracción única o una mezcla de diversas fracciones). Está formada de una mezcla de hidrocarburos de peso molecular no muy elevado.

La gasolina, formada por moléculas de carbono e hidrógeno normalmente tiene entre 7 y 11 átomos de carbón unidos a los átomos de hidrógeno. En el petróleo, los átomos de carbono se encuentran unidos por cadenas de diferentes longitudes; por lo que las moléculas con distintas longitudes presentan propiedades y comportamientos diversos. Debe ser volátil, para que queme

fácilmente y para mejorar el arranque en frío, pero no tanto, como para formar demasiados vapores con tiempo caluroso. Las gasolinas empleadas en motores de combustión interna, deben satisfacer diversos requerimientos tanto en su etapa de producción como en su posterior rendimiento vehicular (Murillo, 2005).

En el Ecuador por la Refinería de Esmeralda se conoce a tres tipos de gasolina, Súper, Extra y Eco.

#### **4.3.5 Vehículos motores a diésel**

El motor diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa que se produce por la auto-ignición del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la alta relación de compresión que posee, según el principio del ciclo diésel. Se diferencia del motor de gasolina en utilizar como combustible gasóleo/gasoil o aceites pesados derivados del petróleo, como también aceites naturales, como el aceite de girasol (de hecho el primer combustible utilizado en este motor fue el aceite de cacahuete), es muy eficiente en términos termodinámicos; los mejores y más desarrollados llegan a alcanzar un valor entre 45% y 55% de eficiencia, un valor muy elevado en relación a la casi totalidad de los motores de gasolina; es uno de los motores más usados desde su creación en diversas aplicaciones (Montenegro, Universidad Internaonal del Ecuador, 2018).

#### **El Diésel**

El diésel o también llamado gasóleo derivado del petróleo está compuesto aproximadamente de un 75% de hidrocarburos saturados (principalmente parafinas incluyendo isoparafinas y cicloparafinas) y un 25 % de hidrocarburos aromáticos (incluyendo naftalenos y alcalobencenos). La fórmula química general del gasóleo común es  $C_{12}H_{26}$ , incluyendo cantidades pequeñas de otros hidrocarburos cuyas fórmulas van desde  $C_{10}H_{22}$  a  $C_{15}H_{32}$  (Hernández, 2008).

Es un hidrocarburo líquido empleado como combustible de motores en combustión interna del tipo de ignición por compresión. Éste se obtiene tras un proceso de refinamiento de petróleo. El

diésel es aplicado en motores de baja y alta velocidad, en automotores de servicio pesado como tractores, buses, etc., los cuales presentan velocidades uniformes y cargas relativamente altas (Ministerio de Economía, Industria y Comercio - México, 1997).

La industria petrolífera a nivel mundial enfrenta una serie de retos y transformaciones derivada de los requerimientos de diversa índole en la industria del autotransporte: exigencias ambientales para mejorar la calidad en los combustibles (más limpios y económicos); creciente demanda de combustibles automotrices (hay más automóviles, autobuses y camiones en circulación), y el desarrollo de nuevas tecnologías en el control de emisiones vehiculares. Situación que reclama mejora y expansión de la infraestructura de producción y distribución de combustibles, desarrollo de combustibles que contribuyan a la reducción de emisiones contaminantes y búsqueda de combustibles alternativos para un mejor aprovechamiento energético. La utilización creciente de diésel en el autotransporte a nivel mundial es resultado de la convergencia de un conjunto de factores de índole diversa pero interrelacionados (Taboada Ibarra y Osnaya García, 2009).

### **Tipos de diésel**

**Gasóleo A:** Se estima como el de más calidad, empleado en vehículos de automoción. Su presentación es más refinada y presenta aditivos que evitan la solidificación de la parafina en bajas temperaturas, además aporta beneficios al vehículo relacionados a la reducción en el consumo del combustible y a la emisiones de contaminantes (Compañía Española de Petróleos S.A, 2018).

**Gasóleo B:** Es aplicado frecuentemente en maquinaria agrícola, embarcaciones y vehículos autorizados. Presenta menor cantidad de parafina que el gasóleo tipo A, por tal motivo es más susceptible a la salificación en temperaturas bajas. Su presentación es menos refinada, con un índice bajo de filtración, causando problemas a los motores de automóviles y motocicletas (Red Operativa de Desguaces Españoles , s.f).

**Gasóleo C:** Es el combustible más económico de los tres. Su función principal es generar calor, debido al alto nivel de impurezas que contiene y un elevado nivel de parafina, aportando un alto nivel calorífico (REPSOL, España, 2018).

En Ecuador en el mercado nacional se comercializa Diésel 1 (kérex), Diesel 2, y Diésel Premium (Agencia de Regularización y control Hidrocarburífero, 2005).

#### **4.4 Opacidad**

Una de las mayores fuentes de contaminación del aire proviene de la emisión por vehículos automotores. Para contrarrestarla, resulta necesaria la medición de opacidad como inspección técnica, ya que en ella se evalúan los gases contaminantes provenientes de los tubos de escape.

Para medir los niveles de emisión se utiliza un opacímetro de flujo parcial, instrumento diseñado para establecer lecturas de escala a partir de un método óptico. A través de una sonda incorporada, este aparato emite y registra rayos luminosos que atraviesan los residuos de combustión dentro del tubo de escape. Los valores de luminosidad que obtiene el experto con este aparato dependerán de la cantidad de compuesto de carbón y partículas en suspensión (Andrade, 2017).

Prueba de opacidad de humos vehículos diésel. Vehículos de motor equipados con motores de encendido por compresión (diésel). La medición de la opacidad de humos de los vehículos diésel se realiza mediante el método de aceleración libre. La sonda conectada al tubo de escape es la encargada de medir el coeficiente de absorción durante los ciclos de aceleración (Olivan, 2018).

Muchos cambios en los últimos meses. Lo más destacado es el acceso a los datos de la centralita mediante el puerto OBD del coche, e incluso, que si detectan que se han borrado códigos de error relacionados con el sistema de control de emisiones del vehículo, lo considerarán como defecto grave e inspección desfavorable (Olivan, 2018).

#### **4.5 Clasificación de los contaminantes del aire**

Según Jácome (2007), los contaminantes atmosféricos también se clasifican según su procedencia de la siguiente manera:

##### **Contaminantes Primarios**

Son los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Estas fuentes de emisión pueden ser fijas o móviles. Los contaminantes primarios emitidos por vehículos automotores, son entre otros: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), material particulado (MP) y plomo (Pb).

##### **Contaminantes Secundarios**

Son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera, es decir, no se pueden encontrar con la misma forma química en los focos emisores (Jacome, 2007).

Los contaminantes secundarios vinculados a las emisiones de vehículos son:

El  $\text{NO}_2$  que se forma por oxidación en el aire del óxido nítrico (NO), un contaminante gaseoso formado a altas temperaturas de combustión y liberado en los gases de escape (representa el 90% de los  $\text{NO}_x$ ).

El  $\text{O}_3$  se forma a partir de los  $\text{NO}_x$  y los HC reactivos en presencia de luz solar.

El  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ó  $\text{HNO}_3$  que se forman al reaccionar con el oxígeno y partículas del aire.

#### **4.6. Características, contaminantes y fuentes de origen.**

##### **Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )**

El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) son los únicos óxidos de nitrógeno en la atmósfera e introducidos por el hombre. El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno del aire urbano se producen a través de dos procesos consecutivos. En primer lugar, las altas

temperaturas alcanzadas en las combustiones provocan la combinación directa del oxígeno y el nitrógeno del aire para dar óxido nítrico (NO), y éste luego se oxida parcialmente a NO<sub>2</sub>. Por tanto, las instalaciones fijas de combustión, los vehículos de gasolina, y los motores diésel emiten óxidos de nitrógeno con proporciones variables de NO<sub>2</sub> y NO. Posteriormente, el NO introducido en la atmósfera urbana por las fuentes emisoras se oxida a NO<sub>2</sub>, principalmente por reacciones fotoquímicas. La principal fuente emisora de óxidos de nitrógeno a la atmósfera urbana son los vehículos (especialmente los motores diésel) y en menor medida instalaciones de combustión como las calefacciones (Consorci Sanitari de Barcelona, 2016).

### **Monóxido de Carbono (CO)**

El monóxido de carbono es un gas incoloro no irritante sin olor o sabor. Se le encuentra tanto en el aire puertitas adentro como al aire libre.

El monóxido de carbono se produce de la combustión incompleta del carbón. Es producido tanto por actividades humanas como por fuentes naturales. La fuente humana más importante de monóxido de carbono es el tubo de escape de automóviles. Se convierte en dióxido de carbono. Cuando el monóxido de carbono es liberado al ambiente, pasa al aire y permanece en la atmósfera por un promedio de aproximadamente 2 meses. Eventualmente, el monóxido de carbono reacciona con otros compuestos en la atmósfera y se convierte en dióxido de carbono. Los microorganismos que se encuentran en el suelo y el agua también pueden convertir al monóxido de carbono en dióxido de carbono.

Todo el mundo está expuesto a cantidades variables de monóxido de carbono en el aire que se inhala. Generalmente se encuentran niveles más altos en lugares y horas del día con alto tráfico de vehículos. Usted puede estar expuesto a monóxido de carbono en el humo de cigarrillo si fuma o en humo de segunda mano. Usted puede estar expuesto a monóxido de carbono si usa aparatos a gas o cocinas que queman madera y chimeneas. En situaciones de emergencia en las que falla el suministro de electricidad, el uso de un generador o el uso de parrillas a gas o a carbón en el interior de una vivienda sin ventilación adecuada puede producir niveles de monóxido de carbono peligrosos (Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU., 2012).

## **Plomo (Pb)**

El plomo es metal pesado, sólido, que queda en suspensión con las partículas, tóxico en altas concentraciones, se vuelve un indicador de la cantidad de tránsito (vehículos ligeros a gasolina). La población está expuesta al plomo por la ingestión de alimentos y líquidos contaminados, por inhalación de humos y polvos (la vía de absorción más importante) y por la absorción por vía dérmica (piel indemne) en el caso particular de los compuestos orgánicos. Los niños pueden ingerirlo además por su presencia en otros materiales, como es el caso de pinturas con contenido de plomo utilizadas en el recubrimiento de inmuebles. Las principales vías de absorción de compuestos de plomo son la inhalación y la ingestión. Casi el 40% de los vapores de óxido de plomo inhalados se absorben a través del aparato respiratorio. La absorción del polvo de plomo depende del tamaño (menores a 5 micras) y solubilidad de las partículas y del volumen/minuto respiratorio (Sindicato Médico del Uruguay, 2017).

## **Material Particulado (MP)**

El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diésel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos. Según la normatividad colombiana, el MP no sedimenta en períodos cortos, sino que permanece suspendido en el aire debido a su tamaño y densidad (Resolución 610 de 2010) (MAVDT, 2010).

Estas partículas en suspensión (MP) son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos. Debido a que son de tamaño, forma y composición variada, para su identificación se han clasificado en términos de su diámetro aerodinámico que corresponde al diámetro de una esfera uniforme en unidad de densidad que alcanza la misma velocidad terminal de asentamiento que la partícula de interés y que está determinado por la forma y densidad de la partícula. De acuerdo a esto, pueden ser clasificadas como finas y gruesas (Suárez, 2012).

#### **4.7 Efectos en la salud y el medio ambiente.**

Según APHEIS (2016), la contaminación atmosférica se define como la presencia en la atmósfera de elementos contaminantes que alteran su composición y que afectan a cualquier componente del ecosistema. Desde un punto de vista antropocéntrico, la contaminación atmosférica se refiere a los contaminantes que afectan la salud o el bienestar humano. (p. 19)

La contaminación atmosférica provoca alrededor de siete millones de muertes anuales en todo el mundo. El crecimiento y concentración de la población en las ciudades así como el modo en el que se consume energía en las mismas a través del transporte o sistemas de calefacción y aire acondicionado, entre otros, conlleva la emisión de grandes cantidades de gases perjudiciales para la salud (Fernández, 2017).

Un contaminante atmosférico es cualquier sustancia (química o biológica) que al agregarse al aire puede modificar sus características naturales. Además de los contaminantes atmosféricos, los contaminantes del ambiente incluyen también a todo aquello que altere sus características naturales, como el calor, la radiactividad y el ruido.

Los efectos de estos contaminantes en la salud se conocen parcialmente, las partículas finas pueden ser más tóxicas que las grandes (Mauderly, 1996). Se han realizado varios estudios sobre sus efectos en el aparato respiratorio, pero aún se sabe poco acerca de sus consecuencias sobre la función cardiovascular. La evidencia señala que pueden afectar la función respiratoria y ser un vehículo para sustancias tóxicas (Utell, 1993).

Según Calvo y Flores (2013), menciona que se pueden producir los siguientes efectos debido a la exposición al CO:

- Dolor de cabeza, mareo, sensación de desvanecimiento y cansancio.
- A niveles más altos la exposición al monóxido de carbono puede causar somnolencia, alucinaciones, convulsiones y pérdida de conocimiento y también cambios en la memoria y en la personalidad, confusión mental y pérdida de visión.
- Cuando se respira en niveles elevados puede provocar la muerte, ya que disminuye

la cantidad de oxígeno disponible para las células, lo cual dificulta la función celular.

## **4.8 SOFTWARES**

### **4.8.1 Modelo AERMOD\_SCREEN VIEW**

AERMOD es un modelo Gaussiano de pluma en estado estacionario que simula la dispersión de los contaminantes en el aire y su deposición; realiza sus cálculos tomando en cuenta las características del terreno y la presencia de edificios cercanos a la fuente de emisión, los cuales pueden afectar la dispersión de la pluma; usa datos del clima de la capa superior atmosférica. Es un modelo regulatorio de la EPA de Estados Unidos y es considerado como el modelo de última generación (Modelos Ambientales, 2019).

El modelo AERMOD EPA USA consiste en determinar la distribución de contaminantes en una pluma de manera horizontal y vertical siguiendo un comportamiento de tipo normal denominado distribución de Gauss (U.S. EPA Environmental Protection Agency, 2004). Se incorporan algoritmos de dispersión para considerar las diferencias de cotas del terreno en el dominio terreno complejo. Para su funcionamiento el modelo debe ser alimentado por tres fuentes de información: un archivo de entrada de flujos y datos de las fuentes, un archivo meteorológico, y un archivo de topografía digital.

#### **Descripción de funcionamiento**

Los modelos permiten determinar cuantitativamente la concentración de contaminantes emitidos por una fuente fija, usando para esto, representaciones numéricas y condiciones físicas que permiten simular el comportamiento de los gases y partículas en sus fases de transporte y difusión en la atmósfera. En este caso utilizaremos el modelo matemático de la distribución de Gauss. Los modelos de dispersión de contaminantes utilizan de forma general las ecuaciones de la termodinámica e hidrodinámica para complementarse en las llamadas ecuaciones hidrotérmodinámicas.

**Para el cálculo de trayectorias se utilizan los modelos mezclados de Gauss – Lagrange:**

Los modelos lagrangianos se basan en la idea de que las partículas contaminantes en la atmósfera se mueven a lo largo de las trayectorias determinadas por el campo del viento, la flotabilidad y los efectos de la turbulencia. Calcular estas trayectorias significa una Ecuación Diferencial Ordinaria (EDO). La distribución final de muchas partículas da una estimación estocástica del campo de concentración. Los modelos estiman a la partícula como una sola derivada y la distribución final de numerosas partículas se utiliza para estimar los campos de concentración (modelos de trayectoria), o supone una dispersión gaussiana dentro de cada partícula y el campo de concentración final se da como una superposición (González, 2013).

Para realizar los cálculos de dispersión de contaminantes en la atmósfera, se aplica la ecuación diferencial parcial de la turbulencia

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -v\nabla c + S_c + \nabla_h(K_h\nabla_h c) + \frac{\partial}{\partial z}K_s\frac{\partial c}{\partial z}$$

Que puede ser solucionada por diferentes métodos numéricos.

Asumiendo un flujo homogéneo, de estado estable, y un punto de fijo de estado estable, la ecuación anterior puede ser integrada analíticamente y su resultado es la bien conocida distribución de pluma de Gauss

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left(\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right)$$

Dónde:

- C es la concentración en la posición dada,
- Q es la fuente
- x es el viento a favor (eje de las x)
- y es el viento de costado
- z es la dirección vertical
- u es la velocidad del viento en la altura h

- Las desviaciones  $\sigma_y, \sigma_z$  describen el viento de costado y la mezcla vertical de los contaminantes que son el resultado de los valores  $K_h \nabla_z$  de la ecuación de la turbulencia.

La ecuación de Gauss describe el proceso de mezcla resultado de la distribución de la concentración de Gauss, tanto en la dirección de viento de costado como de la dirección del viento vertical, centrada en la línea del viento a favor.

El último término de la ecuación muestra la reflexión total del suelo.

Los parámetros que se toman en cuenta en un modelo gaussiano van desde la advección, la difusión turbulenta horizontal y vertical, reflexión del suelo, reflexión desde la capa de inversión, el tamaño de la fuente, el valor efectivo de la fuente, puntos de fuente múltiple (Lagzi, 2013).

Hay que tomar en cuenta que esta ecuación no considera ni la deposición seca ni la húmeda, tampoco reacciones químicas.

#### **4.8.2 WRPLOT VIEW 7.0.0**

WRPLOT View es un programa totalmente operativo de rosa de los vientos para sus datos meteorológicos. Proporciona gráficos de rosa de los vientos, análisis de frecuencia y gráficos de varios formatos de datos meteorológicos. Una rosa de los vientos representa la frecuencia de ocurrencia de vientos en cada uno de los sectores de dirección del viento y las clases de velocidad del viento especificados para una ubicación y un período de tiempo determinados (Lakes Environmental , 1995).

#### **4.8.3 NOAA – Air Resources Laboratory-Hysplit**

ARL desarrolla y mejora la dispersión atmosférica y los modelos de química del aire; recopila mediciones atmosféricas y de deposición de grado de investigación de determinados parámetros de química del aire; estudia la capa límite atmosférica mediante la recopilación y el análisis de datos esenciales de las condiciones meteorológicas y climáticas en la superficie y cerca de la

superficie y proporciona mediciones de alta calidad y grado de referencia de parámetros climáticos críticos

El modelo HYSPLIT es un sistema completo para calcular trayectorias de paquetes de aire simples, así como simulaciones complejas de transporte, dispersión, transformación química y deposición. HYSPLIT sigue siendo uno de los modelos de dispersión y transporte atmosférico más utilizados en la comunidad de las ciencias atmosféricas. Una aplicación común es un análisis de trayectoria posterior para determinar el origen de las masas de aire y establecer relaciones fuente-receptor. HYSPLIT también se ha utilizado en una variedad de simulaciones que describen el transporte atmosférico, la dispersión y la deposición de contaminantes y materiales peligrosos. Algunos ejemplos de las aplicaciones incluyen el seguimiento y la previsión de la liberación de material radiactivo, humo de incendios forestales, polvo arrastrado por el viento, contaminante de diversas fuentes de emisión estacionarias y móviles, alérgenos y cenizas volcánicas.

El método de cálculo del modelo es un híbrido entre el enfoque Lagrangiano, que utiliza un marco de referencia móvil para los cálculos de advección y difusión a medida que las trayectorias o los paquetes de aire se mueven desde su ubicación inicial, y la metodología Euleriana, que utiliza una cuadrícula tridimensional fija como un marco de referencia para calcular las concentraciones de aire en el contaminante (el nombre del modelo, que ya no significa un acrónimo, reflejó originalmente este enfoque computacional híbrido). HYSPLIT ha evolucionado durante más de 30 años, desde la estimación de trayectorias simples simplificadas basadas en observaciones de radiosondas hasta un sistema que contabiliza múltiples contaminantes que interactúan, se transportan, dispersan y depositan en escalas locales y globales.

La dispersión de un contaminante se calcula asumiendo una dispersión de partículas o de hojaldre. En el modelo de bocanada, las bocanadas se expanden hasta que exceden el tamaño de la celda de la cuadrícula meteorológica (ya sea horizontal o verticalmente) y luego se dividen en varias bocanadas nuevas, cada una con su parte de la masa contaminante. En el modelo de partículas, un campo fijo de viento advierte sobre el dominio del modelo un número fijo de

partículas y se dispersa por un componente turbulento. La configuración predeterminada del modelo asume una distribución de partículas tridimensional (horizontal y vertical).

El modelo se puede ejecutar de forma interactiva en la Web a través del sistema ARL READY, o el código ejecutable y los datos meteorológicos se pueden descargar a una PC con Windows o Mac. La versión web se ha configurado con algunas limitaciones para evitar la saturación computacional del servidor web ARL. La versión para PC registrada está completa sin restricciones computacionales, excepto que los usuarios deben obtener sus propios archivos de datos meteorológicos. La versión no registrada es idéntica a la versión registrada, excepto que las concentraciones de penachos no se pueden calcular con los archivos de datos de meteorología de pronóstico. El modelo de sólo trayectoria no tiene restricciones, y las trayectorias de previsión o archivo se pueden calcular con cualquiera de las dos versiones (Air Resource Laboratory, 2019).

### **Descripción del funcionamiento**

Descripción Lagrangiana.

Según Jiménez S (2015), se usa cuando el observador estudia una partícula siguiéndola a través de su movimiento en el flujo. Este enfoque es ampliamente usado en la mecánica de partículas y/o cuerpos indeformables, siendo que los principios básicos de la mecánica fueron establecidos con este enfoque. (p. 31)

Se trata de identificar una pequeña masa de fluido en un flujo, denominada “partícula fluida”, y describir el movimiento todo el tiempo.

Como la partícula está en movimiento su posición es una función del tiempo, y por consiguiente cada una de sus coordenadas es una función de posición:

$$x=x(t); y=y(t); z=z(t)$$

A lo largo del seguimiento de las partículas,  $(x, y, z)$  no son coordenadas fijas, sino que cambian con respecto al tiempo.

Una vez posicionada la partícula en el espacio en un instante dado se puede indicar su velocidad en ese punto en ese instante. La velocidad del fluido se obtiene al derivar la función posición con respecto al tiempo, y queda:

$$v(t) = \frac{dr(t)}{dt} = \frac{dx}{dt} \hat{i} + \frac{dy}{dt} \hat{j} + \frac{dz}{dt} \hat{k}$$

$$v(t) = u\hat{i} + v\hat{j} + w\hat{k}$$

Dónde:

$u$ ,  $v$ , y  $w$  son las velocidades componentes en sus respectivas direcciones de coordenadas.

Las variables independientes son la identidad de la partícula y el tiempo. Esto representa solo una partícula. Para obtener una descripción más completa y general del movimiento del fluido en algún campo, se tendría que tener disponible las trayectorias de muchas partículas de fluido.

Una descripción Lagrangiana es atractiva si se trata de un número de partículas pequeño. Si todas las partículas se mueven como un sólido rígido o si todas las partículas se desplazan solamente un poco de su posición inicial o su posición de equilibrio. Sin embargo, en un fluido en movimiento, identificar y seguir el rastro de varias partículas es virtualmente imposible. Surgen complicaciones adicionales debido a que una partícula típica de fluido con frecuencia experimenta un desplazamiento largo. Por estas razones, en la mecánica de fluidos la descripción Lagrangiana no es muy útil

## **4.9 Estudios de contaminación del aire alrededor del mundo.**

### **4.9.1 China**

En China, donde los cielos grises son uno de los mayores problemas medioambientales, varios estudios intentan estimar el impacto sobre los ciudadanos de esta exposición prolongada a partículas nocivas. Todos concluyen que la polución es una de las principales causas del

aumento de casos de cáncer de pulmón y otras dolencias respiratorias en el país. Un nuevo informe, esta vez centrado en los efectos sobre el corazón, indica que el gigante asiático podría evitar 923.000 muertes prematuras por enfermedades cardiovasculares en los próximos 15 años si sus ciudades tuvieran un aire aceptablemente limpio (Fontdeglória, 2015).

#### **4.9.2 Chile**

Las grandes ciudades se caracterizan por tener un gran parque vehicular el cuál aporta en gran medida a la contaminación atmosférica que se presenta en estas urbes. A esta situación no escapa la Región Metropolitana. Según datos de la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), el aporte de las fuentes móviles a la contaminación de la ciudad de Santiago en el año 2005 alcanzó en comparación a las fuentes fijas un 37,3% de las emisiones de PM10 (material particulado de hasta 10 $\mu$ m) y un 70% de los NOx, entre otros contaminantes. La reducción de esta fuente de polución es un proceso complejo que necesita en una primera etapa conocer lo más detallado posible la actividad vehicular asociada a la ciudad (Tolvett, 2011).

Para los efectos de Chile es válido tener en cuenta la categorización vehicular que presenta el Modelo de Emisiones Vehiculares, MODEM. Este modelo es el que usan los organismos gubernamentales nacionales para estimar los inventarios de emisión de las fuentes móviles. Se compone de 7 tipos de vehículos que consideran el transporte público, de carga y privado de pasajero. Las categorías se muestran a continuación:

Tabla 1  
*Categoría de Buses*

CATEGORÍAS	
Buses servicios troncales y alimentadores.	
Taxis colectivos.	
Camiones livianos, medianos y pesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones livianos: corresponden aquellos camiones menores a 7.5 [Ton], o Camiones medianos: corresponden aquellos camiones entre las 7.5 y 16 (Ton)</li> <li>• Camiones pesados: corresponden aquellos camiones mayor a 16 [Ton],</li> </ul>
Vehículos particulares, entendiéndose por éstos al conjunto de vehículos menor a 4.8 [Ton]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automóviles particulares</li> <li>• Taxis básicos</li> <li>• Camionetas</li> <li>• Furgones y similares</li> </ul>
Motocicletas	

Fuente. - (Celis, 2016)

Un estudio demuestra que la contaminación aérea urbana de la ciudad de Chillán es preocupante y se asemeja a la de las ciudades que presentan altas tasas de polución. Desde el punto de vista temporal, la contaminación del aire atmosférico en la ciudad de Chillán mostró un perfil cíclico claramente definido, con niveles más altos en la estación fría (marzo-agosto). Desde el punto de vista espacial, los niveles de contaminación fueron más altos en el centro urbano de Chillán con respecto a las zonas límites rurales que rodean la ciudad. Los resultados mostraron que en la periferia de Chillán la concentración de aerosoles fue un 47,5% menor que en el centro de la ciudad (Celis, 2016).

La experiencia obtenida de este estudio permite sugerir que, en futuros trabajos de calidad del aire urbana en Chillán, deben realizarse correlaciones con salud de la población y análisis multidisciplinarios biomédicos. Asimismo, los muestreos deben ser más frecuentes, tal vez en

intervalos de 3 a 4 horas, para así seguir el comportamiento de las actividades de la ciudad y de las variables meteorológicas. Además, se debe discriminar por tamaño de partículas, especialmente en el sector céntrico de la ciudad de Chillán (Celis, 2016).

La Organización Mundial de la Salud, en su artículo “La Herencia de un mundo sostenible: atlas sobre salud infantil y medio ambiente” debela que entre un 11 y un 14 por ciento de los niños de cinco años presentan síntomas de asma y se estima que el 44 por ciento de esos síntomas guardan relación con la exposición a riesgos ambientales.

Según Velásquez (2017), Estas alarmantes cifras se pueden contextualizar en las diferentes zonas de Chile que están cruzadas por conflictos socio-ambientales, para ser exactos, 102 registrados por el último informe del INDH. A esto se suma los focos de contaminación que generan pugnas entre comunidades, empresas y diversas zonas de sacrificio ambiental como: Tocopilla/Mejillones (Región de Antofagasta), Huasco (Región de Atacama), Puchuncaví-Quintero (Región de Valparaíso) y Coronel (Región del Bío Bío). Dichas localidades son espacios expuestos a grados extremos de contaminación y degradación de la calidad de elementos imprescindibles para la vida humana, tales como el agua o el aire, generados por la concentración de industrias y plantas termoeléctricas. Además de la localidad de Til Til (Región Metropolitana), con más de 30 puntos contaminantes. (p. 32)

Es producto del escenario descrito que surge la emergencia de vincular los elementos contaminantes con las enfermedades de quienes habitan estos territorios. El abordaje de esta emergencia generalmente se ha dado de forma reactiva, ya que “las temáticas ambientales son complejas y requieren de una mirada multidisciplinaria desde diferentes enfoques. El enfoque de la salud está al final de la línea, generalmente se considera una vez que las personas ya están enfermas”, explica Dante Cáceres, profesor del programa de Salud Ambiental de la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Chile.

### **4.9.3 Budapest**

En el 2011 el ayuntamiento de Budapest declaró la alerta por los peligrosos índices de contaminación que ha alcanzado el aire de la ciudad y decidió limitar la circulación de



Tabla 2  
*Rangos oficiales de la calidad de aire de Budapest*

ICA	Calidad de Aire	Proteja de Salud
0-50	Buena	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este intervalo
51-100	Moderada	Las personas extraordinariamente sensitivas deben considerar limitación de los esfuerzos físicos excesivos y prolongados al aire libre
101-150	Dañina a la Salud de los Grupos sensitivos	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, deben evitar los esfuerzos físicos excesivos y prolongados al aire libre.
151-200	Dañina a la Salud	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, deben evitar los esfuerzos excesivos prolongados al aire libre;
201-300	Muy Dañina a la Salud	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, deben evitar los esfuerzos excesivos prolongados al aire libre;
300*	Arriesgado	

Fuente: (Aqicn.org, 2019)

En la salud según Apheis (2016), Los responsables europeos de la toma de decisiones, que establecen políticas en materia de contaminación del aire, precisan de datos válidos, representativos de las naciones europeas desde un punto de vista geográfico, y actualizados. Los profesionales europeos de salud ambiental necesitan información en materia de contaminación del aire y salud en Europa con el fin de probar nuevas hipótesis. Para cumplir con las decisiones que se tomen según Apheis se cumplen los siguientes objetivos:

- Crear un sistema de vigilancia epidemiológica de la contaminación del aire y la salud pública que abarque toda Europa
- Cuantificar los efectos de la contaminación del aire en la salud pública a escala local, nacional y europea
- Evaluar la importancia de los factores susceptibles de alterar las relaciones entre exposición y respuesta

- Redactar informes normalizados y periódicos sobre el impacto de la contaminación del aire en la salud pública.

#### **4.9.4 México**

El impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud es un problema complejo. En esta revisión se describen los efectos de la exposición a ozono y monóxido de carbono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, plomo y partículas suspendidas sobre la salud. También se consideran las condiciones geológicas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México que favorecen la persistencia de contaminantes en la atmósfera, y sus efectos sobre la población.

Se comenta el uso del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), las normas vigentes y los programas mexicanos para mejorar la calidad de aire, así como sus logros al disminuir la concentración de la mayoría de los contaminantes; aunque algunos de ellos, como el ozono y las partículas suspendidas, aún rebasan la norma (Vallejo, 2003).

La exposición a concentraciones altas de partículas suspendidas por breves periodos, en adultos mayores, en niños y en pacientes con enfermedades cardiorrespiratorias y con asma, se ha relacionado con aumento de la morbilidad por enfermedad pulmonar obstructiva crónica y neumonía (Worderly, 1997) y de la mortalidad por cardiopatía isquémica. 36 Estudios realizados en los Estados Unidos de Norte América con periodos de seguimiento de 7 a 18 años señalan que el efecto acumulativo de la exposición crónica a partículas PM10 puede reducir la esperanza de vida en la población adulta expuesta, principalmente por aumento de la mortalidad por causa respiratoria y cardiovascular (Abbey, 1999).

La contaminación atmosférica es un problema de salud, que en la ciudad de México se agrava por sus condiciones geográficas, climáticas y sociales. La investigación ha permitido crear estrategias para limitar sus consecuencias. Sin embargo, a pesar de que las medidas tomadas por las autoridades sanitarias han logrado disminuir los efectos de algunos contaminantes, aún son muchos los factores que deben corregirse para mejorar más las condiciones atmosféricas de la ciudad. Para combatir el problema es indispensable continuar los programas existentes, e impulsar la investigación básica y aplicada en diferentes campos (Hernández, 2008).

#### **4.9.5 Colombia**

Se realizó un análisis de los registros contenidos en la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá. Se construyó una base de datos que fue organizada y estructurada para facilitar la validación y el análisis de la información, la cual fue utilizada para evaluar de forma cuantitativa el estado de la calidad del aire de la ciudad. Bogotá no presenta en la actualidad un problema significativo de contaminación del aire (Gaitán, 2007).

El notable deterioro de la calidad del aire en Bogotá (y su directa relación con problemas de salud respiratoria y cardíaca) ha generado una creciente preocupación por parte de autoridades ambientales y de salud pública de la ciudad. A pesar de los esfuerzos realizados en años recientes, el problema de contaminación atmosférica es cada vez más severo. Esta situación se explica, en parte, por el acelerado crecimiento económico que se ha presentado en Bogotá. Dicho crecimiento se ve manifestado en una mayor demanda de energía, así como en un acelerado consumo de combustibles fósiles. Las medidas de control de la contaminación que han sido implementadas hasta el momento se han visto opacadas por el incremento en las emisiones que resultan del crecimiento económico de la ciudad (Gaitán, 2007).

El diagnóstico del problema actual de contaminación del aire en Bogotá ha sido posible gracias a que desde el año de 1997 la ciudad cuenta con una moderna red de monitoreo de la calidad del aire (RMCAB), la cual se encarga de hacer seguimiento, en tiempo real, de las concentraciones de los distintos contaminantes, así como de diversas variables meteorológicas. La información proporcionada por esta red de monitoreo es utilizada para establecer las tendencias de contaminación en la ciudad y para entender las variables que determinan dichas tendencias. Según los resultados del estudio realizado y de acuerdo a los registros de la red de monitoreo de la calidad del aire de Bogotá, la ciudad no presenta un problema de contaminación del aire para SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>. Para todos estos contaminantes las concentraciones registradas por la red de monitoreo de la ciudad son inferiores a los límites establecidos por la regulación ambiental local (Gaitán, 2007).

## **5 MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación será de forma cualitativa y cuantitativa, bibliográfica, descriptiva e investigativa. Se emplearán los recursos necesarios para establecer resultados óptimos de dicho trabajo.

### **5.1 Materiales**

Caja muestreadora de acrílico

Papel absorbente

Hojas de campo

Esferos

Alambre

#### **Reactivos**

Hidróxido de potasio 1M

Glicerina

#### **Equipos**

GPS

Analizador de material particulado - AEROCET 531S

Analizador Portátil de Gases - 1100/2200

Espectrofotómetro de Absorción Atómica SensAA

Opacímetro Brain Bee - OPA-100

## 5.2 Métodos

En esta investigación en la fase de campo se realizarán tomas de datos al aire ambiente y también de manera puntual a cada una de las unidades en estudio el cual ayudara al desenvolvimiento del trabajo de tesis.

Como metodología para el **Objetivo 1** uno se procederá a elegir los puntos estratégicos en las rutas establecidas de cada una de las líneas de transporte urbano público que operan en la ciudad de San Gabriel, a saber, las Cooperativas Urbamingueros y TransMontúfar. Como parte fundamental para realizar el estudio, se tomará en cuenta la ruta establecida de cada una de ellas, las paradas, además se identificarán los puntos donde se generan más encuentros o cruces por parte de los autobuses urbanos en las rutas de su recorrido, lugar donde se prevé que existe mayor contaminación ambiental, seguidamente a esto se segregará puntos y se escogerá puntos estratégicos con los cuales se trabajarán. Para las mediciones se utilizará el equipo de Analizador de Gases QROTECH, identificando el CO y NOx como gases producidos por motor a diésel, también se utilizará el analizador de Material Particulado PM10. Las mediciones se harán en un periodo de dos meses, dos veces por semana, una de lunes a viernes y los días sábados de cada semana.

Además, se realizarán mediciones de opacidad bajo los parámetros establecidos por la normativa NTE INEN 2 207:2002 (Primera Revisión) con la finalidad de conocer el grado de humo negro expulsado correspondiente al 3,34% del parque automotor de transporte pesado de la ciudad de San Gabriel, información que permite determinar el estado de los buses analizados, esto permitirá conocer si los vehículos se encuentran dentro del rango permitido de circulación.

En el **Objetivo 2**, se realizará la recolección y cuantificación de material particulado en los meses de noviembre y diciembre durante un periodo de 15 días por mes. Para la realización de este método se empleará un equipo de monitoreo en el cual se colocarán muestreadores de tipo pasivo, teniendo como fin la recolección de MP; para el logro de este proceso se construirá una caja acrílica, que en la parte superior estará una circulo que sirva de entrada para el MP, se introducirá dentro de la caja papel absorbente agregándole hidróxido de potasio al 1M y la glicerina reactivos que facilitarán que el MP se adhiera al papel absorbente y se permanezca en

el filtro. Se identificarán los lugares donde se implante este equipo de muestreo y se los colocará evitando que la lluvia o factores externos dañen el mismo. Para la cuantificación de metales pesados (plomo) en el material particulado, las muestras recolectadas se las analizará en el laboratorio de la PUCESI, donde la muestra se la tratará con la norma HA32001 del INSHT de España y se realizará la cuantificación de plomo por medio del método de espectrofotometría de absorción atómica.

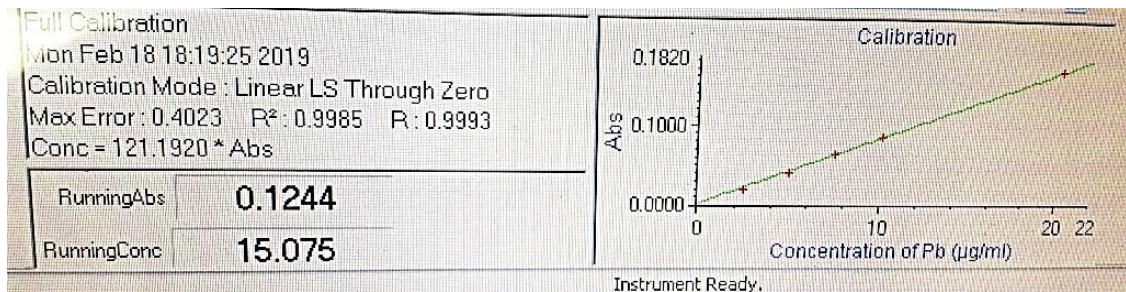


Figura 2. Calibración del equipo de espectrofotometría de absorción atómica  
Elaborado por: el autor

Para solucionar el **Objetivo 3**, se realizará el reconocimiento de los factores meteorológicos que interactúan en la dispersión de los gases, (temperatura, precipitación, velocidad y dirección del viento); Los datos de los elementos meteorológicos serán proporcionados por la estación meteorológica M0103 INAMHI, de la ciudad de San Gabriel, Provincia del Carchi.

Además, se aplicarán tres softwares diferentes que nos ayudarán a conocer y obtener la cantidad, dirección y difusión espacial y temporal de contaminantes en la zona de estudio. La aplicación de los tres tipos de software se debe a que cada uno tiene una función diferente, el WRPLOT View calcula las relaciones del viento; SCREEN View nos ayuda a determinar los valores de la concentración y su distribución lineal, y el HYSPLIT nos muestra la distribución espacial y temporal de la concentración. A continuación, se detalla de forma explícita el funcionamiento de cada uno.

- **WRPLOT View 7.0.0**

WRPLOT View desarrollado de la compañía Lakes Environmental.

Es un programa totalmente operativo de rosa de los vientos para sus datos meteorológicos. Proporciona gráficos de rosa de los vientos, análisis de frecuencia y gráficos de varios formatos de datos meteorológicos. Una rosa de los vientos representa la frecuencia de ocurrencia de vientos en cada uno de los sectores de dirección del viento y las clases de velocidad del viento especificados para una ubicación y un período de tiempo determinados. (Lakes Environmental , 1995)

- **AERMOD- SCREEN View 4.0.1**

SCREEN VIEW desarrollado por la compañía Lakes Environmental que realiza el cálculo de la difusión espacial y temporal de los contaminantes. El modelo a utilizar en esta investigación es del tipo de Modelos Gaussianos Avanzados, llamado AERMOD que es un modelo de dispersión de aire gaussiano de código abierto desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA). Tiene una sofisticada parametrización de turbulencia basada en la teoría de Monin-Obukhov, y tiene incorporada modelos para manejar terreno complejo y capa límite urbana (Cimorelli et al., 2005). Utiliza el modelo Plume Rise. Algoritmo de mejoras (PRIME) que proporciona una aproximación difícil de procesos turbulentos complicados como el Efecto downwash cerca de la fuente. Aunque AERMOD utiliza la aproximación de estado estable para el flujo y la fuente, se puede utilizar a una distancia de 10 a 100 km como herramienta estadística a largo plazo a través de su preprocesador meteorológico.

- **NOAA- Dispersión Model HYSPLIT (en línea)**

El modelo operativo HYSPLIT es un sistema completo para calcular trayectorias de paquetes de aire simples, así como simulaciones complejas de transporte, dispersión, transformación química y deposición.

El método de cálculo del modelo es un híbrido entre el enfoque lagrangiano, que utiliza un marco de referencia móvil para los cálculos de advección y difusión a medida que las trayectorias o los paquetes de aire se mueven desde su ubicación inicial, y la metodología

Euleriana, que utiliza una cuadrícula tridimensional fija como un marco de referencia para calcular las concentraciones de aire en el contaminante (el nombre del modelo, que ya no significa un acrónimo, reflejó originalmente este enfoque computacional híbrido). La configuración predeterminada del modelo asume una distribución de partículas tridimensional (horizontal y vertical).

Haciendo un resumen de lo descrito, la investigación se basa en la combinación de los parámetros meteorológicos y cantidad de los contaminantes presentes en el lugar de estudio.

Para el **Objetivo 4**, como metodología se validará la información recopilada y procesada en el desarrollo de todo el proyecto a presentarse como son: los datos de mediciones de CO, NOx y MP, cantidades de plomo en el ambiente, la dispersión de los gases en la zona de estudio. Se ejecutará una encuesta relacionada a la contaminación del aire y sus efectos hacia la salud humana en la muestra de la población de la ciudad. La encuesta se la realizará en el lugar de estudio, discriminando en tres zonas: las zonas norte, centro y sur, tomando en cuenta la ruta de los buses.

Para el **Objetivo 5** se lo ejecutará en la ciudad de Ibarra en las instalaciones de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador sede Ibarra en el aula n° 4.3.13, se enviará la invitación para la socialización al departamento de Gestión Ambiental del GAD de Montúfar, y la respectiva invitación a los docentes de la universidad.

### **Descripción del área de estudio**

Este trabajo se realizará en la ciudad de San Gabriel, Cantón Montúfar, Provincia del Carchi en las Parroquias Urbanas Gonzáles Suarez y San José.

Los límites del cantón Montúfar corresponden a los siguientes: - Al norte el cantón Tulcán - Al sur los cantones Bolívar y Sucumbíos - Al este los cantones, Sucumbíos, Huaca y Tulcán - Al oeste los cantones Bolívar y Espejo La extensión del cantón Montúfar corresponde a 38073,21 km<sup>2</sup>, los mismos que se encuentran distribuidos en 775,01 km<sup>2</sup> en el área urbana en donde se incluyen las dos parroquias urbanas González Suárez y San José cabecera cantonal de parroquiales de las cinco parroquias rurales existentes (GAD de Montúfar, 2015)

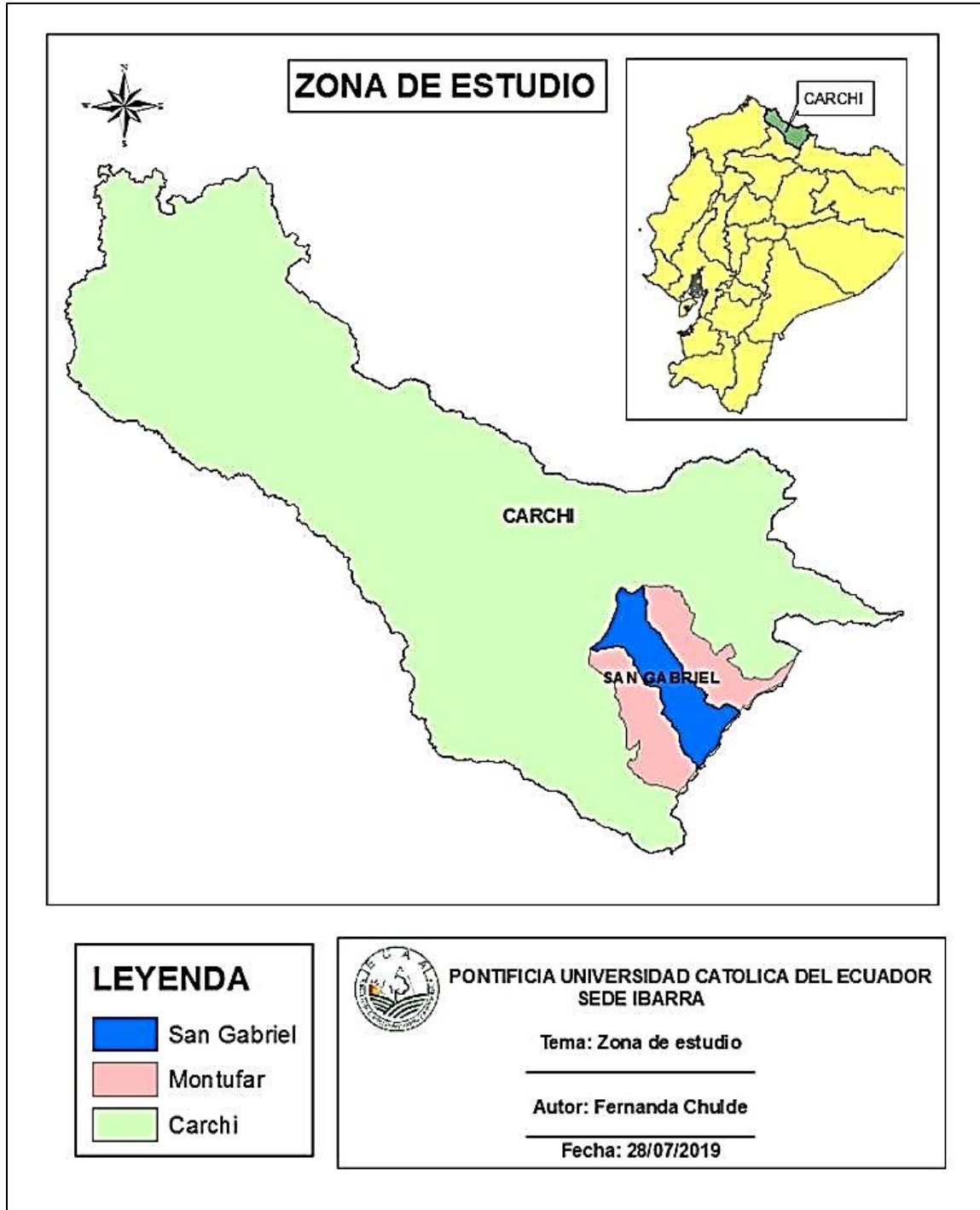


Figura 3. Mapa del Área de Estudio.  
Elaborado por el Autor

### **Población del área de estudio**

El cantón Montúfar cuenta con 7 parroquias. Representa el 10.2% del territorio de la provincia de Carchi su población es de 30.5 mil hab. (18.5% respecto a la provincia de Carchi). En la zona urbana con 47.5% y en la zona rural con 52.5% en esta población el porcentaje de mujeres es de 51.1% y el de hombres 48.9% ( INEC - Censo de Población y Vivienda 2010, 2014).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Resultados del objetivo específico 1

En el desarrollo de la presente investigación acerca de la contaminación al aire causada por el parque automotor, de manera específica en el servicio del transporte urbano público de la ciudad de San Gabriel, se identificaron dos líneas que prestan servicio urbano público que cumplen rutas de movilización para su servicio dentro del perímetro norte, centro, sur.

Para cumplir con el **Objetivo Específico 1** que se refiere a la medición de gases de CO, NO y MP10 se procedió a realizar de forma visual la identificación de los potenciales puntos donde existiría la mayor contaminación, incluso se tomaron los puntos referenciales de su ubicación de acuerdo a las dos rutas por donde circulan los buses. Se identificaron 23 puntos en la ruta de la cooperativa de transporte urbano TransMontúfar tal como se muestra en **Anexo 2.**, y en la segunda ruta Urbamingueros se identificaron 15 puntos que se muestran en el **Anexo 3**, señalando las calles y las coordenadas de las mismas.

Luego de haber realizado la identificación de los 23 y 15 puntos en las rutas de las cooperativas de transporte urbano, se procedió a clasificar los puntos de acuerdo a las características de cada punto, de la topografía de la zona en estudio y de los lugares donde se estima que existe mayor contaminación al aire. Considerando la ubicación de los puntos, se concluyó que lo apropiado sería clasificar por sectores. Se reunieron en total 24 puntos distribuidos así: en la Zona Norte 9 puntos, en la Zona Centro 10 puntos y en la Zona Sur 5 como se muestra a continuación en la Figura 4.

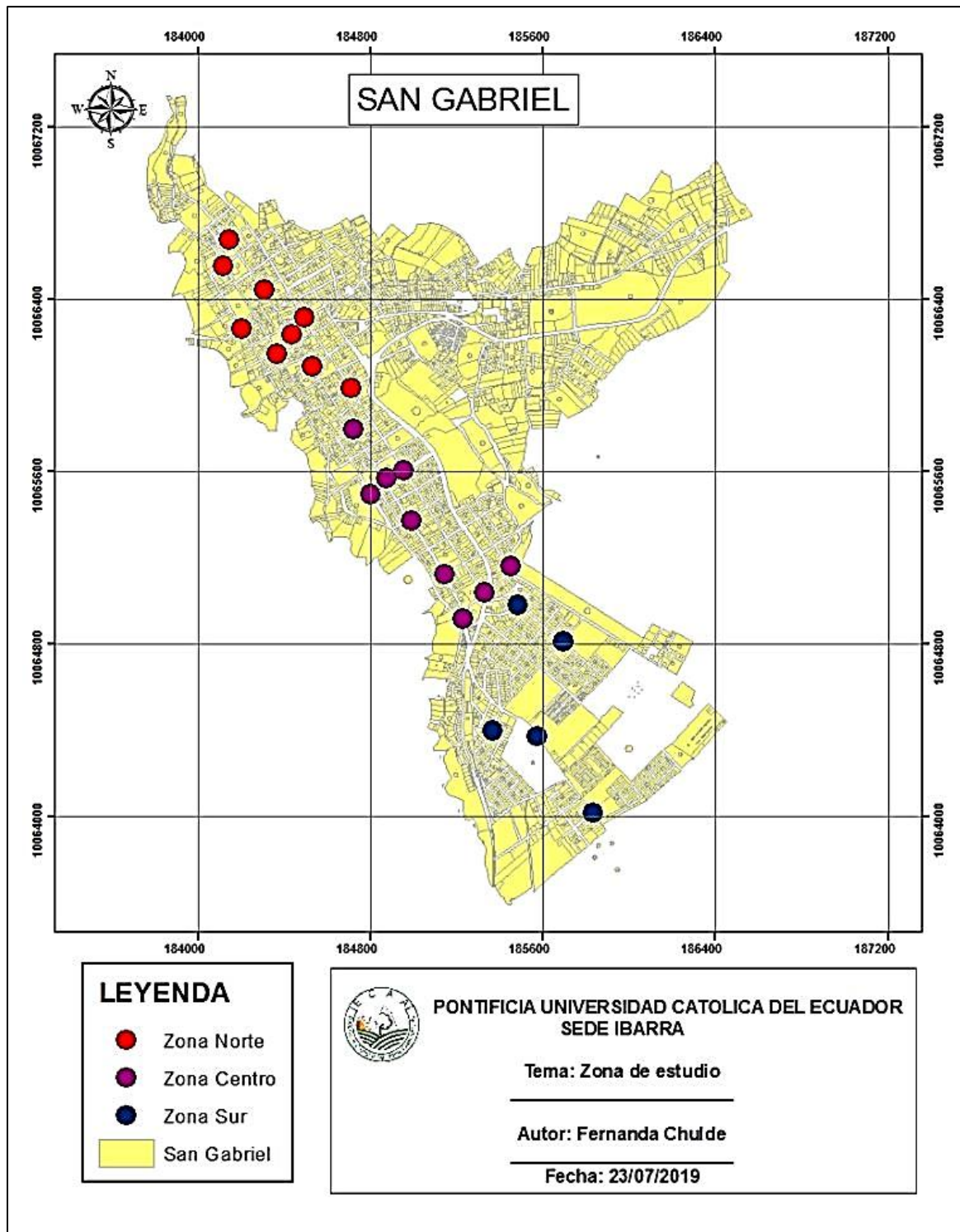


Figura 4. Puntos de ubicación de mediciones por zonas.  
 Elaborado por: el Autor

Se muestra a continuación el nombre y coordenadas de los puntos excogitados por zonas.

Tabla 3

*Clasificación de los primeros nueve puntos.*

Puntos	Calle	Coordenadas (UTM)	
		X	Y
1	Bolívar y José B. Áuz	184144	66671
2	Montúfar y Manuel Carrera	184120	66553
3	Bolívar y Pichincha	184308	66440
4	Rocafuerte y Calderón	184201	66260
5	Los Andes y Sucre	184495	66311
6	Bolívar (parque)	184435	66232
7	Montúfar y Colón	184367	66143
8	Bolívar y Olmedo	184533	66084
9	Los Andes y Mejía	184708	65986

Elaborado por: El Autor

En la Tabla 3 se muestran los puntos identificados para la Zona Norte donde se tomaron los valores de las emisiones de contaminantes ambientales.

Tabla 4

*Clasificación de los segundos 10 puntos.*

Puntos	Calle	Coordenadas (UTM)	
		X	Y
1	Bolívar y Ricaurte	184723	65794
2	Montúfar y 1 3 de Abril	184800	65494
3	Bolívar y 13 de Abril	184874	65565
4	Los Andes y 13 de Abril	184955	65604
5	Atahualpa y Pio V. Guzmán	184990	65373
6	Panamericana y Julio Andrade	185453	65161
7	Atahualpa y Rumichaca	185146	65125
8	Montúfar	185231	64916
9	Los Andes e Indujel	185331	65038
10	Río Blanco y Río Cofanes	185453	65161

Elaborado por: el Autor

De igual manera, se muestra los puntos identificados en la Zona Centro, los mismos que serán de uso para las mediciones, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 5

*Clasificación de los terceros 5 puntos*

Puntos	Calle	Coordenadas (UTM)	
		X	Y
1	Río Babahoyo y Río Coca	185483	64981
2	Río Esmeralda (esquina)	185830	64019
3	Río Babahoyo y Río Esmeralda	185694	64810
4	Av. José Julián Andrade	185367	64400
5	Av. José Julián Andrade.	185570	64372

Elaborado por el Autor

Se identifican cinco puntos los mismos que formaron parte de la denominada Zona Sur, mostrados en la tabla 5

La toma de datos se la realizó en un periodo de cada 15 días alternando lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábados por cada semana donde se realizaron las mediciones, los parámetros a evaluar fueron CO, NOx y Material Particulado, en los horarios de 06:30 – 07:30, 12:30 – 13:30 y 16:30 – 17:30 por cada medición de campo.

Tabla 6

*Formato de recepción de datos para las mediciones*

San Gabriel - Fecha: Lunes, 12 de noviembre del 2018												
Puntos	Calle	Coordenadas		Toma 1er sábado								
		UTM(m)		06:30 - 07:30			12:30 - 13:30			16:30 - 17:30		
		Zona 18		CO	NOx	MP1	CO	NOx	MP1	CO	NOx	MP1
		X	Y	(mg.l <sup>-1</sup> )	(mg.l <sup>-1</sup> )	0	(mg.l <sup>-1</sup> )	(mg.l <sup>-1</sup> )	0	(mg.l <sup>-1</sup> )	(mg.l <sup>-1</sup> )	0
1	Bolívar y José B. Auz	184144	66671	2	2	5,1	3	1	6,7	1	1	5,2
2	Montúfar y Manuel Carrera	184120	66553	3	1	5,7	6	2	6,3	2	2	2,4
3	Bolívar y Pichincha	184308	66440	3	3	4,5	2	2	5,5	2	3	3,7
4	Rocafuerte y Calderón	184201	66260	3	2	6,2	3	2	5,9	1	1	2,7
5	Los Andes y Sucre	184495	66311	5	3	5,6	4	2	5,9	2	2	4,8
6	Bolívar (parque)	184435	66232	4	2	6,1	5	3	6,3	3	2	3,8
7	Montúfar y Colón	184367	66143	2	3	5,4	6	2	7,2	7	1	4,6
8	Bolívar y Olmedo	184533	66084	5	4	5,3	6	5	7,7	4	4	4,9
9	Los Andes y Mejía	184708	65986	2	1	5,5	4	2	7,5	1	0	4,7
PROMEDIO				3,22	2,33	5,49	4,33	2,33	6,56	2,56	1,78	4,09
10	Bolívar y Ricaurte	184723	65794	2	3	5,2	1	4	5,2	3	2	4,5
11	Montúfar y 13 de Abril	184800	65494	1	3	3,7	3	4	7,5	1	0	4,5
12	Bolívar y 13 de Abril	184874	65565	6	4	7,5	9	4	8,1	5	3	6
13	Los Andes y 13 de Abril	184955	65604	6	15	5,5	3	2	5,6	8	0	3,7
14	Atahualpa y Pio V. Guzmán	184990	65373	4	1	4,5	3	0	5	4	0	5
15	Panamericana y Julio Andrade	185453	65161	2	5	4,8	1	1	5,2	1	0	4,1

Elaborado por el Autor

Continuación de la tabla 6

*Formato de recepción de datos para las mediciones*

16	Atahualpa y Rumichaca	185146	65125	2	1	3,5	1	0	3,3	0	0	4,1
17	Montúfar	185231	64916	3	1	6,2	3	3	6,5	3	2	4,8
18	Los Andes e Indujel	185331	65038	6	5	7,3	8	3	6,8	4	2	3,7
19	Río Blanco y Río Cofanes	185453	65161	0	0	4,1	1	0	3,5	0	1	3,1
PROMEDIO				3,20	3,80	5,23	3,30	2,10	5,67	2,90	1,00	4,35
20	Río Babahoyo y Río Coca	185483	64981	3	2	4,3	4	3	6,1	8	0	5,3
21	Río Esmeralda (esquina)	185830	64019	3	2	6,3	4	3	6,8	4	2	4,9
22	Río Babahoyo y Río Esmeralda	185694	64810	2	1	5,6	2	1	6,7	2	1	2,7
23	Av. José Julián Andrade	185367	64400	1	2	3,9	2	1	5,3	1	1	4,7
24	Av. José Julián Andrade.	185570	64372	4	1	3,6	1	1	4	0	1	5,3
PROMEDIO				2,60	1,60	4,74	2,60	1,80	5,78	3,00	1,00	4,58

Elaborado por el Autor

En la tabla 6 se muestran los valores de la toma del día lunes, en los diferentes horarios en la mañana, a medio día y tarde, se detalla el número de puntos de la toma, el nombre de la calle, las coordenadas del punto, los valores de CO, NOx, MP10 en sus respectivos horarios. Se tabularon los datos recolectados para cada parámetro, seguidamente se promedió estos valores en cada una de las zonas estudiadas como fueron centro, norte y sur de la ciudad, en las diferentes horas.

Este procedimiento para la recolección de datos, tabulación de datos y promedios para obtener resultados de cada uno de los parámetros que se estudió y midió, se lo realizó tal y cual, para todos los días de la semana de lunes, martes, miércoles jueves, viernes y en las fechas definidas.

Así como se detalla, con los mismos pasos de datos, tabulación se procedió a realizar con las mediciones los días sábados escogidos y así obtener promedios que nos muestren una cantidad de cada agente analizado y así estimar la variación de contaminación del aire de la ciudad de San Gabriel en cada una de las zonas, como lo muestra a continuación la Tabla 7.

Tabla 7

*Formato de recolección de datos para los días sábados*

San Gabriel - Fecha: sábado, 03 de noviembre del 2018												
Puntos	Calle	Coordenadas		Toma 1er sábado								
		UTM(m)		06:30 - 07:30			12:30 - 13:30			16:30 - 17:30		
		Zona 18		CO (mg.l <sup>-1</sup> )	NOx (mg.l <sup>-1</sup> )	MP10	CO (mg.l <sup>-1</sup> )	NOx (mg.l <sup>-1</sup> )	MP10	CO (mg.l <sup>-1</sup> )	NOx (mg.l <sup>-1</sup> )	MP10
		X	Y									
1	Bolívar y José B. Auz	184144	66671	4	3	5,4	3	1	6,4	2	1	6,9
2	Montúfar y Manuel Carrera	184120	66553	6	2	6,7	8	2	6,4	3	1	2,5
3	Bolívar y Pichincha	184308	66440	3	4	7,1	5	1	5,6	2	1	5,5
4	Rocafuerte y Calderón	184201	66260	4	2	5,6	3	1	4,7	0	1	5,3
5	Los Andes y Sucre	184495	66311	5	2	7,1	5	1	6,2	2	2	5,3
6	Bolívar (parque)	184435	66232	6	3	5,1	5	3	8,2	6	2	6,5
7	Montúfar y Colón	184367	66143	7	2	6,3	6	2	7,4	20	2	5,5
8	Bolívar y Olmedo	184533	66084	7	3	6,7	5	3	6,8	3	1	4,6
9	Los Andes y Mejía	184708	65986	2	4	5,2	2	1	4,8	1	3	5,1
PROMEDIO				4,89	2,78	6,13	4,67	1,67	6,28	4,33	1,56	5,23
10	Bolívar y Ricaurte	184723	65794	1	2	2,6	1	2	4,7	1	2	4,5
11	Montúfar y 13 de Abril	184800	65494	3	1	5,2	1	1	5,6	0	1	5,2
12	Bolívar y 13 de Abril	184874	65565	4	2	6,2	5	2	6,1	3	1	5,2
13	Los Andes y 13 de Abril	184955	65604	4	6	6,7	3	2	8,1	4	0	5,9
14	Atahualpa y Pio V. Guzmán	184990	65373	2	1	5,3	2	1	5,7	1	3	4,6
15	Panamericana y Julio Andrade	185453	65161	1	2	4,5	2	1	4,3	0	2	5,3

Elaborado por el Autor

Continuación tabla 7

*Formato de recolección de datos para los días sábados*

16	Atahualpa y Rumichaca	185146	65125	2	1	3,5	1	2	4,1	2	1	4,1
17	Montúfar	185231	64916	4	2	6,1	3	2	6,1	3	1	7,1
18	Los Andes e Indujel	185331	65038	3	1	6,1	2	1	5,4	4	2	5,2
19	Río Blanco y Río Cofanes	185453	65161	2	3	5,1	2	1	6,2	1	0	5,2
PROMEDIO				2,60	2,10	5,13	2,20	1,50	5,63	1,90	1,30	5,23
20	Río Babahoyo y Río Coca	185483	64981	2	2	4,1	1	1	5,1	0	1	3,7
21	Río Esmeralda (esquina)	185830	64019	1	1	3,8	2	2	5,5	1	2	5,1
22	Río Babahoyo y Río Esmeralda	185694	64810	1	1	6,0	1	1	5,3	2	1	4,7
23	Av. José Julián Andrade	185367	64400	3	0	2,5	1	2	5,6	2	1	5,9
24	Av. José Julián Andrade.	185570	64372	5	2	6,3	6	3	7,2	3	1	6,7
PROMEDIO				2,40	1,20	4,54	2,20	1,80	5,74	1,60	1,20	5,22

Elaborado por el Autor

En la Tabla 7 se puede observar la matriz empleada para el registro de los datos de los parámetros CO, NOx y MP10, se tabularon los datos y se promediaron los resultados de los puntos en las 3 zonas de la ciudad.

**A continuación, se muestra los promedios acumulativos obtenidos de las emisiones de gases por contaminante evaluados.**

Estos valores se obtuvieron promediando los resultados obtenidos de las primeras mediciones realizadas por zonas. Estos datos resultantes serán utilizados en el desarrollo del objetivo especio 3

En la Tabla 8 y Tabla 9 nos muestra los promedios acumulativos por cada zona donde se realizaron las mediciones de agentes contaminantes, en las diferentes horas de cada día, cabe recalcar que a estos valores se modificaron las unidades de  $\text{mg.l}^{-1}$  a  $\mu\text{g.m}^{-3}$

Tabla 8

*Promedios acumulativos estimados por zona de estudio, en las tomas de los días de la semana.*

Promedios acumulativos de los días de la semana									
	06:30 - 07:30			12:30 - 13:30			16:30 - 17:30		
	CO $\mu\text{g.m}^{-3}$	NOx $\mu\text{g.m}^{-3}$	MP10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	CO $\mu\text{g.m}^{-3}$	NOx $\mu\text{g.m}^{-3}$	MP10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	CO $\mu\text{g.m}^{-3}$	NOx $\mu\text{g.m}^{-3}$	MP10 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Zona Norte	$3.31 \cdot 10^6$	$2.04 \cdot 10^6$	$5.31 \cdot 10^6$	$5.58 \cdot 10^6$	$2.73 \cdot 10^6$	$7.18 \cdot 10^6$	$2.58 \cdot 10^6$	$1.49 \cdot 10^6$	$4.62 \cdot 10^6$
Zona Centro	$2.22 \cdot 10^6$	$2.26 \cdot 10^6$	$4.96 \cdot 10^6$	$3.54 \cdot 10^6$	$1.8 \cdot 10^6$	$6.19 \cdot 10^6$	$2.32 \cdot 10^6$	$1.14 \cdot 10^6$	$4.73 \cdot 10^6$
Zona Sur	$2.4 \cdot 10^6$	$1.72 \cdot 10^6$	$4.77 \cdot 10^6$	$2.92 \cdot 10^6$	$1.92 \cdot 10^6$	$6.20 \cdot 10^6$	$1.92 \cdot 10^6$	$1.24 \cdot 10^6$	$4.83 \cdot 10^6$

Elaborado por el Autor

Tabla 9

Promedios acumulativos estimados por zona de estudio en las tomas de días sábados

Promedios acumulativos de los días Sábados									
	06:30 - 07:30			12:30 - 13:30			16:30 - 17:30		
	CO $\mu\text{g.m}^{-3}$	NOx $\mu\text{g.m}^{-3}$	MP10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	CO $\mu\text{g.m}^{-3}$	NOx $\mu\text{g.m}^{-3}$	MP10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	CO $\mu\text{g.m}^{-3}$	NOx $\mu\text{g.m}^{-3}$	MP10 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Zona Norte	$3.33 \cdot 10^6$	$2.27 \cdot 10^6$	$5.55 \cdot 10^6$	$5.53 \cdot 10^6$	$2.33 \cdot 10^6$	$6.78 \cdot 10^6$	$2.84 \cdot 10^6$	$1.56 \cdot 10^6$	$4.87 \cdot 10^6$
Zona Centro	$4.60 \cdot 10^6$	$3.14 \cdot 10^6$	$7.97 \cdot 10^6$	$7.64 \cdot 10^6$	$3.44 \cdot 10^6$	$10.29 \cdot 10^6$	$3.95 \cdot 10^6$	$2.33 \cdot 10^6$	$7.71 \cdot 10^6$
Zona Sur	$2.24 \cdot 10^6$	$1.92 \cdot 10^6$	$5.07 \cdot 10^6$	$3.96 \cdot 10^6$	$2.16 \cdot 10^6$	$6.60 \cdot 10^6$	$2.12 \cdot 10^6$	$1.60 \cdot 10^6$	$5.42 \cdot 10^6$

Elaborado por el autor.

## **MEDICIONES DE OPACIDAD**

Para realizar las mediciones de la opacidad al transporte urbano público de la ciudad de San Gabriel, se solicitó la ayuda a la Empresa Pública de Movilidad MOVIDELNOR EP -Ibarra, se hicieron ensayos de mediciones de opacidad en el centro de revisión vehicular de la ciudad de Ibarra con técnicos de la institución y el equipo de medición de opacidad de la PUCESI al transporte a diésel, con el propósito de conocer el porcentaje de opacidad que emite cada uno de los buses de transporte urbano público que circula en la zona de estudio, ya que este medio de transporte urbano publico representan el 3,66% del transporte pesado del parque automotor de la ciudad de San Gabriel.

La medición se opacidad de cada vehículo se rige a la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 207:2002 - GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE DIESEL. Cual menciona que los límites permitidos de acuerdo al modelo del año 2000 y posteriores a éste debe ser 50% de opacidad. Para el año de 1999 a años anteriores, es del 60%, dando como resultado las medidas que se muestran a continuación en la Tablas 10 y Tabla 11.

Tabla 10

*Opacidad de los buses de la Cooperativa TransMontúfar*

N°	PLACA	AÑO	MODELO	PROPIETARIO	%OPACIDAD
1	PZQ-298	-	-	-	34,53
2	IAF-885	2003	CHEVROLETH	De la Cruz Segundo	54,33
3	CAF-0296	2006	CHEVROLETH	Chamorro Cortez Alberto Constantino	46,20
4	PUC-0520	2004	CHEVROLETH	Arévalo Ruano Erika Yomaira	35,40
5	CAF-0301	2003	CHEVROLETH	Escobar Pozo Edhison Eugenio	46,40
6	PZO-0888	2004	MITSUBISHI	Pozo Aldás Edgar Andrés	74,10
7	PZX-897	2002	CHEVROLETH	Jácome Bucheli Luis Alfredo	60,93
8	PZV-011	2002	CHEVROLETH	Guachan Cuestas Héctor Fabián	38,90
9	CBR-0222	2010	HINO	Navarrete Guzmán Jorge Aníbal	25,13
10	PZO-0940	2004	MITSUBISHI	Guachan Chulde Luis Ulpiano	36,73
11	PZO-175	2004	CHEVROLETH	De la Cruz Narváez Darwin Giovanni	37,27
12	PZU-0973	2004	CHEVROLETH	De la Cruz Narváez Luis Rodrigo	45,79
13	CBR-0215	2006	VOLKSWAGEN	Arturo Oswaldo Arévalo Méndez.	87,70

Elaborado por el Autor

En la tabla 10 se muestra los datos informativos de cada uno de los vehículos que fueron medidos con su respectivo porcentaje de opacidad por parte de la cooperativa TransMontúfar, dando porcentajes menores al 50%, sólo con la excepción de **cuatro valores** cuando su valor es mayor al 50%.

Tabla 11

*Opacidad de los buses de la Cooperativa Urbamingueros*

N°	PLACA	AÑO	MODELO	PROPIETARIO	%OPACIDAD
1	CAF-0324	2005	AGRALE	Cangas Méndez Jorge Guillermo	50,23
2	PAA-4602	2008	HINO	Bastidas Jiménez Lady Maribel	79,30
3	CAF-0293	2005	AGRALE	Solano Quiroz Luis Aníbal	80,03
4	CAA-2047	2005	AGRALE	Hernández Tana José Darwin	60,67
5	CAA-2014	2005	AGRALE	Moreno Montenegro Juan José	67,23
6	PAA-4597	2008	HINO	Bastidas Tarapúes Edison Alberto	47,83
7	CAF-0288	2005	AGRALE	Tatas Díaz Mayra	83,10
8	CAA-2040	2005	AGRALE	Chávez Hernán Antonio José	69,60

Elaborado por el Autor

Se evidencia que en la Cooperativa Urbamingueros, los niveles de opacidad son superiores al 50% de opacidad que es el nivel permitido, a excepción de una unidad.

Una vez realizada la medición, se dio a conocer a dirigentes y propietarios de los vehículos cuáles fueron las cantidades de opacidad registradas, adicionalmente indicándoles las respectivas adecuaciones que deben cumplir para disminuir los porcentajes de opacidad en los mismos, también se informó de manera verbal por parte de los técnicos de MOVILDELNOR EP – Ibarra que este procedimiento era una prueba piloto para conocer el estado del vehículo y el porcentaje de opacidad con el que cuenta cada unidad de transporte urbano público que circula en el centro de la ciudad de San Gabriel. La prueba oficial entró en vigencia el año 2019 conjuntamente con la revisión vehicular que se realiza al total del parque automotor. Se entregó a los dirigentes de las cooperativas la ley en vigencia donde se rigen a los parámetros establecidos de límites de opacidad de la Normativa Ecuatoriana.

## 6.2 Resultados del objetivo específico 2

Para cumplir con el **Objetivo Específico 2** de realizar la cuantificación de metales pesado (plomo) en el material particulado existente en el ambiente de la ciudad de San Gabriel, utilizando el método de espectrofotometría de absorción atómica, se diseñó un modelo de filtro captador de material particulado que consta de una caja de acrílico, con un círculo en el centro que sirve de entrada, con la finalidad de recolectar MP, para ello en este filtro captador se introdujo papel filtro, adicionándole 1M de hidróxido de potasio y glicerina compuestos que ayudaron a que el material particulado se adhiera a el papel filtro.

Se prepararon 4 filtros captadores para ser colocados en la zona de estudio, norte, centro y sur de la ciudad, seguidamente se identificó los puntos donde se estimó que existe mayor presencia de material particulado en el ambiente, también se tomó en cuenta lugares donde la lluvia y factores externos no afecten a la recolección de las muestras.



*Figura 5.* Muestreadores preparados para la recolección de material particulado.  
Elaborado por el Autor

La recolección de muestras se la realizó en un periodo de dos meses, 15 días por mes, se expuso el filtro captador de MP en los lugares ya identificados. Al finalizar la recolección de material particulado de los dos meses, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de química de la PUCESI donde se cuantificó el metal pesado plomo en el material particulado por medio del método de espectrometría de absorción atómica, el tratamiento de la muestra se la realizó según la Norma MTA/MA-011/A87 DETERMINACIÓN DE PLOMO EN EL AIRE – MÉTODO FILTRO MENBRANA/ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE INSHT y para la cuantificación se utilizó la técnica analítica cuantitativa por medio de la Espectrofotometría de Absorción Atómica con el Modulo Llama equipo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.

Dando como resultado los siguientes valores como muestra la Figura 6

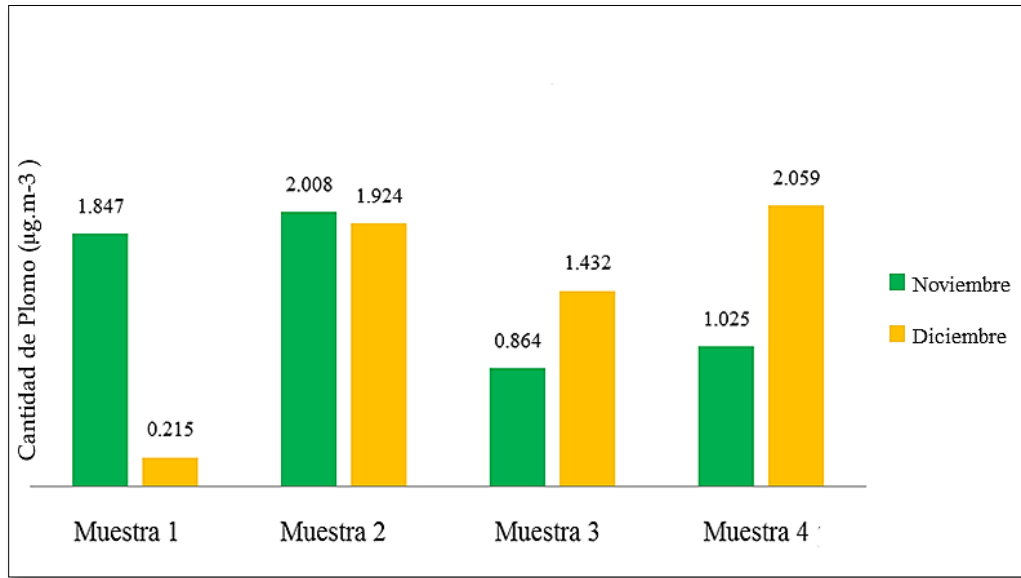


Figura 6. Cuantificación de plomo, metal pesado presente en el material particulado  
Elaborado por el Autor

Se observa la cantidad de plomo existente en las 4 muestras cuantificadas en el periodo de los dos meses de prueba, teniendo como valores mínimos 0,864  $\mu\text{g.m}^{-3}$  y valor máximo 2,059  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en el mes de noviembre y en el mes de diciembre 0,864  $\mu\text{g.m}^{-3}$  como valor mínimo y 1,847  $\mu\text{g.m}^{-3}$  como valor máximo de plomo existente en el material particulado presente en el aire.

Tabla 12

*Promedios mensuales de la cuantificación de Plomo*

Meses	$\mu\text{g.m}^{-3}$
Noviembre	1,436
Diciembre	1,408
Promedio	1,422

Elaborado por el autor

En la tabla 12 se muestra un promedio entre los meses de prueba que indica que existe un  $1,42 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  de presencia de plomo en el ambiente, se toma referencia la fuente bibliográfica de la Environmental Protección Agency (EPA), agencia de protección ambiental, que establece límites denominados "normas nacionales de calidad del aire ambiental de E.E.U.U." Donde se indica que la concentración de plomo, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de  $1.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  en un promedio aritmético como protección a la salud de la población susceptible, se hace una relación a base de nuestros resultados y la norma ya especificada y se dice que la cantidad de plomo presente en el aire de la ciudad de San Gabriel está dentro del máximo permisible. (EPA, 2016).

### 6.3 Resultados del objetivo específico 3

Para cumplir con el **Objetivo Específico 3**, se utilizaron tres softwares diferentes, a saber, AERMOD- SCREEN View 4.0.1, NOAA- HYSPLIT Dispersión Model (en línea), WRPLOT View 7.0.0. Estos softwares muestran la dirección, cantidad y la dispersión de contaminantes en el aire dependiendo de la situación meteorológica reinante en el lugar de estudio.

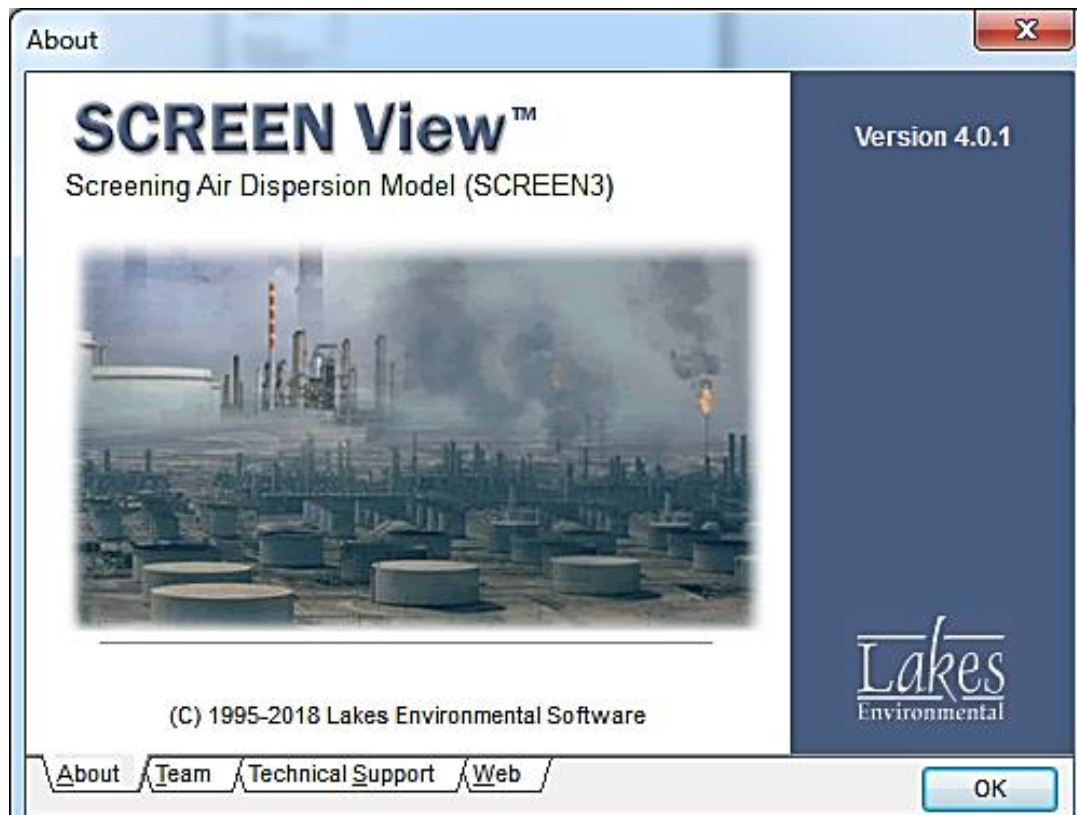
A continuación, se muestra el funcionamiento de cada uno de los softwares utilizados en la realización del proyecto. Se hace una descripción exacta del proceso desde la conexión de los programas hasta la obtención del resultado final. Para la muestra del mismo, se tomó como referencia los valores del contaminante CO en la zona norte de las horas de 12:30 a 13:30, para realizar todos estos procedimientos se toma como referencia los valores de las Tablas 7 y 8, y se lo aplica para cada uno de los contaminantes en cada zona estudiada como lo muestra los **Anexos del 5 al 7**

Cabe recalcar que en el software Screen View se utilizaron los promedios generales por zonas como nos muestra los valores de la tabla del **Anexo 4** ya que este programa se introduce valores de  $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$  y nos dan valores resultantes expresados en unidades de  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  unidades con las que se está trabajando.

A continuación, se detallan los pasos para el funcionamiento del software a utilizarse.

- **SCREEN VIEW.**

Un programa operativo, desarrollado para proporcionar un fácil-método de uso de para obtener la cantidad de contaminación en estimaciones de concentración. Estas estimaciones están basadas en los procedimientos de exploración del documento para estimar el impacto de calidad del aire de fuentes.



*Figura 7.* Software Screen View  
Elaborado por el Autor

Se utilizó este programa para encontrar la variación de la cantidad de agente contaminante de manera lineal, de cada una de las zonas estudiadas.

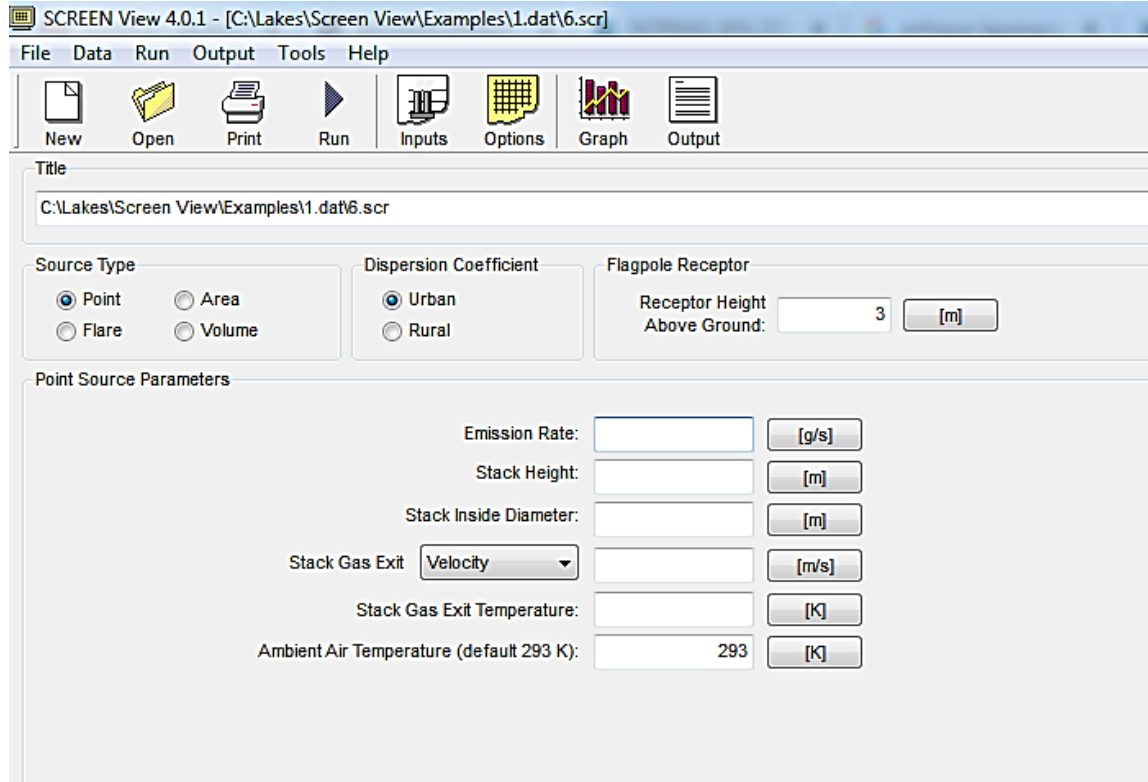


Figura 8. Ingreso de datos base software Screen View  
Elaborado por el Autor

Esta ventana nos muestra las siguientes opciones a elegirse para el desarrollo del programa.

- New (Nuevo), donde elegimos un nombre numérico para cada proyecto.
- Source Type (Tipo de Fuente), donde elegimos la opción Point (punto).
- Dispersión Coefficient (Coeficiente de Dispersión), donde elige la opción Urban (urbano), lugar donde se va a realizar el estudio.
- Receptor Height above Ground (altura del receptor sobre el suelo), se eligió el valor 3m para esta opción.

Point Source Parameters

Emission Rate:	<input type="text" value="6,36E-5"/>	<input type="button" value="[g/s]"/>
Stack Height:	<input type="text" value="3"/>	<input type="button" value="[m]"/>
Stack Inside Diameter:	<input type="text" value="0,109"/>	<input type="button" value="[m]"/>
Stack Gas Exit	<input type="button" value="Velocity"/> ▾	<input type="text" value="9,86"/> <input type="button" value="[m/s]"/>
Stack Gas Exit Temperature:	<input type="text" value="336"/>	<input type="button" value="[K]"/>
Ambient Air Temperature (default 293 K):	<input type="text" value="306"/>	<input type="button" value="[K]"/>

Figura 9. Parámetros de fuente puntual  
Elaborado por el Autor

Los campos que se muestran en la opción de parámetros de fuente puntual son los siguientes.

- Emission Rate (taza de emisión), este valor se lo obtuvo de los promedios acumulativos de los agentes contaminantes.
- Stack Height, (Altura del receptor), se eligió en trabajo de campo el número 3m para comenzar a realizar su distribución de contaminantes.
- Ambient Air Temperatura (Temperatura ambiente de la zona de estudio).

Los valores para los siguientes parámetros se los obtuvo de manera bibliográfica (Palacios, 2010)

- Stack Inside Diameter (Diámetro de la fuente contaminante)
- Stack Gas Exit Velocity (Velocidad con la que es expulsada el agente contaminante al ambiente).
- Stack Gas Exit Temperature (Temperatura del gas expulsado).

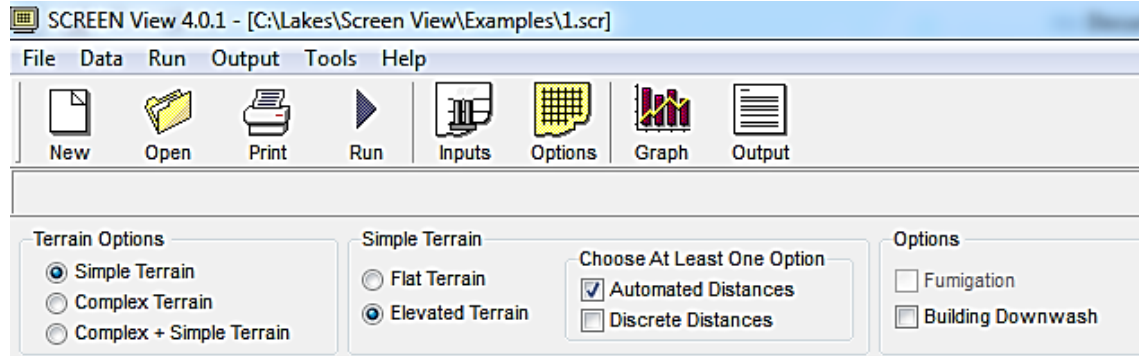


Figura 10. Selección de terreno  
Elaborado por el Autor

En esta ventana se abren las siguientes opciones a elegirse.

- Terrain Opción (Opciones de Terreno), donde se eligió la opción Simple Terrain (Terreno Simple)
- Simple Terrain (Terreno Simple), se eligió la opción Elevated Terrain (terreno elevado).
- Automated Distances (Distancias Automáticas).

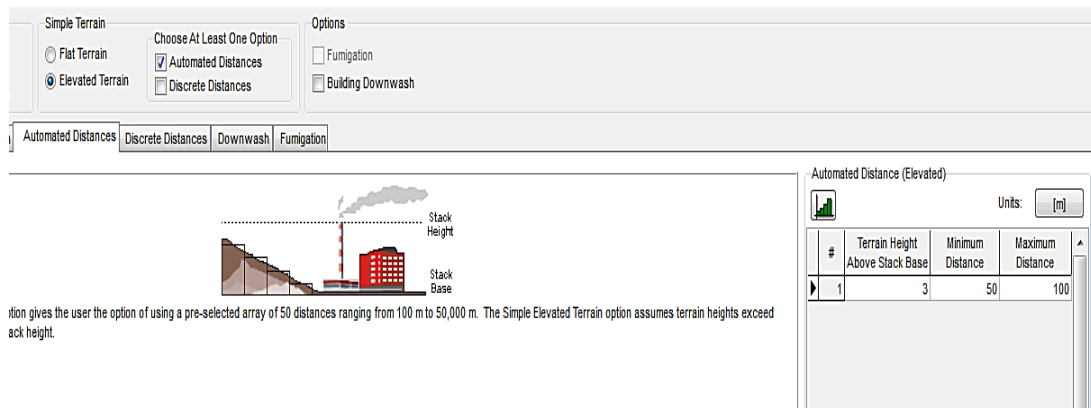


Figura 11. Ventana de distancias automáticas  
Elaborado por el Autor

En la ventana Automated Distances (Distancias Automáticas), se activan al lado derecho de la pantalla las tres opciones Altura del terreno, Distancia mínima y Distancia máxima, se ingresan los datos seleccionados y obtenidos del estudio en campo realizado.

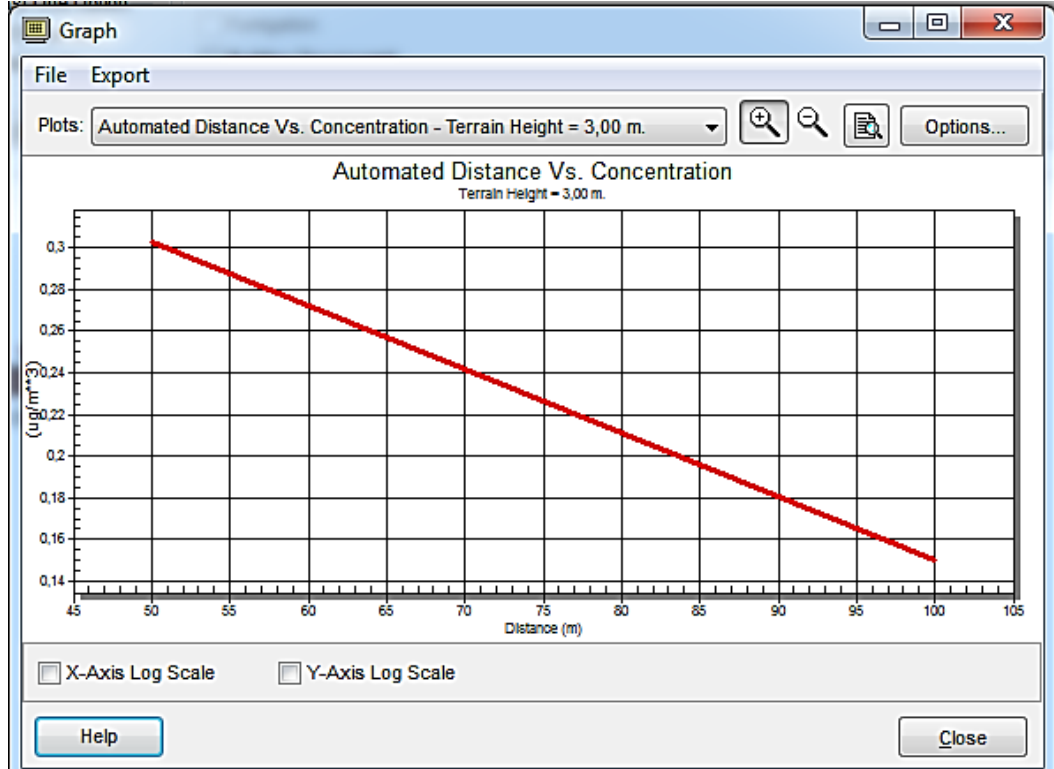


Figura 12. Gráfica resultante para la distribución lineal de contaminante CO  
Elaborado por el Autor

En la gráfica lineal resultante se da la relación de distancias automáticas vs concentración. Se puede verificar en la Figura 24, que a los 50 metros el valor de emisión es de  $0.3 \mu\text{g.m}^{-3}$  y a los cien metros de distancia el valor desciende a  $0.14 \mu\text{g.m}^{-3}$ .

- **NOAA Air Resources Laboratory - Software HYSPLIT**

Este software calcula la dispersión espacial y temporal de la concentración de los contaminantes en estudio.

Para el cumplimiento del objetivo tres también se utiliza el software en línea **NOAA Air Resources Laboratory** “Advancing atmospheric science and technology through Research”. Se utiliza los datos de la Tabla 7 y 8, para este ejemplo se hace uso de valor resultante del contaminante CO en el periodo de 12:30 – 13:30, en la Zona Norte.

A continuación se muestra detalladamente el funcionamiento del programa en línea

Figura 13. Plataforma de Hysplit  
Elaborado por el Autor

En la ventana desplegada, se selecciona la opción Run HYSPLIT Dispersion Model (includes volcanic ash), (Ejecutar el modelo de dispersión HYSPLIT, incluyendo la ceniza volcánica),

Release Type:  [Here info](#)

Meteorology:  [Here info](#)

Source Location (enter using **one** of the following methods):

Click a location on the map or select from below:

Decimal Degrees Latitude:   Longitude:

DDD/MM/SS Latitude:          Longitude:

City (Country or State; name: lat: lon):

Airport or WMO ID (i.e., dca):  ID Lookup

Figura 14. Ingreso de parámetros de la zona de estudio  
Elaborado por el Autor

En la ventana Release Type, Meteorology & Starting Location (Tipo de publicación, meteorología y ubicación inicial), se procede a llenar los campos que nos pide el programa como son

- Release type (Tipo de lanzamiento), la fecha en las cuales se realiza el trabajo.
- Meteorology (Meteorología), por defecto del programa, en este campo se selecciona el día en cual se está tomando en cuenta para la investigación.
- Source location, (Ubicación de origen), en el mapa expuesto se elige la zona de estudio.

De igual manera en la parte inferior se muestran algunos campos como:

- Decimal Degrees Latitude y Longitude (Grados decimales de latitud y longitud de la zona de estudio)
- DDD/MM/SS Latitud de la zona de estudio.

The image shows a software interface with two main sections. The top section is a light blue rounded rectangle containing the following text: **Event Type:** Exercise - Unspecified, **Release:** Unknown, **Pollutant:** Unknown, **Meteorology:** Archived GDAS0p5, and **Source Location:** Lat: 0.599162 Lon: -77.835356. The bottom section is a light blue rounded rectangle containing three rows of configuration options. The first row is 'Choose an archived meteorological file:' with a dropdown menu showing '20171127\_gdas0p5'. The second row is 'Deposition:' with a dropdown menu showing 'No' and a 'More info' link with a right-pointing arrow. The third row is 'Advanced Options:' with a dropdown menu showing 'No' and a 'More info' link with a right-pointing arrow.

<b>Event Type:</b>	Exercise - Unspecified
<b>Release:</b>	Unknown
<b>Pollutant:</b>	Unknown
<b>Meteorology:</b>	Archived GDAS0p5
<b>Source Location:</b>	Lat: 0.599162 Lon: -77.835356

Choose an archived meteorological file:	20171127_gdas0p5 ▾	
Deposition:	No ▾	<a href="#">More info ▶</a>
Advanced Options:	No ▾	<a href="#">More info ▶</a>

*Figura 15.* Archivo de meteorología y otra información de configuración  
Elaborado por el Autor

En la ventana de Meteorology File and other configuration information (Archivo de meteorología y otra información de configuración) se muestran los datos ya establecidos para el desarrollo del programa, para esto se escogió la fecha del día ultimo de mediciones y se llena el campo Choose an archived meteorological file (Elegir un archivo meteorológico archivado).

### Source Term Parameters

Dispersion direction:  Forward  
 Backward (Change the default start time!) [More info](#) ▶

Release starting time (UTC):  
 Current time: 17:22  
 year: 18 month: 11 day: 27 hour: 12 minute: 30 [More info](#) ▶

Source latitude: 0.599189 degrees [More info](#) ▶

Source longitude: -77.835381 degrees (West is negative) [More info](#) ▶

Release top: 3 meters AGL [More info](#) ▶

Release bottom: 3 meters AGL

Release quantity: 5.58E8 ug [More info](#) ▶

Release duration: 1 hour(s) 0 minutes [More info](#) ▶

Figura 16. Destalles del modelo de ejecución  
 Elaborado por el autor

Siguiendo el procedimiento del software de HYSPLIT, Model Run Detail (Detalles del modelo de ejecución) se llena los campos que pertenecen a Source Term Parameters (Parámetros de la Fuente) donde consta de:

- Dispersion Direccion (Dirección de dispersión)
- Release starting time (UTC (Tiempo de inicio de lanzamiento (UTC))
- Source latitude (Latitud de la fuente)
- Source longitude (Longitud de la fuente)
- Release top (Lanzamiento superior)
- Release bottom (Parte inferior de la liberación)
- Release quantity (Cantidad de liberación)
- Release duration (Duración de la liberación).

### Runtime Parameters

Total duration:  hour(s) [More info ▶](#)

Averaging period/Output interval:  hour(s) [More info ▶](#)

Top of averaged layer:  meters AGL (must be >= 100m) [More info ▶](#)

### Display Options

GIS output of contours?  None  Google Earth (kmz)  GIS Shapefiles [More info ▶](#)

The following options apply only to the GIF, PDF, and PS results (not Google Earth)

Plot resolution (dpi):  [More info ▶](#)

Zoom factor:  [More info ▶](#)

Distance circle overlay:  None  Auto  4 circles spaced  km apart [More info ▶](#)

U.S. county borders?  Yes  No [More info ▶](#)

Postscript file?  Yes  No [More info ▶](#)

Create PDF file of graphics?  Yes  No [More info ▶](#)

Figura 17. Detalles del modelo de ejecución, segunda parte.  
Elaborado por el Autor

En esta imagen se muestra la continuación de la parte de Model Run Detail (Detalles del modelo de ejecución,

- Runtime Parameters (Parámetros de tiempo de ejecución) donde se selecciona la hora y los intervalos de contaminación
- Display Opción (Opciones de pantalla), estas opciones nos sirven para la ejecución de los gráficos resultantes.

Terminado con la ejecución de Request Dispersión Run (Solicitud De Ejecución De Dispersión)

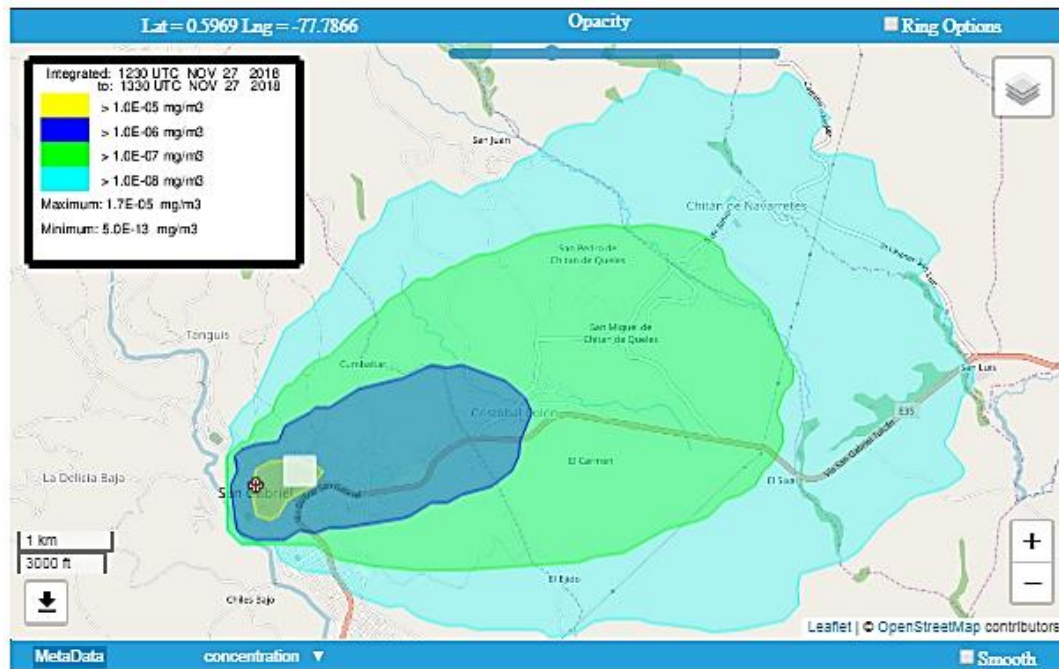
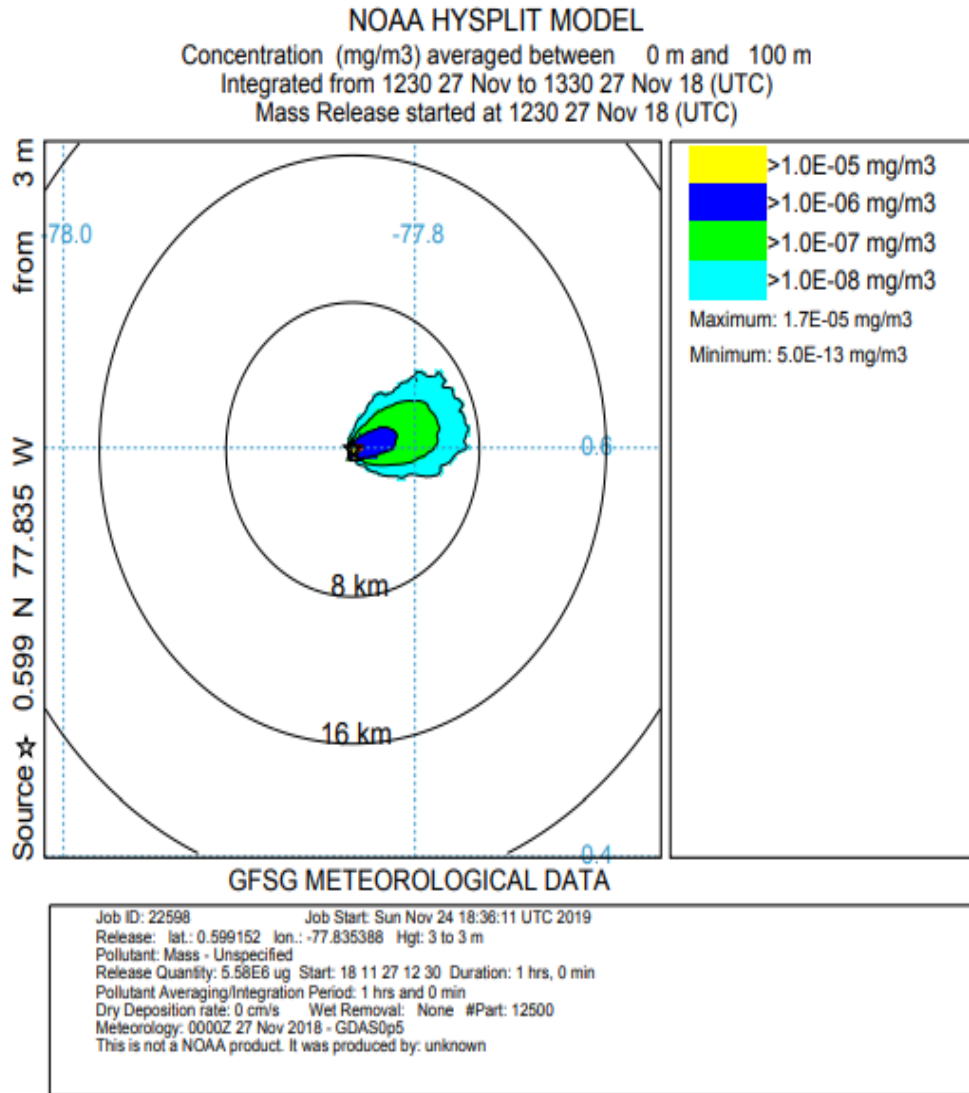


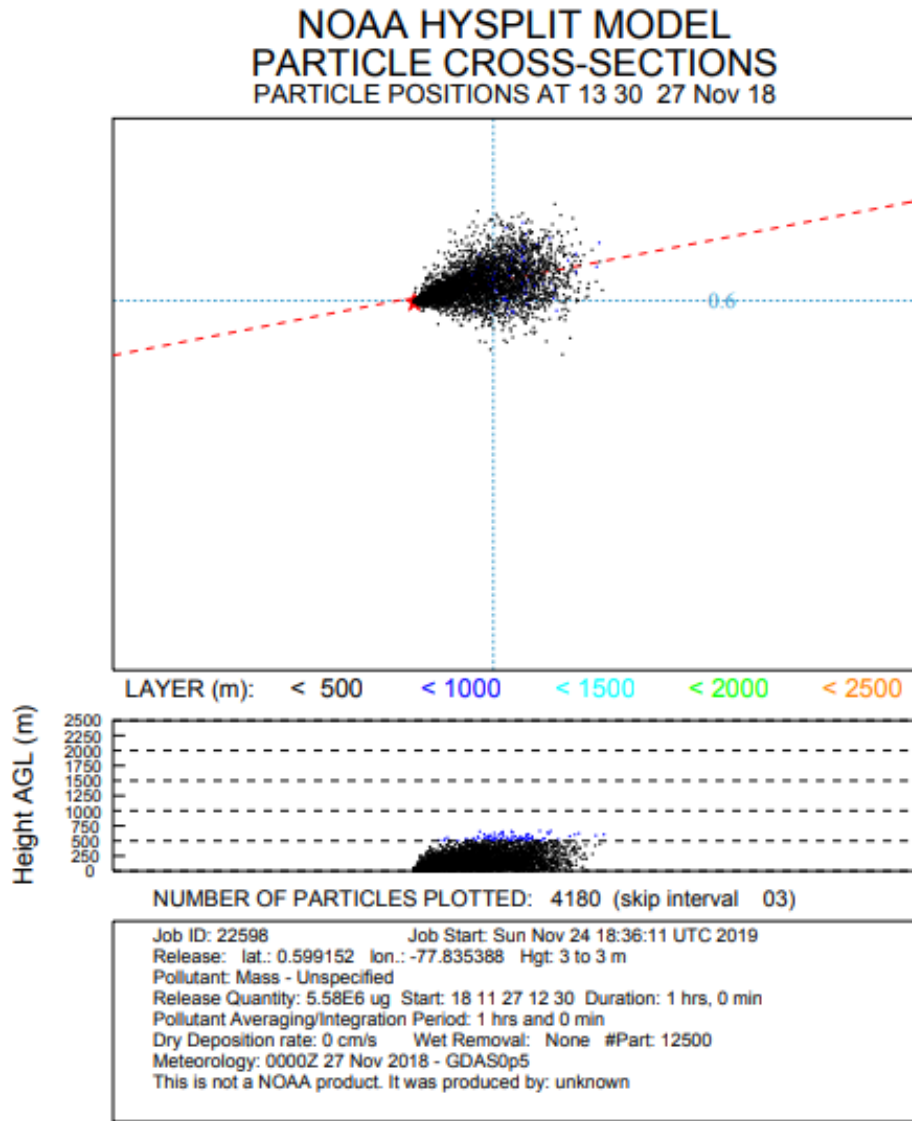
Figura 18. Gráfica resultante de la dispersión de contaminantes con el software HYSPLIT  
 Elaborado por el Autor

En la Figura 18 se muestra la simulación de la dispersión de contaminantes, proporcionada por el software en línea se incluye la leyenda en la parte superior izquierda donde se muestra la variación de cantidad de contaminantes según los colores a expresarse por defecto del software y numéricamente el valor máximo de concentración es de  $1.7E^{-05} \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  y valor mínimo es de  $5.0E^{-13} \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  del agente CO en las horas de 12:30 a 13:30 de la tarde y en la zona norte.



*Figura 19.* Documento resultante que nos ofrece la plataforma de hysplit.  
 Elaborado por el autor

En la Figura 19, se observa detallada la información obtenida como es: la dirección y trayectoria de la concentración en el horario de 12:30 a 13:30, también se incluyen los rangos de cantidad de contaminante y el radio que por defecto del programa nos calcula cada 8 km de distancia. También en la parte inferior de la imagen se hace una descripción específica del trabajo realizado.



*Figura 20.* Sección de partículas  
Elaborado por el autor

Se adiciona esta imagen que brinda la plataforma de HYSPLIT, donde se muestra la dirección y altura con la que las partículas se van expandiendo en el ambiente. También indica la relación entre las partículas en metros y la altura de estas a donde llegan en el transcurso de una hora que se toma como referencia para realizar que se realizan las mediciones, como en este ejemplo desde las 12:30 hasta la 13:30.

## WRPLOT VIEW FREEWARE7.0.0

WRPLOT View 7.0.0, nos indica la orientación de los vientos, en este software se utilizaron los datos meteorológicos de cada uno de los meses en estudio, datos obtenidos de la base de datos del INAMHI de la estación M0103 San Gabriel.

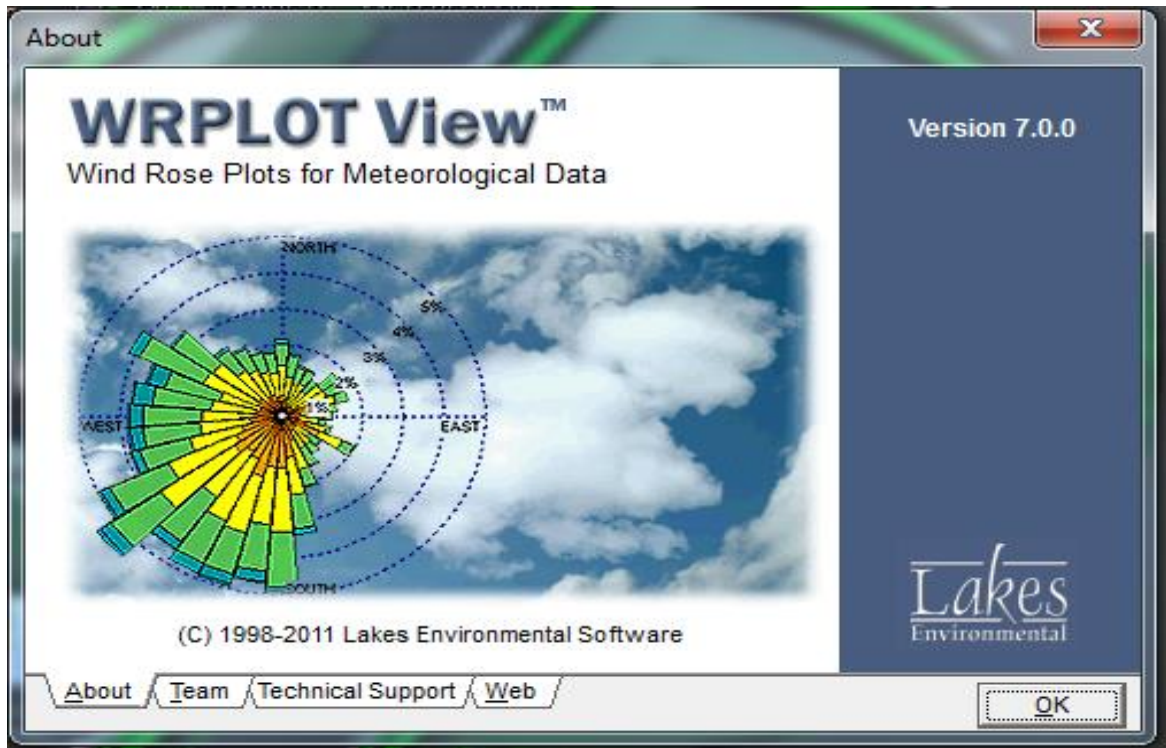


Figura 21. WRPLOT View  
Elaborado por el autor

WRPLOT View es un programa totalmente operativo de rosa de los vientos para sus datos meteorológicos

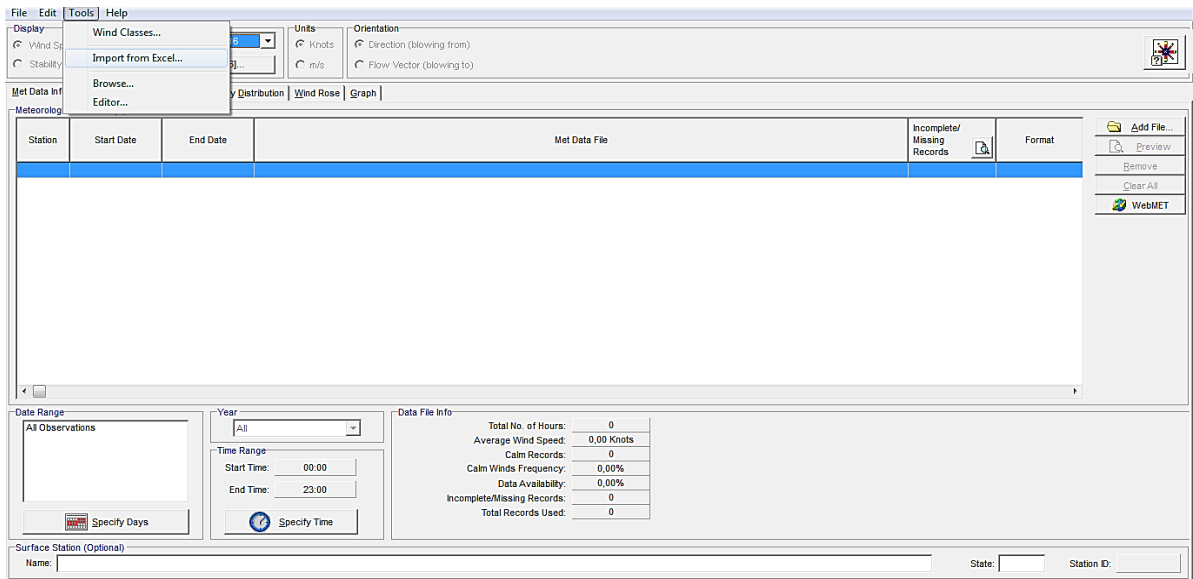


Figura 22. Herramientas  
Elaborado por el autor

Seleccionamos la herramienta Tools (Herramientas) y la opción Import from Excel (Importar desde Excel).

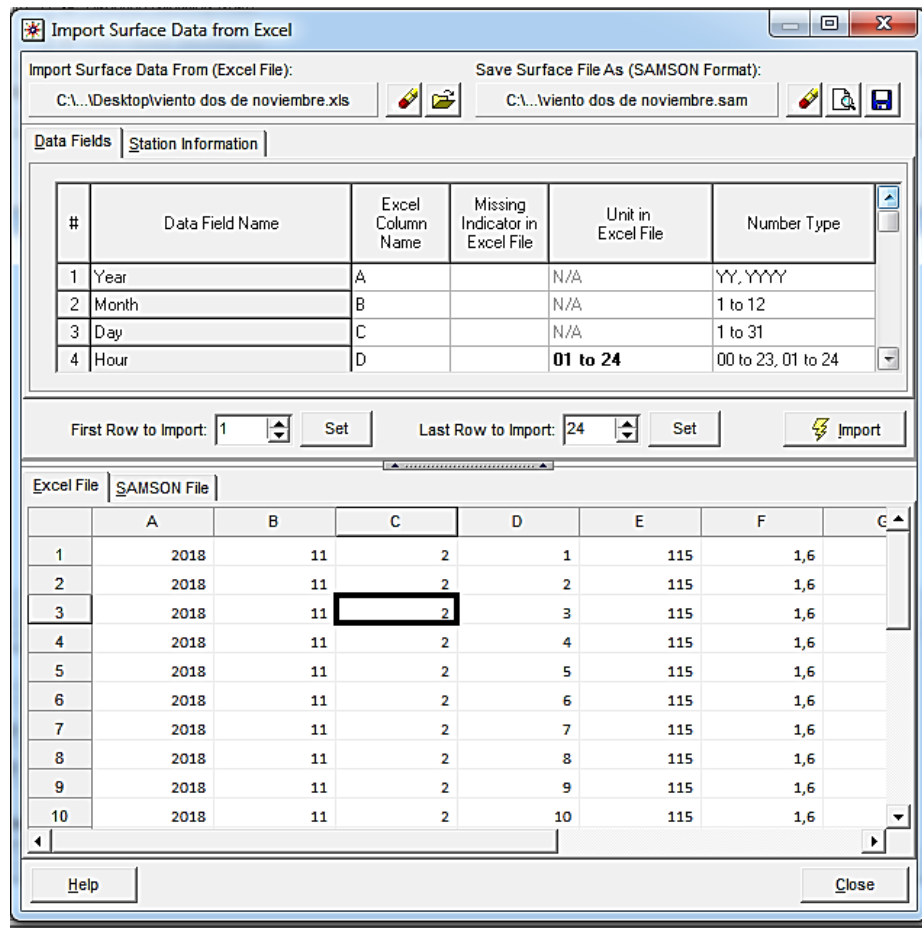


Figura 23. Importar Datos desde Excel  
Elaborado por el autor

Se muestra la ventana Import Surface Data From Excel (Importar Datos desde Excel), donde se selecciona la carpeta amarilla para importar datos, seguidamente de Excel File (Archivo Excel) y llenar los campos Data Fields (campo de datos).

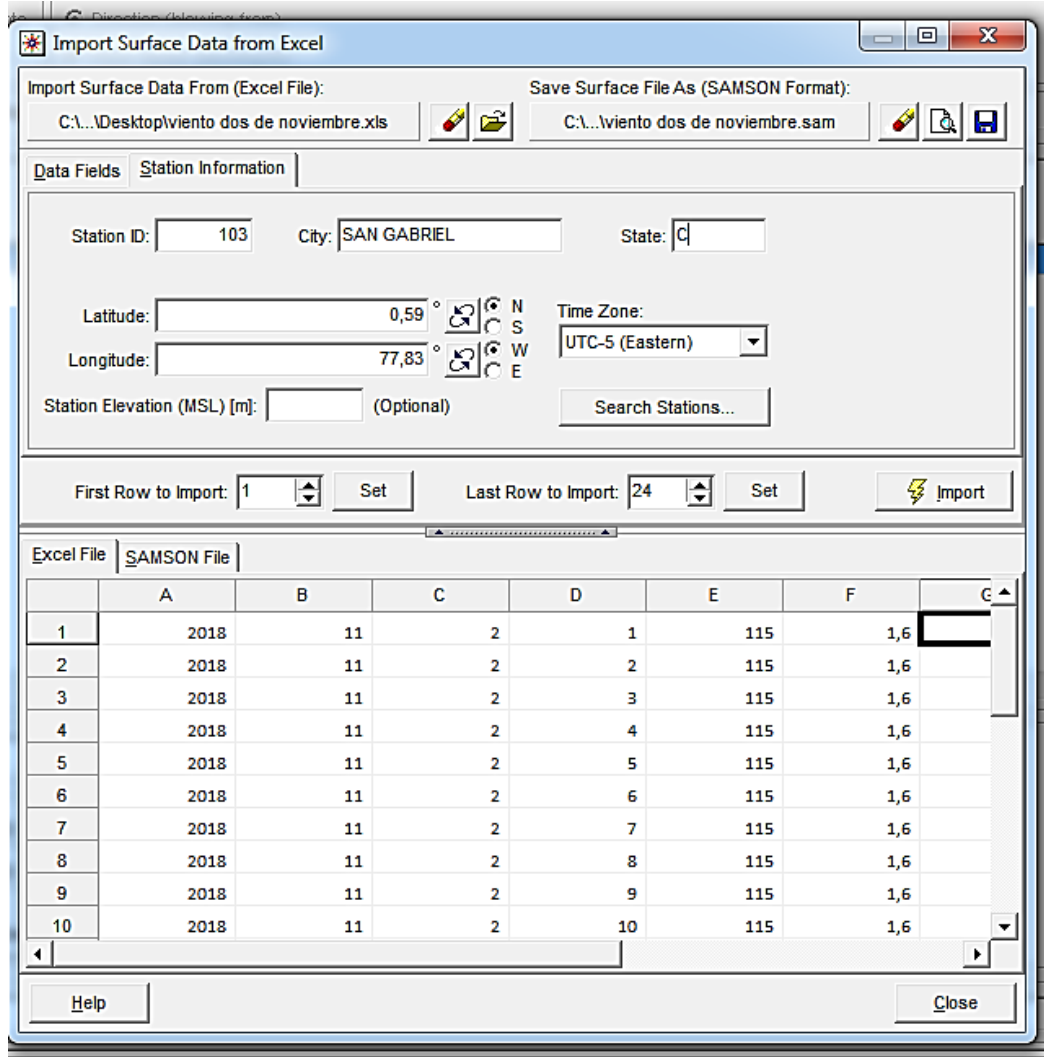


Figura 24. Información de la estación  
Elaborado por el Autor

Se selecciona y se llenan los campos en la sección Station Information (Información de la estación) y se hace click en Import (importar), en donde se importan los datos de Excel hacia a plataforma de Wplot.

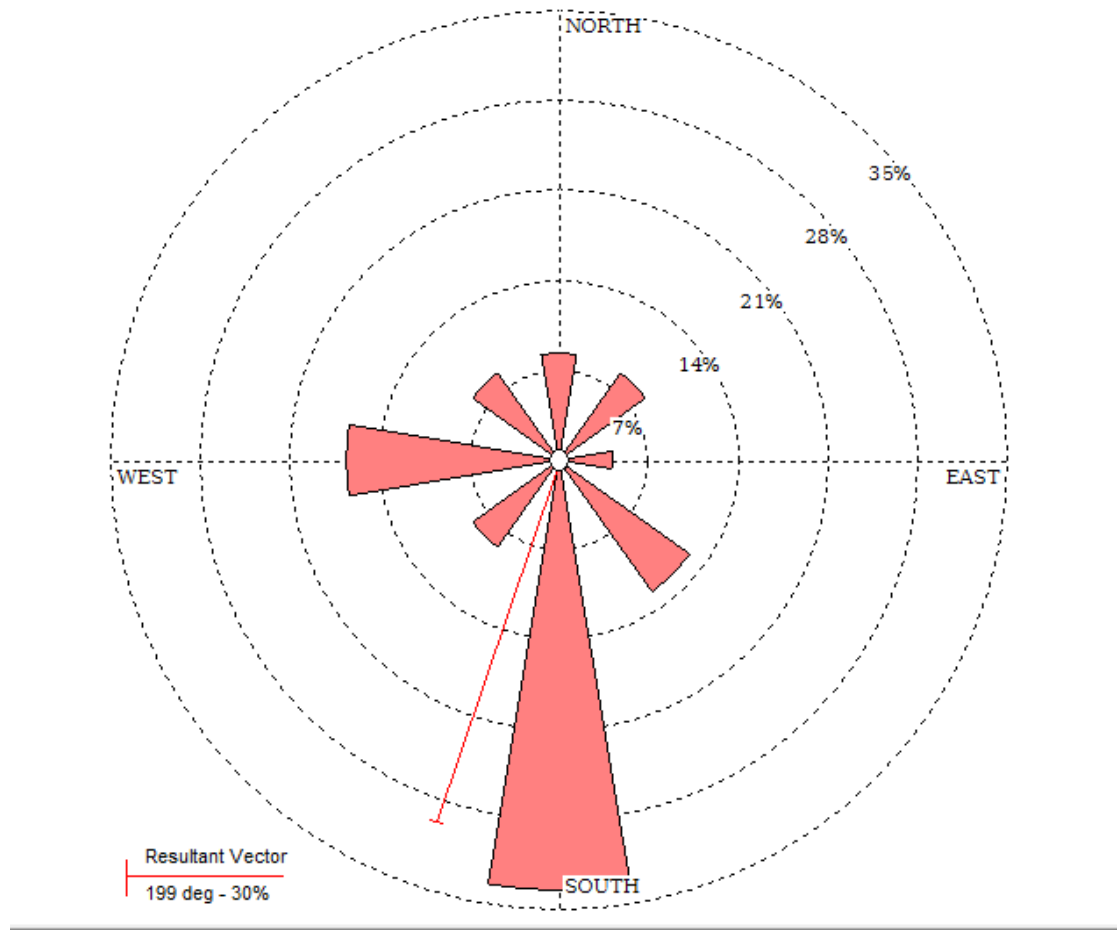


Figura 25. Rosa de vientos resultante  
Elaborado por el autor

Se muestra el diseño de Wind Rose (Rosa de Vientos), donde se verifica la dirección de origen y la dirección a donde proviene el viento, del día el cual se tomó de referencia para introducir los valores de emisiones, el mismo que nos muestra que la dirección predominante en ese día es de SW.

#### 6.4 Objetivo Específico 4

Para dar cumplimiento al **Objetivo Específico 4** se validaron todos los recursos necesarios como fueron los resultados de las encuestas aplicadas a la muestra de la población, realizadas en el mes de enero en el día 20 del año 2019, el lugar de estudio fue clasificado en Zona Norte, Zona Centro y Zona Sur de la ciudad de San Gabriel tomando en cuenta la ruta que recorren los buses de transporte urbano. El objetivo principal de la encuesta fue tener un punto de opinión de la

ciudadanía y con estos datos relacionar el trabajo que se ha venido realizando durante el desarrollo del proyecto.

El cálculo de la muestra se realizó en base a la siguiente fórmula:

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

En donde:

n = Tamaño de la muestra

N = 14487 habitantes de San Gabriel

E = 5% (Limite aceptable de error de la muestra)

Z = 1.96 (nivel de confianza 95%)

P = 50% probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = 50% probabilidad de fracaso

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 14487}{14487(0.05)^2 + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$
$$n = 374$$

Se presentan los resultados de la encuesta que fue aplicada a la ciudadanía de la ciudad de San Gabriel, con un número 374 personas encuestadas como muestra de la población existente.

Los resultados se muestran en porcentajes, siendo las 374 encuestas el 100%:

En la pregunta 1, Se obtuvo la siguiente repuesta en valoración de porcentaje en los literales, c. Es importante con el 38 % y d. Muy importante el 59%.

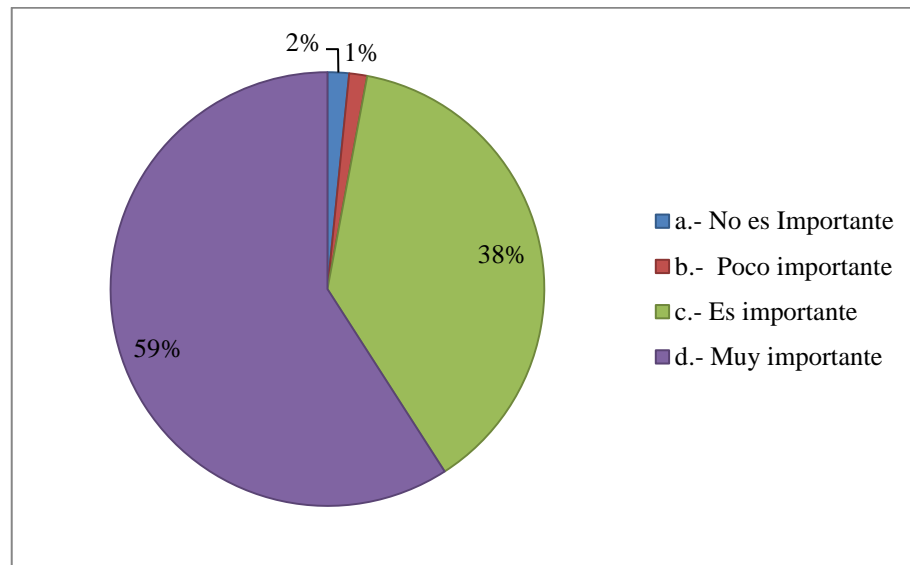


Figura 26. ¿Qué tan importante es cuidar el medio ambiente?  
Elaborado por el autor

- La pregunta 2, obteniendo como resultado los siguientes porcentajes más irrelevantes con c.-Medianamente un 33% y d.-Mucho con 60%.

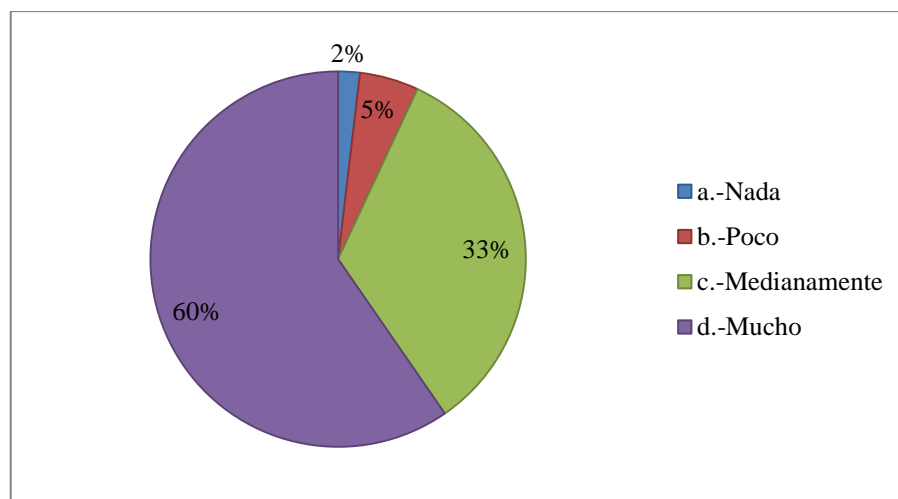


Figura 27. ¿Piensa Ud. que la contaminación del aire afecta a la salud del ser humano?  
Elaborado por el autor

- En la pregunta 3, los resultados más relevantes fueron: a.- Nada con 2%, b.- Poco 47% y c.-Mucho 51%.

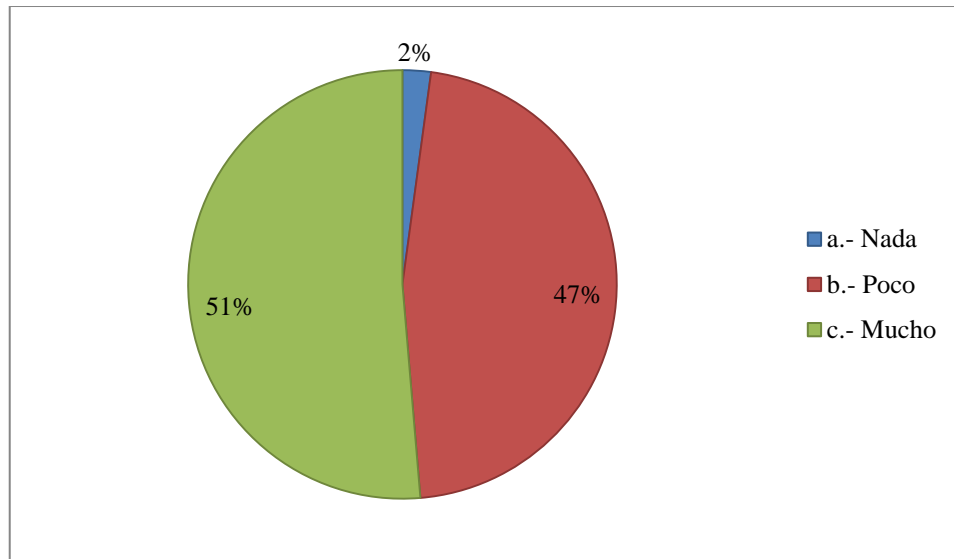


Figura 28. ¿Cuán contaminada cree Ud. que está la ciudad de San Gabriel?  
Elaborado por el autor

- Para la pregunta 4, los resultados fueron a.- Aguas Residuales un 16%, b.- El smog un 61% y c.- Residuos Sólidos con 23%.

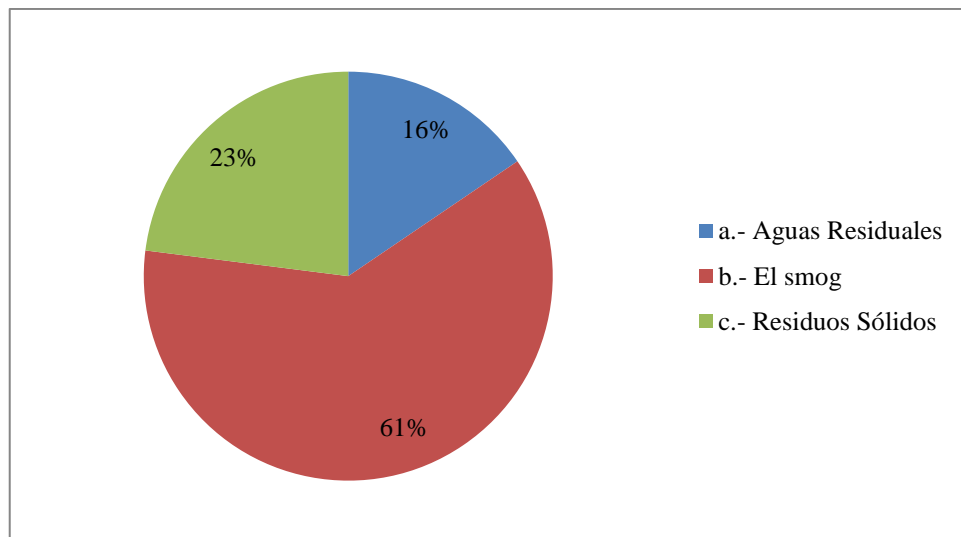


Figura 29. ¿Cuáles son los agentes que causan la contaminación del aire?  
Elaborado por el autor

- En la pregunta 5, como resultados relevantes, se tiene el c.- Medianamente existe un 46% y literal d.- Mucho con el 41%.

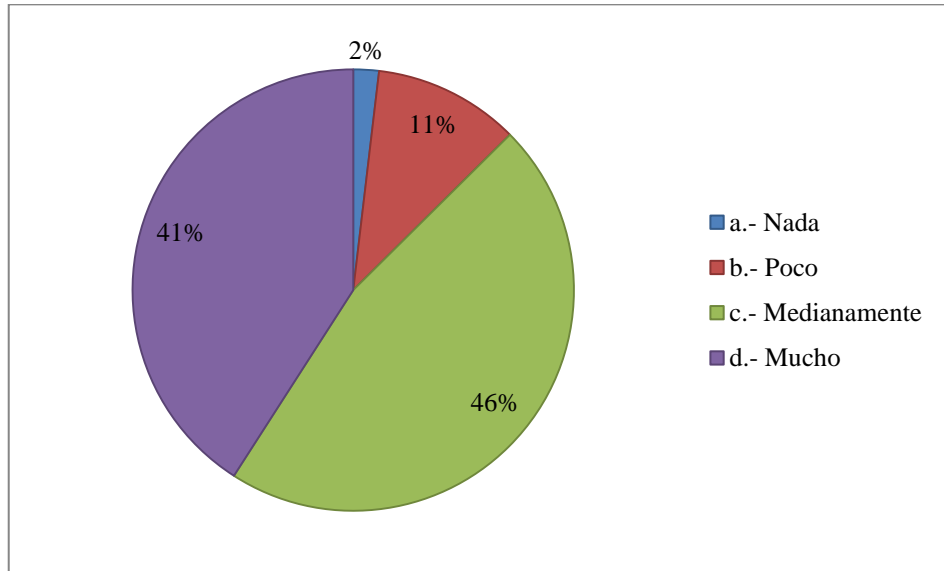


Figura 30. ¿Cree Ud. que el transporte afecta a la contaminación del aire?  
Elaborado por el autor

- En la pregunta 6, obteniendo como resultados apreciables los literales c.- Mucho un 39% y d.- Desconozco con un 48%.

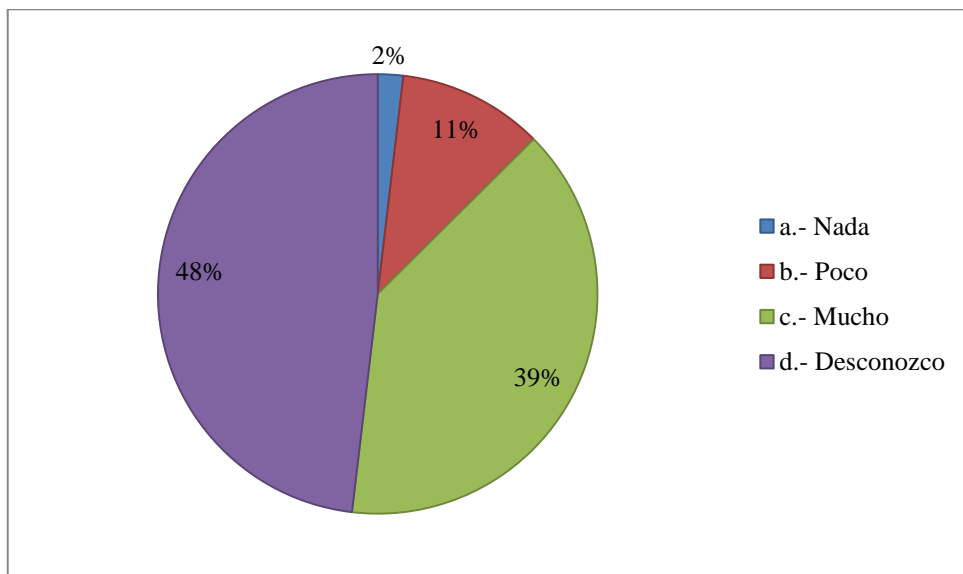


Figura 31. ¿Cree Ud. que el Monóxido de Carbono afecta a la salud de las personas?  
Elaborado por el autor

- Para resultados de la pregunta 7 los principales resultados obtenidos son los siguientes:  
a.- Nada un 2%, b.- Poco un 14%, c.-Mucho con el 17% y d.-Desconozco el 67%.

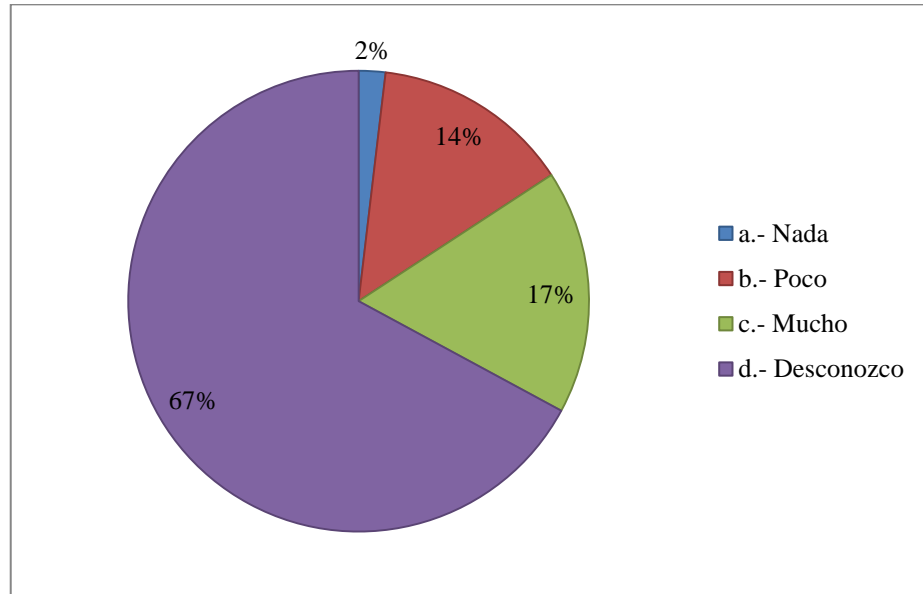


Figura 32.. ¿Cree Ud. que los Óxidos de Nitrógeno afectan a la salud de las personas?  
Elaborado por el autor

- Para la pregunta 8 expresa lo siguiente sus resultados fueron, a.- Nada un 4%, b.- Poco un 9%, c.- Siempre el 18% y d.- Desconozco el 69%

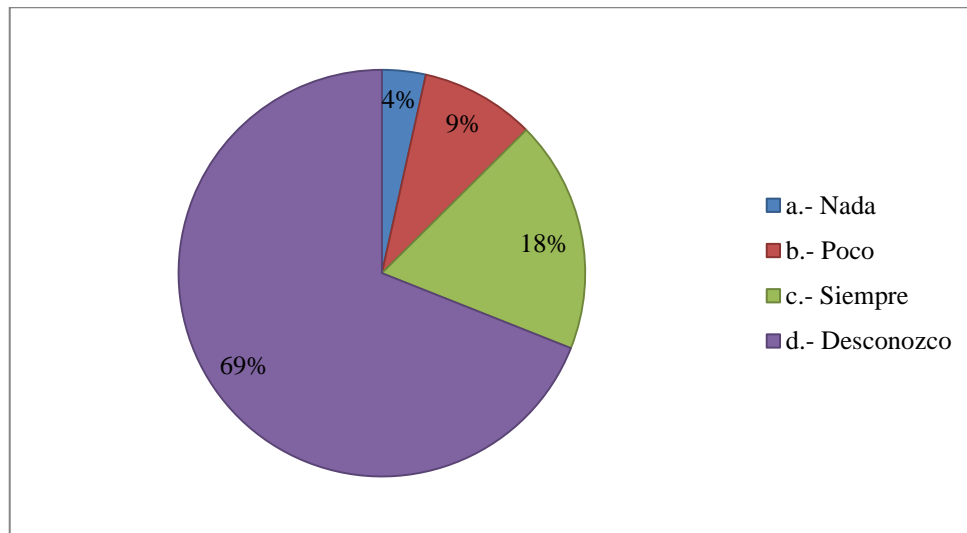


Figura 33. ¿Cree que el material particulado está presente en el ambiente?  
Elaborado por el autor

- En la pregunta 9 nueve los resultados de mayor distinción son: c.- Mucho un 32% y d.- Desconozco un 45%.

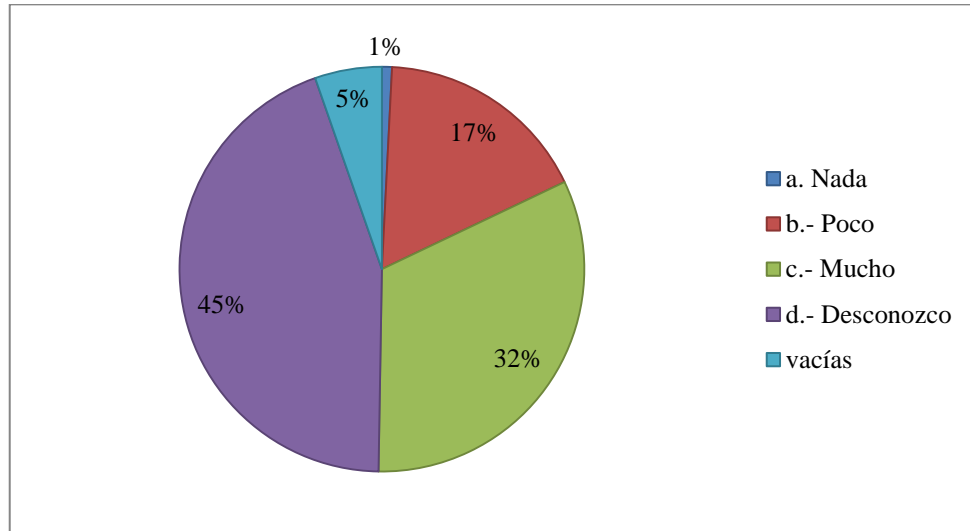


Figura 34. ¿Piensa que el material particulado afecta a la salud de las personas?  
Elaborado por el autor

- Para los resultados de la pregunta 10, se obtuvo que en los literales c.-Medianamente el 59% y d.-Mucho con el 30% son los máximos valores expuestos.

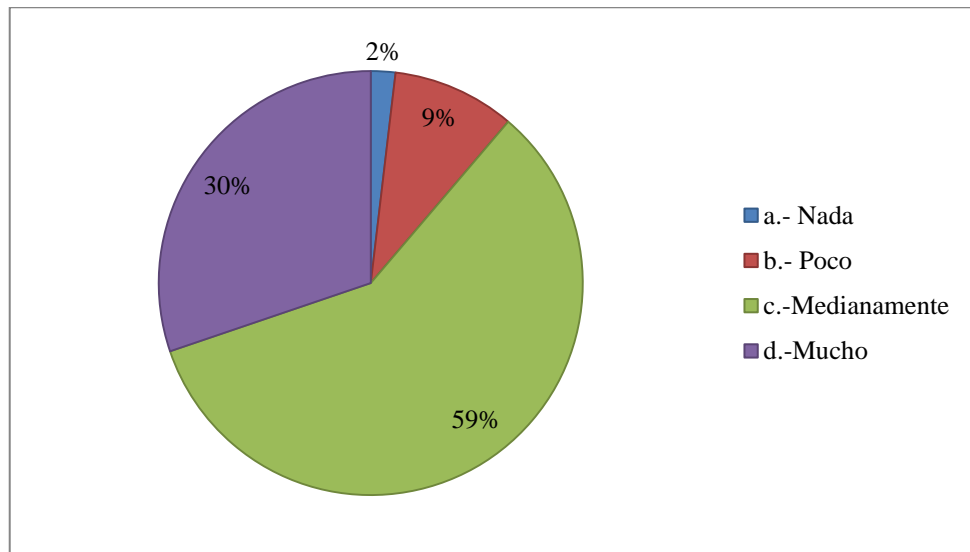


Figura 35. ¿Cree Ud. que las enfermedades respiratorias están asociadas con la contaminación del aire?  
Elaborado por el autor

- En la siguiente pregunta número 11, los resultados fueron a.- Faringitis el 18%, b.- Neumonía el 33%, c.- Amigdalitis un 41%, d.-Ninguna el 8%.

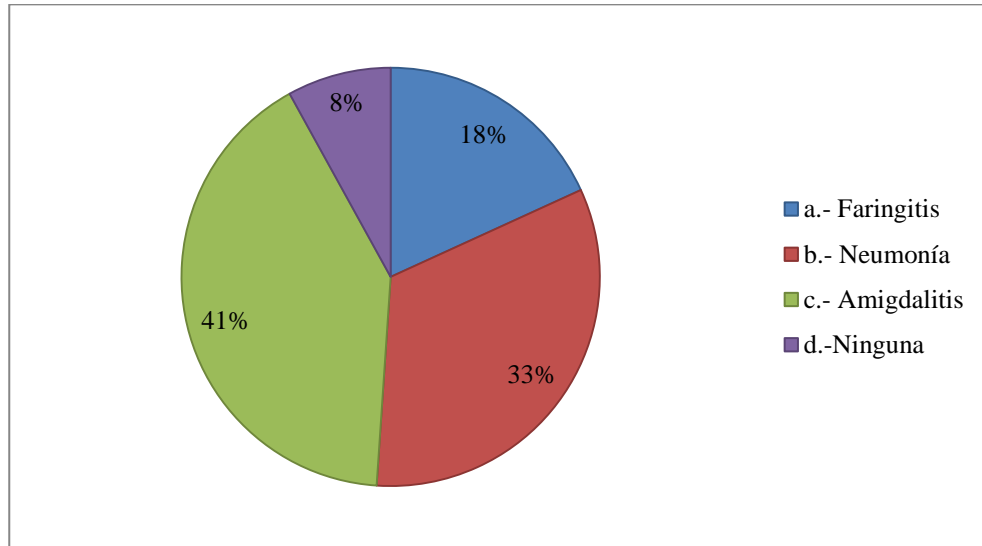


Figura 36. ¿Cuál de estas enfermedades ha sufrido?  
Elaborado por el autor

- En la pregunta doce Faringitis. - Dando como resultados los valores máximos para los literales, c.-10 días el 37% y d.- 20 días con el 22%.

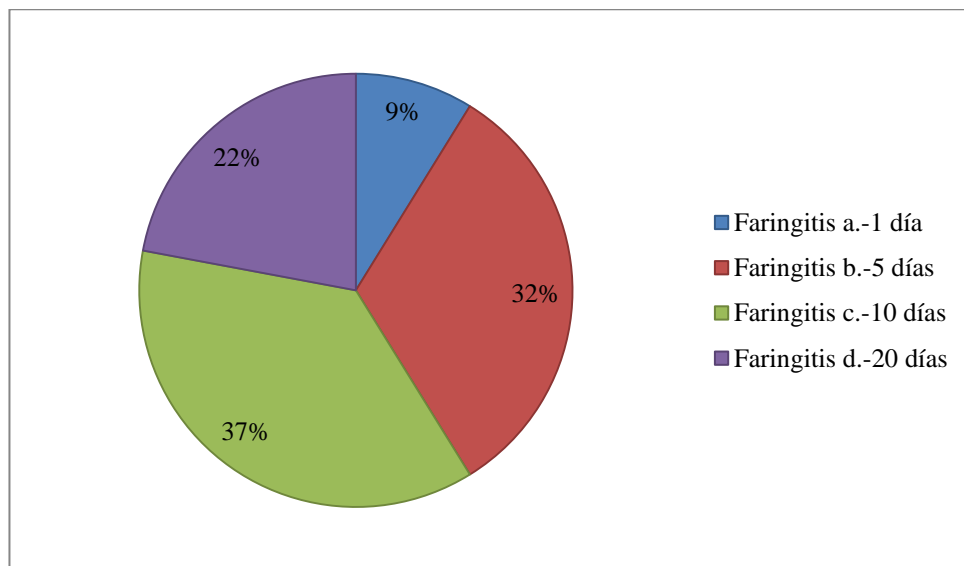


Figura 37. Porcentaje de la enfermedad de Faringitis  
Elaborado por el autor

Neumonía con un total de 123 personas que seleccionaron esta opción, la cual se divide en: c.- 10 días el 47% y d.- 20 días con el 19%.

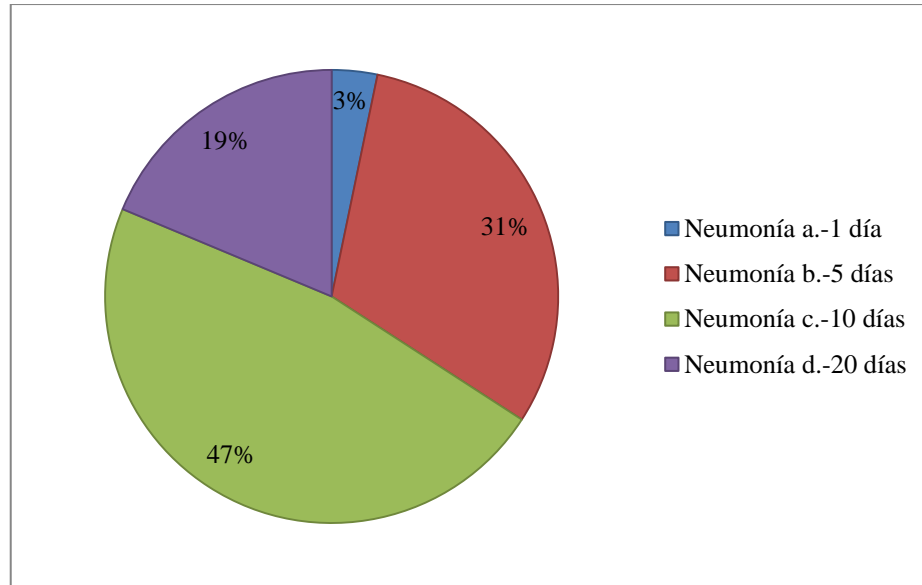


Figura 38. Porcentaje de la enfermedad de Neumonía  
Elaborado por el Autor

Amigdalitis. - los literales c.-10 días con el 52% y d.- 20 días con el 15 % de porcentaje más elevados.

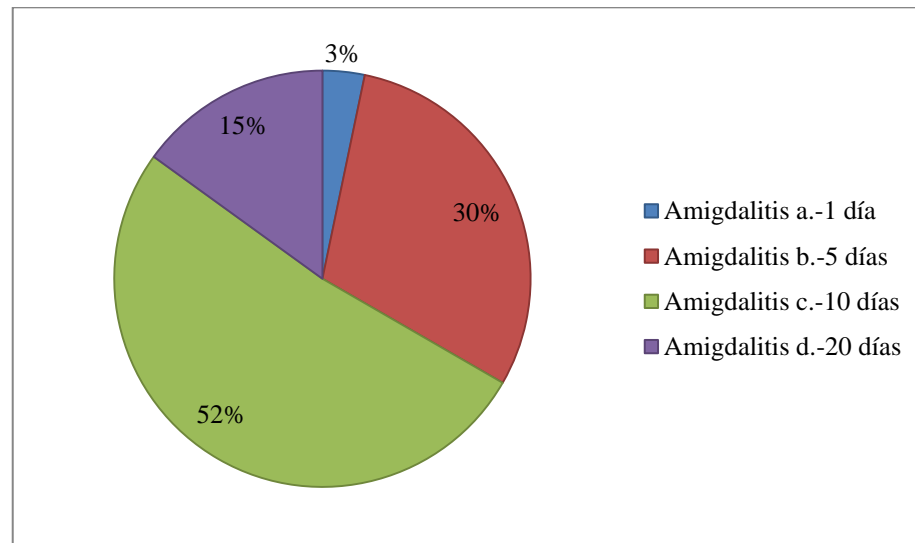


Figura 39. Porcentaje de la enfermedad de Amigdalitis  
Elaborado por el Autor

- En la pregunta número 13, que menciona, la respuesta con mayor porcentaje fue, c.- Es necesario con el 50 %.

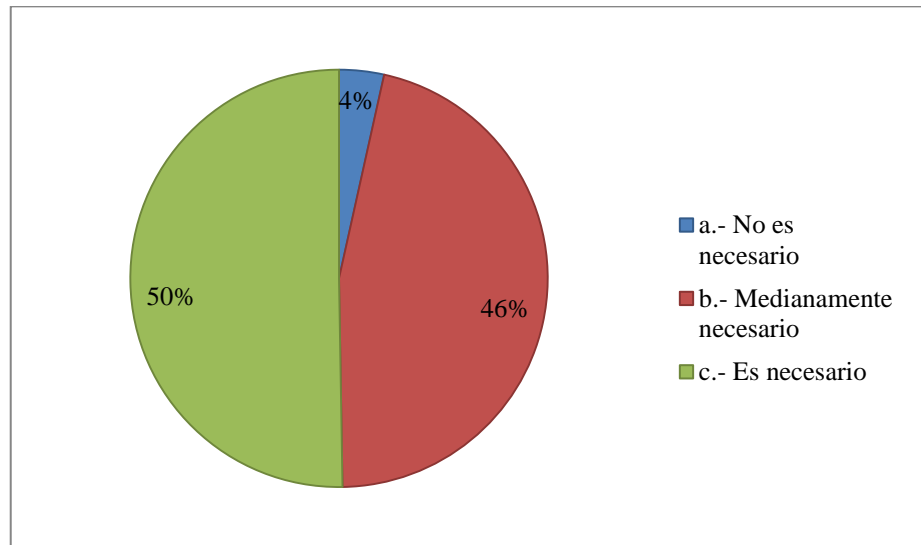


Figura 40. ¿Cree usted que es necesario capacitar a los conductores acerca de la contaminación al aire causada por el parque automotor?

Elaborado por el Autor

- Para la pregunta catorce, los resultados obtenidos son: a.- De lunes a viernes cualquier día con 41%, b.- sábados con 51%, y c.- domingos con el 8%.

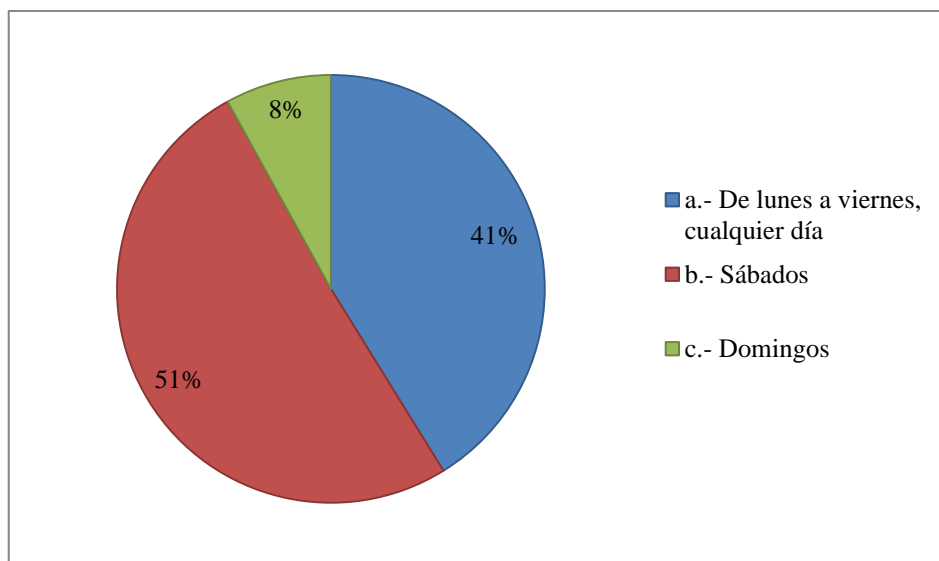


Figura 41. ¿Qué días piensa Ud. que es mayor la contaminación?

Elaborado por el Autor

Para la pregunta quince los resultados para esta pregunta fueron los siguientes: a.- por la mañana con el 30%, Por la tarde un 61% y Por la noche el 9%.

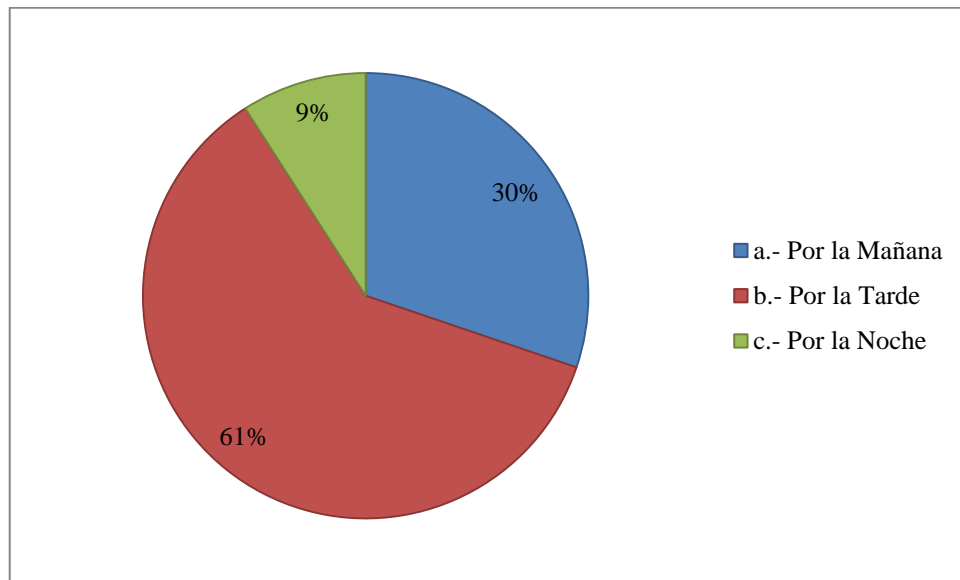


Figura 42. ¿Cuál de las partes del día, cree Ud. que existe mayor contaminación?  
Elaborado por el autor

- En pregunta dieciséis los resultados fueron a.- Precipitación (lluvia) con 17%, b.- Inversión con 17%, c. Viento con el 59% y d.- Desconozco con el 7%

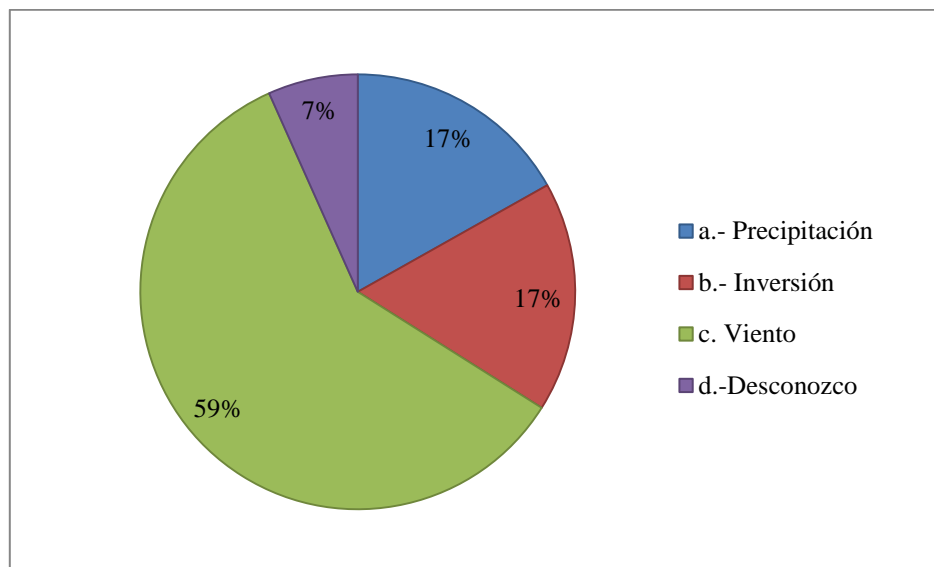
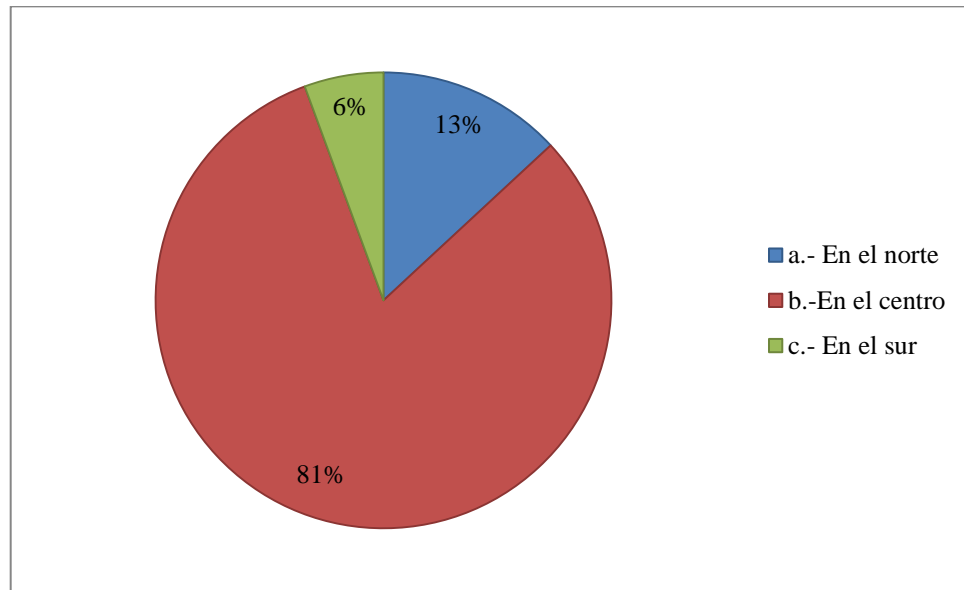


Figura 43. ¿Cuál de las condiciones atmosféricas impide la dispersión de la contaminación?  
Elaborado por el autor

- Finalmente, en la pregunta diecisiete siendo los resultados de las opciones propuestas así: a.- En el norte con 13%, b.-En el centro con 81% y c.- En el sur con 6%.



*Figura 44.* ¿En cuál de las zonas seleccionados, cree que la contaminación es mayor?  
Elaborado por el autor

#### **Correlación Cualitativa Social para el Cumplimiento del Objetivo Especifico 4**

Después de haber realizado la encuesta a la ciudadanía de San Gabriel, acerca de temas que encierran la contaminación ambiental específicamente el aire. La encuesta fue aplicada a un total de 374 encuestados siendo el 100% de la muestra y con sus resultados se realizó una correlación cualitativa social donde se presenta cada uno de los puntos de vista que muestran dichos resultados.

En San Gabriel y en todo el mundo se dice que el medio ambiente en el que se vive es importante para la vida en general y las respuestas que obtuvimos no es indiferente, ya que se obtuvo un 59% que considera muy importante cuidar el entorno en el que vivimos, un factor significativo como lo es el aire del que dependemos día a día. El elemento aire posiblemente se ve afectado por la contaminación producida por distintas fuentes de emisión; en esta investigación se puso énfasis en relacionar la cantidad de emisiones producidas por la circulación vehicular, de manera especial la proveniente de los buses con la salud del ser humano; según a este punto de vista un

60 % de los encuestados piensa que la contaminación al aire afecta a la salud del ser humano, cabe recalcar que estas afectaciones en el organismo se presentan a largo plazo haciendo que estos efectos negativos posiblemente se vuelvan acumulativos.

La ciudad de San Gabriel es una ciudad pequeña que presenta topografía irregular a lo largo y ancho de ella, también está rodeada de vegetación como árboles, cultivos. Desde el punto de vista meteorológico, se podría afirmar que es tiene una situación privilegiada para ayudan en la autodepuración de su ambiente; en la encuesta realizada para la pregunta: Cuán contaminada cree usted que está la ciudad de San Gabriel? se verifica que un 51 % de las personas encuestadas ha optado por la versión mucho, al relacionar estos valores de los criterios de los encuestados y los valores numéricos que se obtuvieron como resultados del objetivo 1, la realidad de San Gabriel como zona de estudio nos muestra que no presenta una contaminación significativa para catalogarla como una localidad contaminada.

Ahora bien, se dice que esta ciudad no tiene un nivel alto de contaminación, pero agentes que causan o contribuyen con el aumento de contaminación al aire se hacen presentes en el ambiente por ejemplo aguas residuales, residuos sólidos, smog y como estos muchos más, el resultado de la encuesta, con un 61%, indicó que un agente que aporta a esta contaminación es el smog, efecto posible causado proveniente del transporte que circula en la ciudad. Según el criterio de la población también afirma con el 46% cree que el transporte afecta mucho a la contaminación del aire, para poder dar criterio fundamentado a esto se realizó la investigación y se hizo una prueba de opacidad al transporte urbano público de la ciudad de San Gabriel, grupo determinado que se escogió ya que este tipo de transporte cumple rutas de recorrido prestando su servicio a la población y está dentro de la zona de estudio, estos buses son 22 con tipo de motor a diésel que en su mayoría pasó la prueba de opacidad y uno que otro esta sobre los niveles permisibles, estos y todos los tipos de transporte realizan una combustión interna generando contaminantes que son expulsados a la atmósfera y en si contaminando el aire poco a poco, los contaminantes que podemos encontrar en el ambiente son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y el material particulado (MP), entre otros, la investigación se basa en la cuantificación de estos tres tipos de contaminantes, en la encuesta realizada se formularon preguntas acerca de estos contaminantes relacionados con la salud de las personas donde los

mayores porcentajes nos muestran que los encuestados desconocen si aquellos contaminantes causan efectos posibles en la salud. Se realizó una pregunta especial para conocer lo relacionado al material particulado y su presencia en el ambiente, se obtuvo que el 69% desconocía. Estos resultados revelan el desconocimiento de lo qué son y de cómo afectan estos contaminantes a la salud de las personas, entre ellas se tiene a las enfermedades respiratorias logrando un 59%, lo que nos indica que estas enfermedades están medianamente relacionadas con la contaminación del aire, entre estas enfermedades se han identificado tres posibles enfermedades que pueden ser causa de la contaminación del aire, Faringitis, Neumonía y Amigdalitis; de ellas, la población expresó que el 41% de la muestra ha sufrido Amigdalitis, el 33% neumonía y el 18% Faringitis, todas ellas con un promedio de 10 días desarrollo y permanencia. El 8% no ha sufrido ninguna de estas enfermedades.

La contaminación del aire encierra bastantes temas, uno de ellos es la educación ambiental que nos da el conocimiento sobre temas y problemas ambientales. La educación nos brinda conciencia y sensibilidad hacia el planeta, actitudes, habilidades y lo más importante participación para el cuidado del ambiente, es por esto que se incluyó en la encuesta la importancia de capacitar a los conductores acerca de la contaminación del aire que causa el parque automotor, como resultado de la muestra de la población un 50% nos dice que es necesario realizar estas actividades para lograr todas las cualidades que nos ofrece la educación ambiental

En el desarrollo de proyecto de tesis, se realizaron mediciones en los días de la semana (lunes, martes, miércoles jueves, viernes y sábados), al aplicar la encuesta, de los resultados tabulados se desprendió que la población considera que la mayor contaminación se da en los días sábados, también se mencionó en la encuesta las partes del día (mañana tarde y noche) en las cuales la contaminación es mayor, dando que el mayor porcentaje es en la tarde con un 61%, confirmando los resultados de las mediciones. En cuanto a las zonas donde se podría experimentar una mayor contaminación, el 81% de los encuestados cree que la contaminación es mayor en la zona Centro de la ciudad.

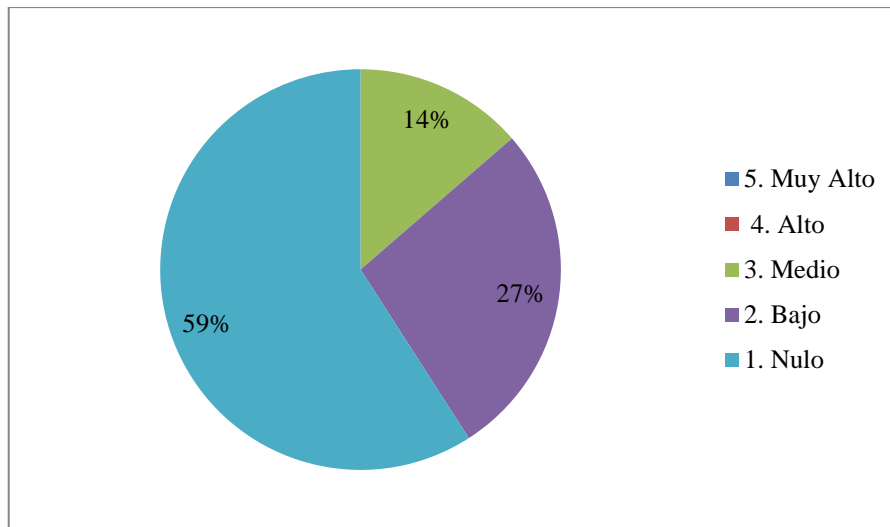
En relación a la pregunta destinada hacia los efectos de auto limpieza de la atmósfera, el 59 % de los encuestados expresó que es el viento el factor meteorológico que más podría ayudar en la dispersión de los contaminantes.

#### 6.5 Resultados del Objetivo Específico 5

El resultado del **Objetivo Específico 5** que es la Socialización del Proyecto, se obtuvieron las siguientes respuestas a la encuesta aplicada.

### ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN

- Primera pregunta



*Figura 45.* ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?  
Elaborado por el autor

Se obtuvo que el 59% de los asistentes consideró la opción muy alto, seguido por el 27 % eligió la opción bajo y finalmente el 14 % eligió la opción medio de la pregunta 1.

- Segunda Pregunta

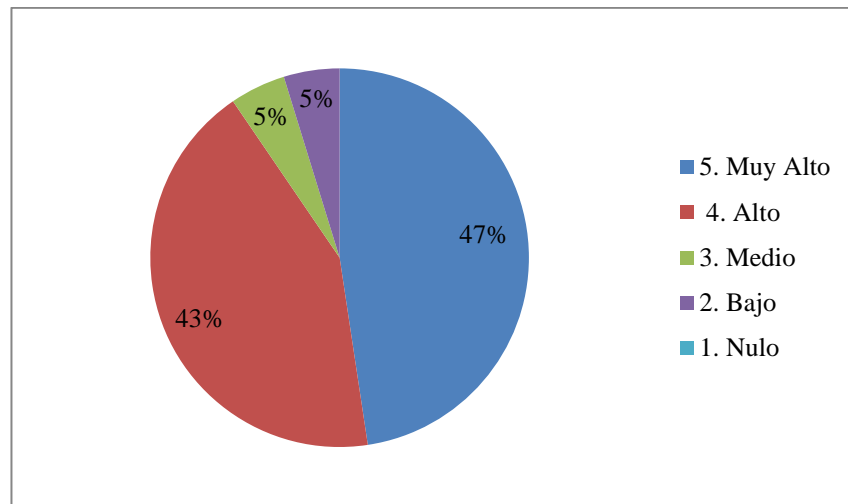


Figura 46. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?  
Elaborado por el autor

Se obtuvo que el 47% de los asistentes consideró la opción muy alto, seguido por el 43 % eligieron la opción alto, el 5 % la opción medio y el 5% de la opción bajo.

### EJECUCIÓN DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR

- Tercera Pregunta

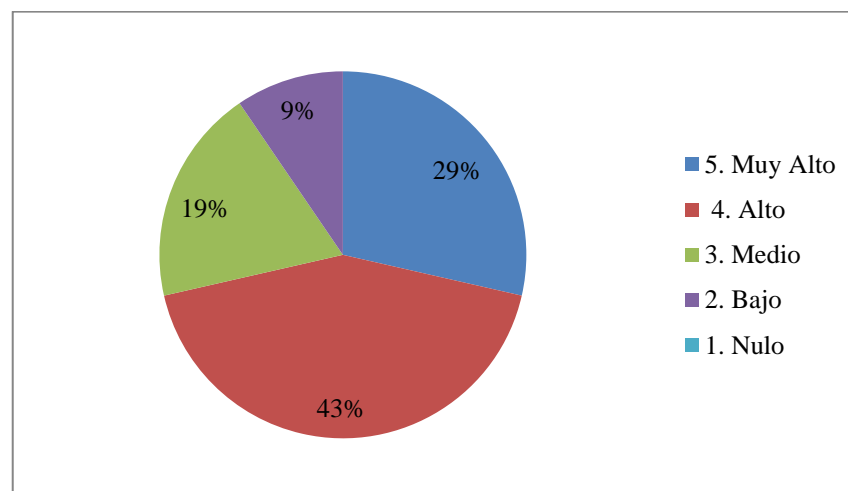
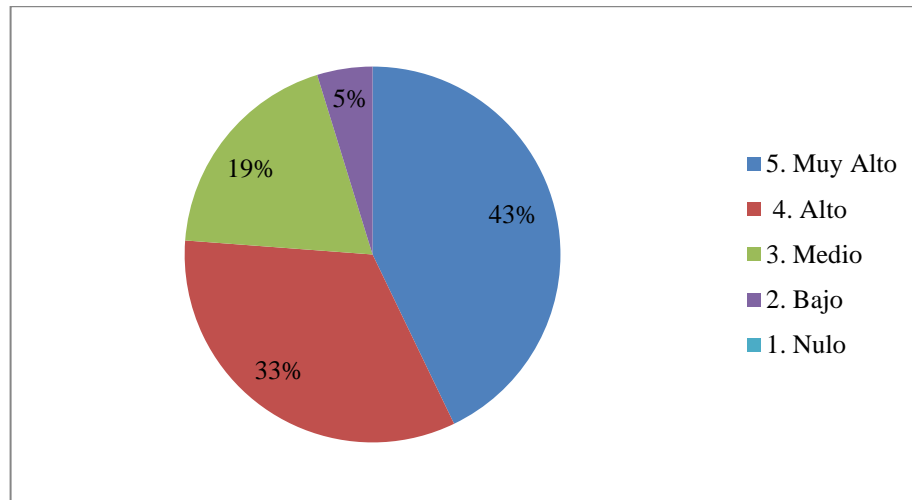


Figura 47. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?  
Elaborado por el autor

Se obtuvo que el 29% de los asistentes consideró la opción muy alto, seguido por el 43 % que eligió la opción alto, el 19 % la opción medio y el 9% de la opción bajo.

- Cuarta Pregunta



*Figura 48.* ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?

Elaborado por el autor

Se obtuvo que el 43% de los asistentes consideró la opción muy alto, seguido por el 33 % que eligió la opción alto, el 19 % la opción medio y el 5% de la opción bajo.

- Quinta Pregunta

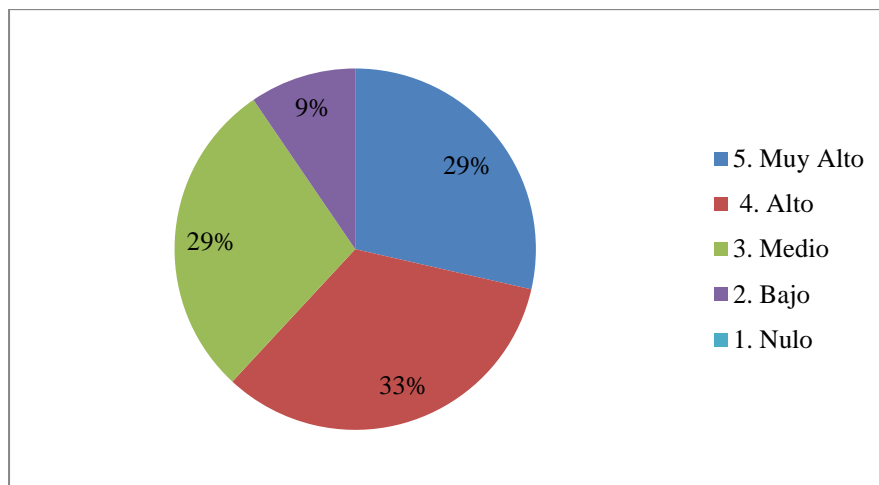


Figura 49 . ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?  
Elaborado por el autor

Se obtuvo que el 29% de los asistentes consideró la opción muy alto, seguido por el 33 % que eligió la opción alto, el 29 % la opción medio y el 9% de la opción bajo.

### MEDICIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN

- Sexta Pregunta

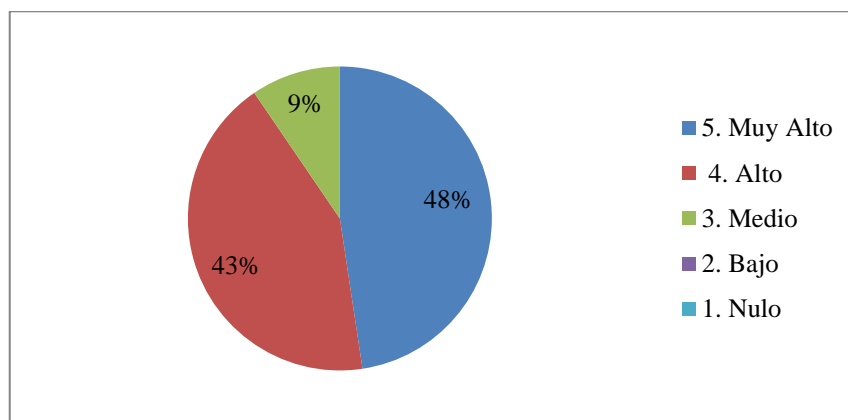


Figura 50. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?  
Elaborado por el autor

Se obtuvo que el 48% de los asistentes consideró la opción muy alto, seguido por el 43 % que eligió la opción alto, el 9 % la opción medio.

- **Séptima Pregunta**

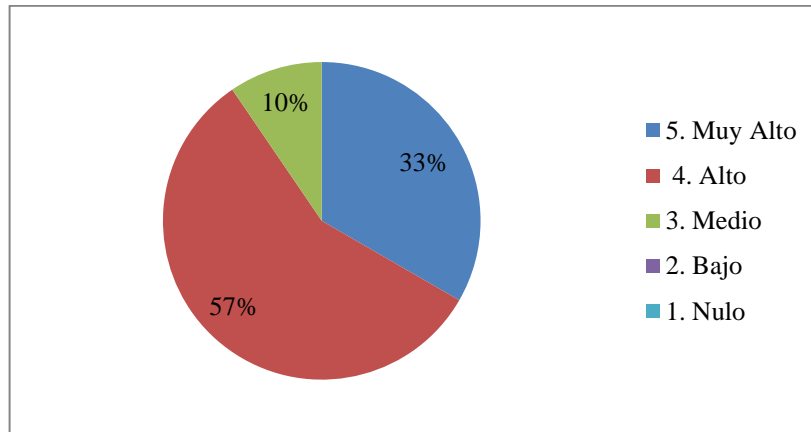


Figura 51. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?  
Elaborado por el autor

Se obtuvo que el 33% de los asistentes consideró la opción muy alto, seguida por el 57 % que eligió la opción alto y el 10 % la opción medio.

- **Octava pregunta**

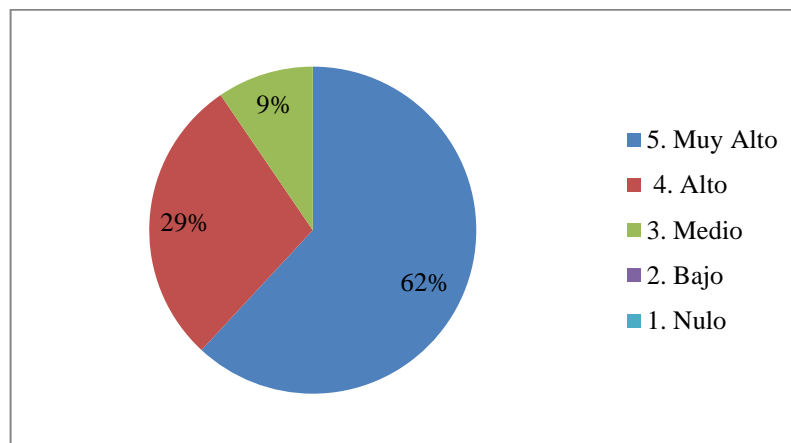
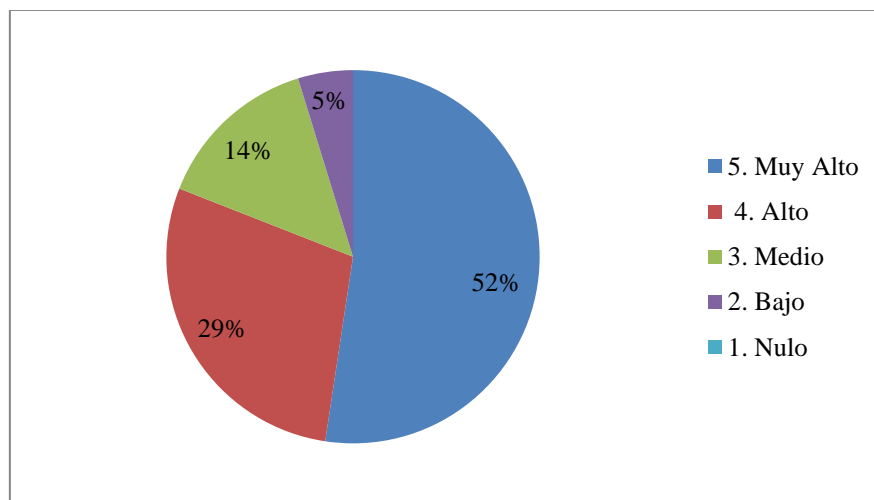


Figura 52. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?  
Elaborado por el autor

Se obtuvo que el 62% de los asistentes considerara la opción muy alta, seguida por el 29 % que eligió la opción alto y el 9 % la opción medio.

- **Novena Pregunta**



*Figura 53. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?*  
Elaborado por el autor

Se obtuvo que el 52% de los asistentes consideró la opción muy alto, seguido por el 29 % que eligió la opción alto, el 14 % la opción medio y el 5% de opción bajo.

## 7. CONCLUSIONES

- Se concluye que valores promedio de CO, NOx, Material Particulado, resultantes de las mediciones, en las tres zonas: Norte, Centro y Sur de la ciudad están dentro de los límites permisibles de la Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, constante en el Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, además el transporte urbano público que circula por la ciudad de San Gabriel solamente es el 3,34% del 100% de transporte pesado.
- Las cantidades de metal pesado plomo cuantificado por el método de espectrometría en el ambiente de la ciudad de San Gabriel están dentro de los límites permisibles que establece la EPA (Environmental Protection Agency of United States).
- En la distribución espacial tanto lineal y geográfica se evidencia la disminución notoria de contaminantes en el ambiente con el aumento de la distancia.
- Se concluye que la correlación cualitativa social encierra parámetros acumulativos, la población tiene desconocimiento de lo qué son y de cómo afectan los contaminantes a la salud de las personas.
- En relación a la contaminación del aire y a la salud, según los parámetros estudiados, encuesta realizada y prueba de Opacidad, se puede deducir que el transporte urbano público urbano que circula en la ciudad de San Gabriel, no afecta de manera directa a la salud del ser humano.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que en el Cantón Montúfar se instale una red de monitoreo para monitorear la Calidad de Aire.
- Se sugiere realizar un estudio de la contaminación causada por todos los tipos de transporte que circulan en la ciudad de San Gabriel
- Se recomienda realizar estudios tomando en cuenta algunos otros contaminantes atmosféricos existentes en el aire de zona de estudio.
- Trabajar conjuntamente con entidades públicas y privadas en temas que sean beneficiosas para el cuidado ambiental y educación ambiental.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- INEC - Censo de Población y Vivienda. (2014). *Cantón MONTÚFAR, Provincia de CARCHI se encuentra en la Zona 1 de planificación*. Recuperado el 2019, de Cantón MONTÚFAR, Provincia de CARCHI se encuentra en la Zona 1 de planificación: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0405\\_MONTUFAR\\_CARCHI.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0405_MONTUFAR_CARCHI.pdf)
- Abbey. (1999). *Long-term inhalable partides and other air pollutants related to mortality in nonsmokers*. México.
- Agencia de Regularización y control Hidrocarburifero. (2005). Obtenido de <http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/decreto-ejecutivo-N338.pdf>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2012). *Monóxido de Carbono*. Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs201.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.pdf)
- Air Resource Laboratory. (2019). *Air Resource Laboratory*. Recuperado el 2019, de Air Resource Laboratory: <https://www.arl.noaa.gov/hysplit/hysplit/>
- Andrade, J. (2017). *Medicion de opacidad en vehículos de combustión a diésel*. Obtenido de <http://criminalistica.mp.gob.ve/medicion-de-opacidad-en-vehiculos-de-combustion-a-diesel/>
- APHEIS. (2016). *Contaminación del Aire y salud un sistema europeo de información*. Obtenido de [http://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/sanidad\\_ambiental\\_aire/es\\_def/adjuntos/apheis\\_bilbo\\_c.pdf](http://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/sanidad_ambiental_aire/es_def/adjuntos/apheis_bilbo_c.pdf)
- Aqicn.org. (2019). *Mapa calidad del Aire de Bidapest*. Obtenido de <https://aqicn.org/map/budapest/es/#@g/47.5424/18.8519/10z>
- Barrás, R. (2002). *Modelo Lagrangiano de Difusión de Particulas*. Obtenido de Modelo Lagrangiano de Difusión de Particulas: <file:///C:/Users/Z%C2%B4Systems/Downloads/T19026.pdf>
- Barrás, R. (2002). *UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID*. Obtenido de UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID: <file:///C:/Users/Z%C2%B4Systems/Downloads/T19026.pdf>

- Calvo-Flores, F. (2013). *Atmosfera*. Recuperado el 2018, de *Atmosfera*: [http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf\\_color/tema6%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf](http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema6%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf)
- Calvo-Flores, F. (2013). *La Atmosfera*. Obtenido de *La aRmosfera*: [http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf\\_color/tema6%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf](http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema6%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf)
- Carlomagno, G. (2016). *La atmósfera, Origen, Composición y estructura*. Obtenido de *La atmósfera, Origen, Composición y estructura.*: [http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/TICA/Teorico2016/TICA\\_2016\\_Clase2\\_atmosfera.pdf](http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/TICA/Teorico2016/TICA_2016_Clase2_atmosfera.pdf)
- Celis, J. (2016). *ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN EN LA CIUDAD DE CHILLAN EN CHILE*. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/atenea/n495/art10.pdf>
- Compañía Española de Petróleos S.A. (2018). *Gasoleo A*. Obtenido de <https://www.cepsa.es/es/utilidades/catalogo/gasoleo-a>
- Consorti Sanitari de Barcelona. (2016). *Consorti Sanitari de Barcelona*. Obtenido de *Consorti Sanitari de Barcelona*: <https://www.aspb.cat/wp-content/uploads/2016/05/oxidos.pdf>
- Construction Safety Association of Ontario. (2003). *Gases del Escape de Diésel*. Obtenido de <http://elcosh.org/document/2231/d000609/gases-del-escape-de-diesel.html>
- Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU. (2012). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs201.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.pdf)
- El Telégrafo. (2017). *El 55% de la contaminación es generado por buses*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/el-55-de-la-contaminacion-es-generado-por-buses>
- EPA. (2016). *Centro de Información sobre Contaminación de Aire (CICA) para la frontera entre EE. UU. - México*. Recuperado el 07 de Noviembre de 2019, de *Centro de Información sobre Contaminación de Aire (CICA) para la frontera entre EE. UU. - México*: [https://www3.epa.gov/ttnecat1/cica/airq\\_s.html](https://www3.epa.gov/ttnecat1/cica/airq_s.html)
- Escuela de Organización Industrial. (2015). *Los motores diésel y la contaminación*. Obtenido de <http://www.eoi.es/blogs/redinnovacionEOI/2015/10/08/los-motores-diesel-y-la-contaminacion/>

- Fernández, P. (2017). *LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE LA SALUD*. Obtenido de <https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/efectos-contaminacion-atmosferica-salud/>
- Fontdegloria, X. (2015). *La contaminación causará 900.000 muertes en China hasta 2030*. Obtenido de [https://elpais.com/internacional/2015/11/10/actualidad/1447152772\\_680439.html](https://elpais.com/internacional/2015/11/10/actualidad/1447152772_680439.html)
- GAD de Montúfar. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Montufar 2015 -2031*. Recuperado el 07 de 2019, de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Montufar 2015 -2031: [http://www.gadmontufar.gob.ec/documents/PD%20y%20OT%20MONTUFAR%202015\\_2031.pdf](http://www.gadmontufar.gob.ec/documents/PD%20y%20OT%20MONTUFAR%202015_2031.pdf)
- Gaitán, M. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. *Revista de ingeniería*, 92.
- González, J. (2013). *Ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden*. Obtenido de [https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/6024/mod\\_resource/content/1/tema5/ME5-ecdiferenciales.pdf](https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/6024/mod_resource/content/1/tema5/ME5-ecdiferenciales.pdf)
- Greenstone, M. (2018). *China está ganando la guerra contra la contaminación*. Obtenido de <https://www.nytimes.com/es/2018/03/16/combate-contaminacion-china-medioambiente/>
- Hernández, P. (2008). *Tecnológico de Monterrey*. Obtenido de Estudio de la propiedades fisicoquímicas: [https://repositorio.itesm.mx/bitstream/handle/11285/568935/DocsTec\\_6790.pdf?sequence=1](https://repositorio.itesm.mx/bitstream/handle/11285/568935/DocsTec_6790.pdf?sequence=1)
- Jacome, P. G. (2007). *Escuela Politecnica Nacional Del Ecuador-Repositorio*. Recuperado el 2019, de Escuela Politecnica Nacional Del Ecuador-Repositorio: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/358/1/CD-0775.pdf>
- Jiménez, P. M. (2013). *Universidad Politecnica de Madrid*. Obtenido de Universidad Politecnica de Madrid: [http://oa.upm.es/30472/1/PEDRO\\_MOLINA\\_JIMENEZ.pdf](http://oa.upm.es/30472/1/PEDRO_MOLINA_JIMENEZ.pdf)
- Jiménez, S. (2015). *Hidráulica Simple*. Recuperado el 09 de Diciembre de 2019, de Hidráulica Simple: <https://www.hidraulicafacil.com/2015/09/Enfoqueshidraulica.html>
- Lakes Environmental . (1995). *Lakes Environmental*. Recuperado el Julio de 2019, de Lakes Environmental: <https://www.weblakes.com/products/wrplot/features.html>

- Martínez, B. (2016). *La contaminación atmosférica en China*. Obtenido de <https://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/27463/Martinez2016.pdf?sequence=1>
- Mauderly. (1996). *Current concepts on airborne particles and health*. Rivero SO. Ponciano RG. *Riesgos ambientales para la salud en la ciudad de México*. México.
- Ministerio de Economía, Industria y Comercio - México. (1997). *Productos del petróleo. Aceite combustible diesel*. Obtenido de <http://www.dse.go.cr/es/02ServiciosInfo/Legislacion/PDF/Hidrocarburos/Combustibles/DE-26443-MEICRegl.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador . (2015). *Norma de Calidad de Aire Ambiente* . Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador . (s.f). *Controlar la contaminación ambiental contribuye a mejorar la calidad de vida de la población*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/controlar-la-contaminacion-ambiental-contribuye-a-mejorar-la-calidad-de-vida-de-la-poblacion/>
- Modelos Ambientales. (2019). *Software de Modelamiento de la Dispersión de Contaminante*. Obtenido de <https://www.modelosambientales.com/aermodview.php>
- MODELOS AMBIENTALES S.A. de C.V. (2011). Obtenido de <https://www.modelosambientales.com/aermodview.php>
- Moms Clean Air Force. (2017). *Cómo la contaminación por diésel afecta su salud*. Obtenido de [https://www.momscleanairforce.org/wp-content/uploads/2017/03/moms\\_clean\\_air\\_force\\_diesel\\_factsheet\\_spanish.pdf](https://www.momscleanairforce.org/wp-content/uploads/2017/03/moms_clean_air_force_diesel_factsheet_spanish.pdf)
- Montenegro, K. (2018). *Universidad Internacional del Ecuador*. Obtenido de Universidad Internacional del Ecuador: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2633/1/T-UIDE-1880.pdf>
- Montenegro, K. (2018). *Universidad Internaonal del Ecuador*. Recuperado el 2019, de Universidad Internaonal del Ecuador: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2633/1/T-UIDE-1880.pdf>
- Murillo, M. (2005). *Facultad de Ingeniería Automotriz*. Recuperado el Agosto de 2019, de Facultad de Ingeniería Automotriz: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4155/1/T-ESPEL-0186.pdf>

- Norma Oficial Mexicana, Filiberto Pérez Duarte. (1994). *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-026-SSA1-1993*. Recuperado el 2019, de NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-026-SSA1-1993.: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/026ssa13.html>
- Olivan, M. (2018). *Control opacidad diésel en ITV*. Obtenido de <https://itvcitaprevia.es/co2-emisiones-itv/control-itv-opacidad-diesel-emisiones/>
- Orden, E. (2013). *Universidad Nacional de Catamarca*. Recuperado el 2018, de Universidad Nacional de Catamarca : <http://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/007-contaminacion.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Seis urbes en Ecuador se exceden en contaminación ambiental, según OMS*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/ciudades-ecuador-polucion-enfermedades-contaminacion.html>
- Palacios, J. (2010). *Influencia de la disposición del conducto de escape en el índice de contaminación de los buses de transporte masivo de pasajeros de la ciudad de Cuenca*. Obtenido de *Influencia de la disposición del conducto de escape en el índice de contaminación de los buses de transporte masivo de pasajeros de la ciudad de Cuenca*: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/91/12/UPS-CT001671.pdf>
- Pardo, M. (2015). *El medioambiente como narrativa global: definición de problemas medioambientales y retos para las políticas públicas*. Mexico.
- Red Operativa de Desguaces Españoles . (s.f). *El diésel o gasoil: todo lo que deberías saber*. Obtenido de <https://www.ro-des.com/mecanica/el-diesel-o-gasoil/>
- REPSOL, España. (2018). *Gasóleo C*. Obtenido de <https://www.repsol.es/es/productos-y-servicios/gasoleos-y-fueloleos/gasoleo-calefaccion/index.cshtml>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas*. . Mexico.
- Shapiro, J. (2012). *China's Enviromental Challenges*. China.
- Silva, D. (2018). *ESTOS SON LOS DAÑOS A LA SALUD QUE CAUSAN LOS GASES DEL DIÉSEL*. Obtenido de *ESTOS SON LOS DAÑOS A LA SALUD QUE CAUSAN LOS GASES DEL DIÉSEL*: <http://autodesign.mx/adtips/estos-los-danos-la-salud-causan-los-gases-del-diesel>

- Sindicato Médico del Uruguay. (2017). *Informe elaborado por la Comisión de Salud Ocupacional*. Obtenido de Informe elaborado por la Comisión de Salud Ocupacional: <https://www.smu.org.uy/sindicales/resoluciones/informes/plomo.pdf>
- Suárez, C. A. (2012). *DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO*. Obtenido de DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>
- Taboada Ibarra, E. L., & Osnaya García, S. G. (2009). *El cotidiano*. Obtenido de El diesel para autotransporte en México. Situación actual y prospectiva: <http://www.redalyc.org/pdf/325/32512739008.pdf>
- Teorema Ambiente. (2011). *Budapest alerta por los altos índices de contaminación del aire de la ciudad*. Obtenido de [http://www.teorema.com.mx/contaminacion\\_/budapest-alerta-por-altos-indices-de-contaminacion-del-aire-de-la-ciudad/](http://www.teorema.com.mx/contaminacion_/budapest-alerta-por-altos-indices-de-contaminacion-del-aire-de-la-ciudad/)
- Thibaut, M. (2013). *Universitat Rovira y Virgili*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/101529/Tesis.pdf?sequence=1>
- Tolvett, S. (2011). *Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos*. Obtenido de [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-caballero\\_mm/pdfAmont/cf-caballero\\_mm.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-caballero_mm/pdfAmont/cf-caballero_mm.pdf)
- Torres, M. (2017). *El transporte público urbano de autobuses en la ciudad*. Obtenido de <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/403757/Tmetc1de1.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- U.S. EPA Environmental Protection Agency. (2004). *Compilation of air pollutant emission factors*.
- Utell. (1993). *Particulate air pollution and health*. México.
- Vallejo, M. (2003). Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la ciudad de México. *Gaceta*.
- Velásquez. (2017). *Enfermedades por contaminación, un desafío de la salud pública*. Obtenido de <https://radio.uchile.cl/2017/10/16/enfermedades-por-contaminacion-un-desafio-de-la-salud-publica/>
- Worderly. (1997). *Short term variations in hospital admissions and mortality and particulate pollution*. Estados Unidos.

Yang, Y. (2011). *Domestic Constraints and International Forces: Explore China's Position on International Climate Change Policy*. Canadá: Canadian Social Science.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1.

#### Glosario de términos

**Método lagangriana.** Consiste en el análisis del comportamiento de partículas que representan elementos de fluido o porciones de contaminantes gaseosos dentro de un flujo

**Dispersión espacial.** Pautas de la ubicación espacial de los elementos en el ecosistema, o el patrón de ubicación de los individuos dentro de la población.

**Método espectrofotometría.** La espectrofotometría es un método científico utilizado para medir cuánta luz absorbe una sustancia química, midiendo la intensidad de la luz cuando un haz luminoso pasa a través de la solución muestra, basándose en la Ley de Beer-Lambert.

**Dispersión atmosférica.** Los modelos de dispersión atmosférica son herramientas informáticas que permiten obtener proyecciones de un contaminante en el ambiente

**CO.** El monóxido de carbono es un gas incoloro no irritante sin olor o sabor. Se le encuentra tanto en el aire puertas adentro como al aire libre.

**NOx.** Es un término genérico que hace referencia a un grupo de gases muy reactivos [tales como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)] que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones.

**Plomo.** El plomo es metal pesado, sólido, que queda en suspensión con las partículas, tóxico en altas concentraciones, se vuelve un indicador de la cantidad de tránsito (vehículos ligeros a gasolina).

**Material Particulado.** El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diésel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos

**Opacidad.** Es la capacidad que tienen las emisiones de gases de oponerse al paso de un haz de luz a una frecuencia determinada

## Anexo 2.

### Puntos identificados en las rutas pertenecientes de las cooperativas de transporte urbano de la ciudad de San Gabriel.

#### Cooperativa TransMontúfar

Puntos	Calle	Coordenadas (UTM)	
		X	Y
1	Montúfar y Manuel María Carrera	184120	66553
2	Rocafuerte y Maldonado	184299	66117
3	Rocafuerte y Colón	184292	66117
4	Montúfar y Colón	184367	66143
5	Montúfar y Olmedo	184444	66023
6	Montúfar y Salinas	184597	65811
7	Montúfar y 13 de Abril	184800	65494
8	Montúfar y Julio Andrade	185011	65204
9	Montúfar	185231	64916
10	Panamericana Sur San Gabriel	185264	64787
11	Esquina Río Esmeralda	185830	64019
12	Av. José Julián Andrade.	185757	64137
13	Av. José Julián Andrade.	185367	64400
14	Río Esmeralda y Río Babahoyo	185694	64810
15	Panamericana y Río Coca esquina	185342	64947
16	Av. Atahualpa	184990	65373
17	Av. Atahualpa y Pio V. Guzmán	184990	65373
18	Av. 13 de Abril esquina	184874	65565
19	Bolívar y Ricaurte	184723	65794
20	Bolívar y Olmedo	184533	66084
21	Bolívar	184435	66232
22	Bolívar y Pichincha	184308	66440
23	Bolívar y José B. Aúz	184144	66671

Elaborado por el autor

Cooperativa Urbamingueros

Puntos	Calle	Coordenadas (UTM)	
		X	Y
1	Montúfar y Manuel María Carrera	184120	66553
2	Montúfar y Colon	184299	66117
3	Olmedo y Bolívar	184723	65794
4	Los Andes y Mejía	184708	65986
5	Los Andes y 13 de Abril	184955	65604
6	Los Andes y Pio V Guzmán.	185063	65437
7	Panamericana Sur Los Andes	185063	65437
8	Av. José Julián Andrade y Río Esmeralda	185830	64019
9	Esquina Colegio Mario Oña Perdomo	185336	65016
10	Río Blanco y Río Cofanes (Esquina)	185453	65161
9	Panamericana y Julio Andrade	185453	65161
12	Los Andes y Sucre	184495	66311
13	Bolívar y Sucre Esquina	184404	66284
14	Bolívar y Pichincha	184308	66440
15	Bolívar y José B. Aúz	184144	66671

Elaborado por el Autor

### Anexo 3.

**Promedios para la simulación de dispersión lineal de contaminantes para la utilización del software Screen View por cada zona de estudio, en los días de la semana.**

Promedios acumulados para screen view			
	<b>CO</b> <b>(g.s-1)</b>	<b>NOx</b> <b>(g.s-1)</b>	<b>MP10</b> <b>(g.s-1)</b>
Zona Norte	6.36 <sup>-05</sup>	3.48 <sup>-05</sup>	9.5 <sup>-05</sup>
Zona Centro	4.48 <sup>-05</sup>	2.91 <sup>-05</sup>	8.83 <sup>-05</sup>
Zona Sur	4.01 <sup>-05</sup>	2.71 <sup>-05</sup>	8.76 <sup>-05</sup>

Elaborado por el autor

**Promedios para la simulación de dispersión lineal de contaminantes para el software Screen View por cada Zona de estudio, en los días sábados**

Promedios acumulados para Screen View			
	<b>CO</b> <b>(g.s<sup>-1</sup>)</b>	<b>NOx</b> <b>(g.s<sup>-1</sup>)</b>	<b>MP10</b> <b>(g.s<sup>-1</sup>)</b>
Zona norte	6.5 <sup>-05</sup>	3.41 <sup>-05</sup>	9.56 <sup>-05</sup>
Zona centro	9.0 <sup>-05</sup>	4.95 <sup>-05</sup>	1.44 <sup>-05</sup>
Zona sur	4.61 <sup>-05</sup>	3.15 <sup>-05</sup>	9.5 <sup>-05</sup>

Elaborado por el Autor

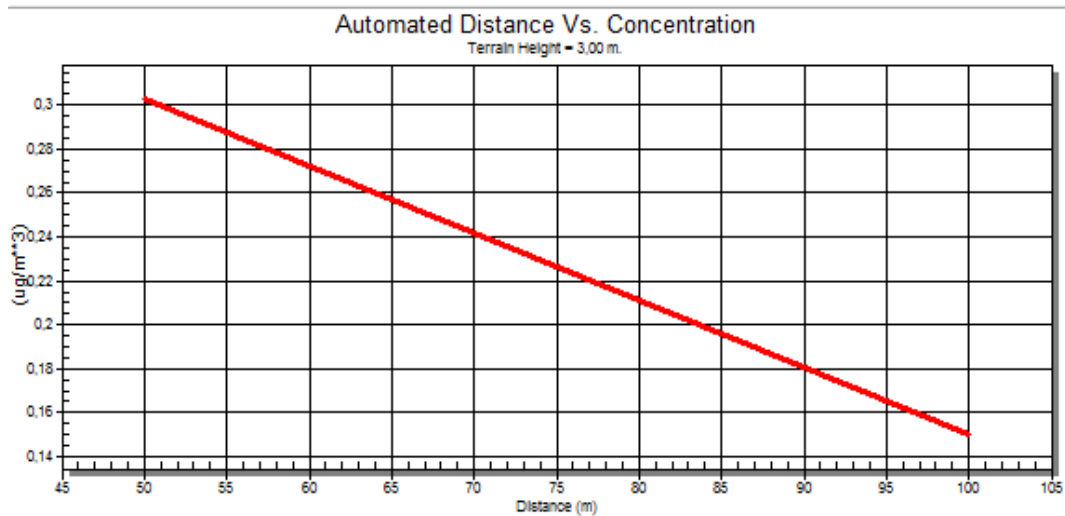
#### Anexo 4.

#### Resultados obtenidos para la simulación de la dispersión lineal con el software Screen View. Se utilizaron los valores del Anexo 4.

Para la muestra gráfica se realizó para cada uno de los contaminantes por cada zona en cada una de las mediciones de los días de la semana y los días sábados.

- **Días de la semana**

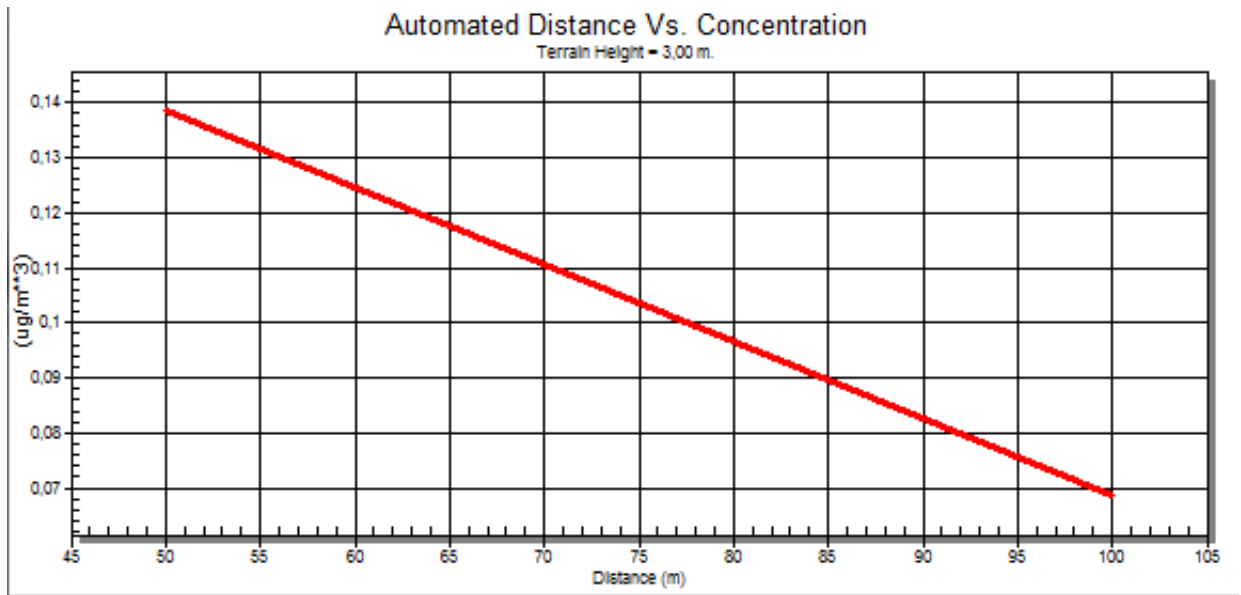
Resultado promedio acumulado de la Zona Norte de CO



Elaborado por el Autor

La variación de la distribución espacial del contaminante CO, para esta zona se muestra que a los 50 m es de  $0,3\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  y a los 100 m la cantidad de contaminantes es de aproximadamente  $0,1407\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

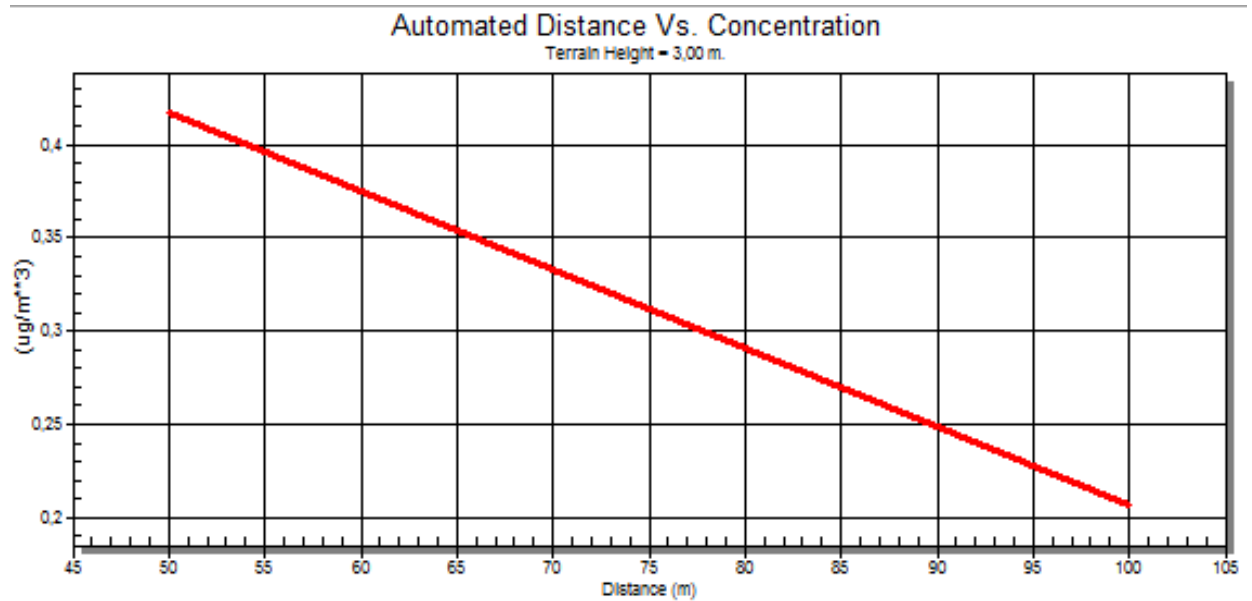
Resultado promedio acumulado de la Zona Centro de NOx



Elaborado por el Autor

La variación de la distribución espacial del contaminante NOx, para esta zona se muestra que a los 50 m es de  $0,14\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  y a los 100 m la cantidad de contaminantes es de  $0,07 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Resultado promedio acumulado de la Zona Sur para el MP10

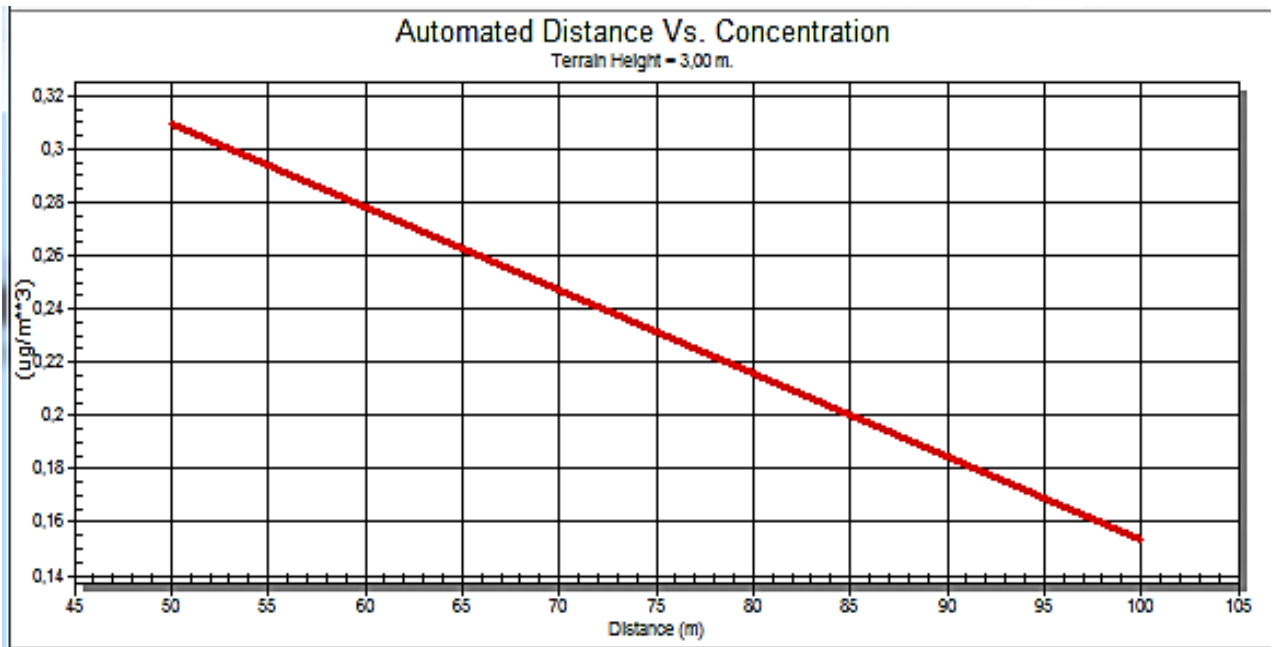


Elaborado por el autor

La variación de la distribución espacial del contaminante MP10, para esta zona se muestra que a los 50 m es de  $0,4\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  y a los 100 m la cantidad de contaminantes es de  $0,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

- **Días Sábados**

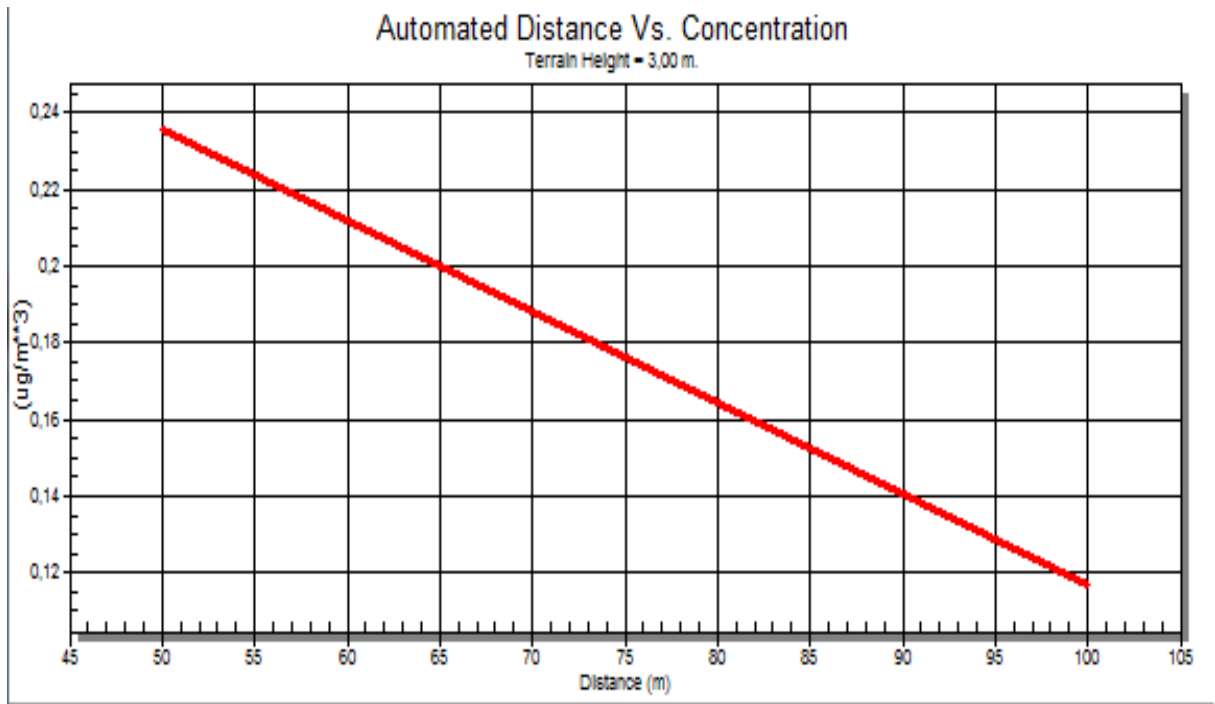
Resultado promedio acumulado de la Zona Norte de CO



Elaborado por el autor

La variación de la distribución espacial del contaminante MP10, para esta zona se muestra que a los 50 m es aproximadamente de  $0,3\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  y a los 100 m la cantidad de contaminantes es de  $0,15\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

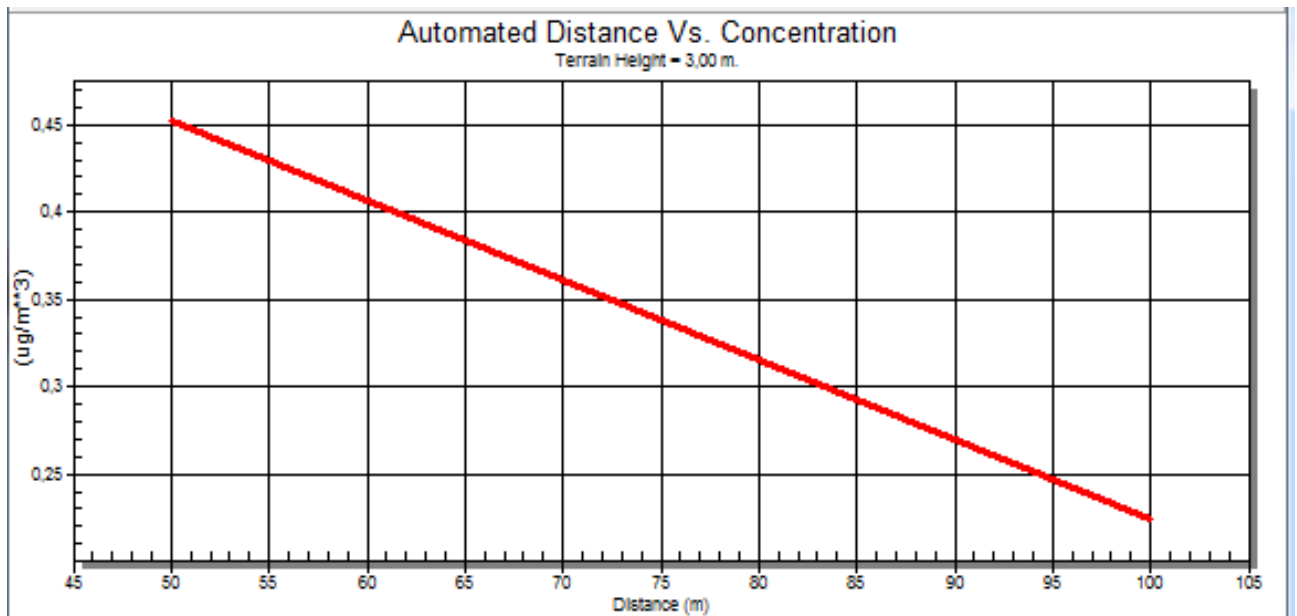
Resultado promedio acumulado de la Zona Centro de NOx



Elaborado por el autor

La variación de la distribución espacial del contaminante MP10, para esta zona se muestra que a los 50 m es aproximadamente de  $0,23\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  y a los 100 m la cantidad de contaminantes es de  $0,11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Resultado promedio acumulado de la Zona Sur para el MP10



La variación de la distribución espacial del contaminante MP10, para esta zona se muestra que a los 50 m es aproximadamente de  $0,45\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  y a los 100 m la cantidad de contaminantes es de  $0,22\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Este procedimiento mostrado anteriormente, se lo aplica para todos los valores que se muestran en las tablas del **Anexo 4**, debido a la cantidad de mediciones se tomó ejemplo lo mostrado anteriormente con cada uno de los contaminantes.

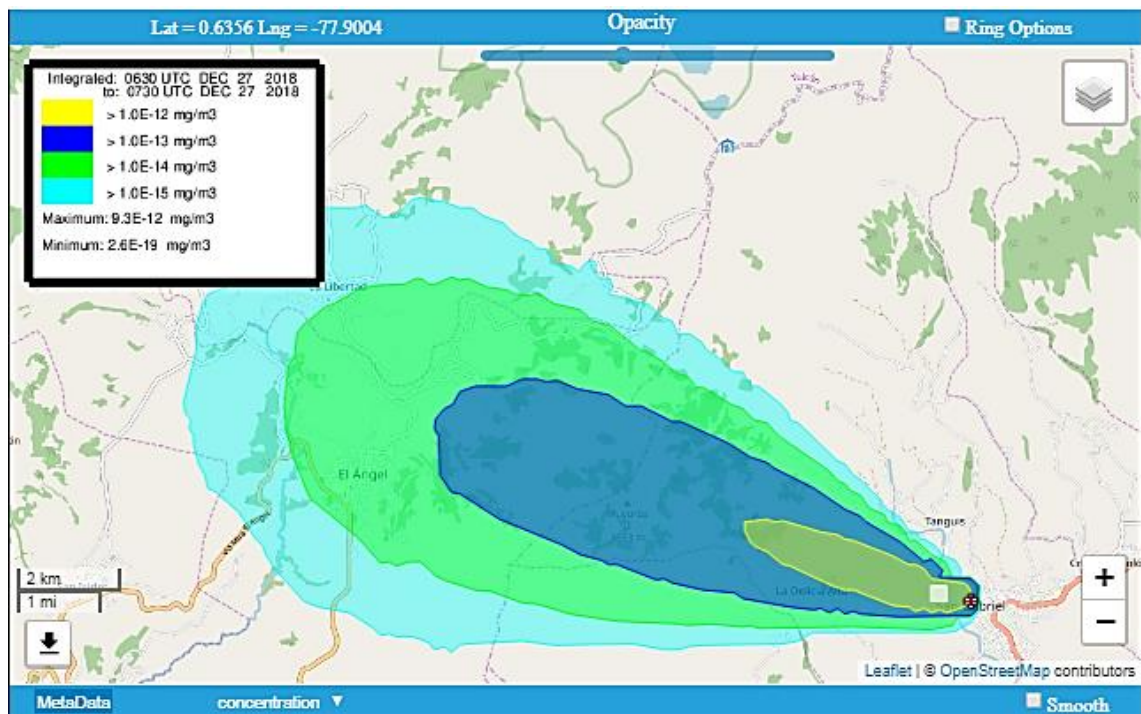
## Anexo 5.

Mapas obtenidos por el software HYSPLIT para encontrar la dispersión y concentración de los agentes contaminantes.

Debido a la cantidad de mediciones realizadas y valores resultantes se toma en cuenta para expresar y mostrar el desenvolvimiento de los softwares a un agente contaminante por cada zona y por cada hora, según las mediciones de los días de la semana y los días sábados.

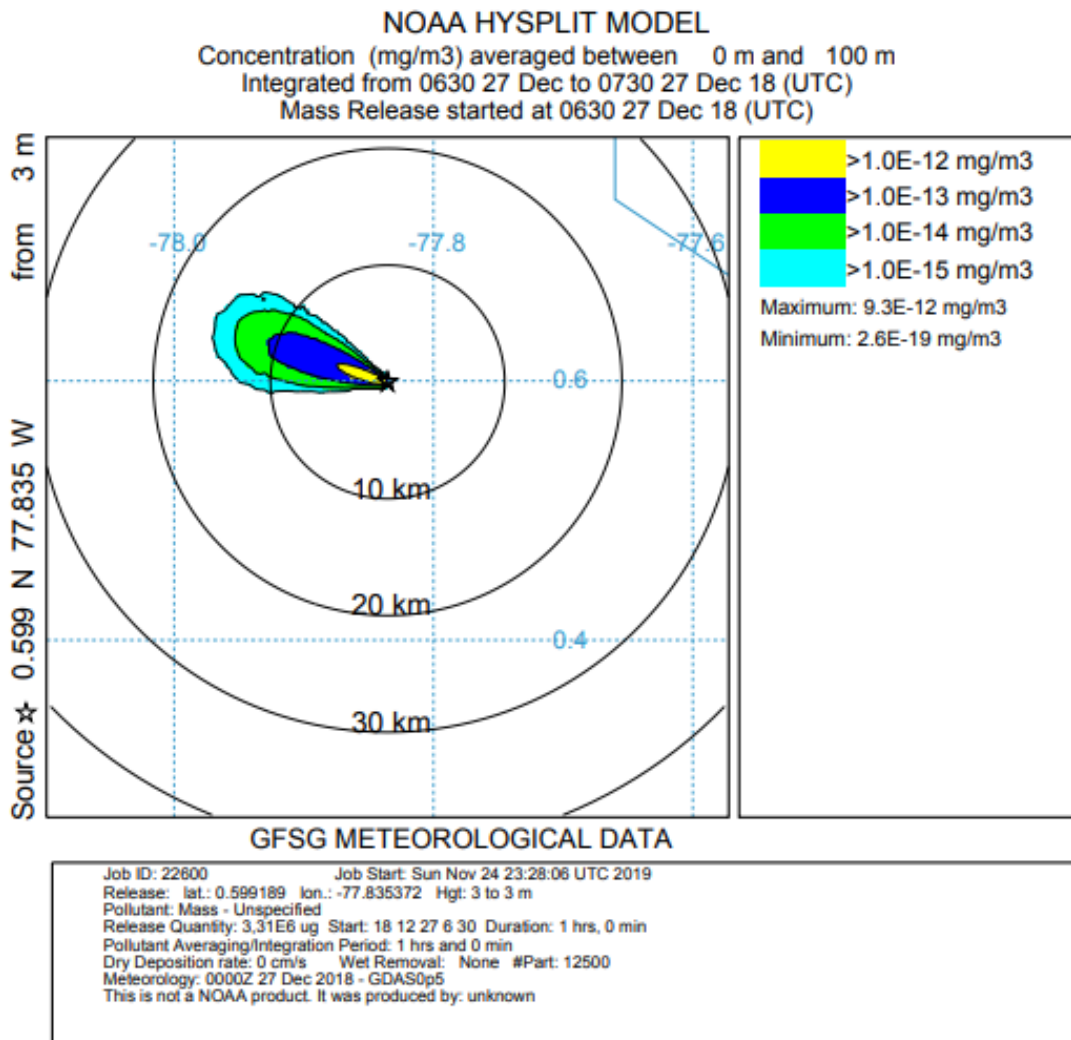
- **Mediciones de los días de la semana**

Resultado promedio acumulado de la Zona Norte de CO en el intervalo de 06:30 – 07:30.



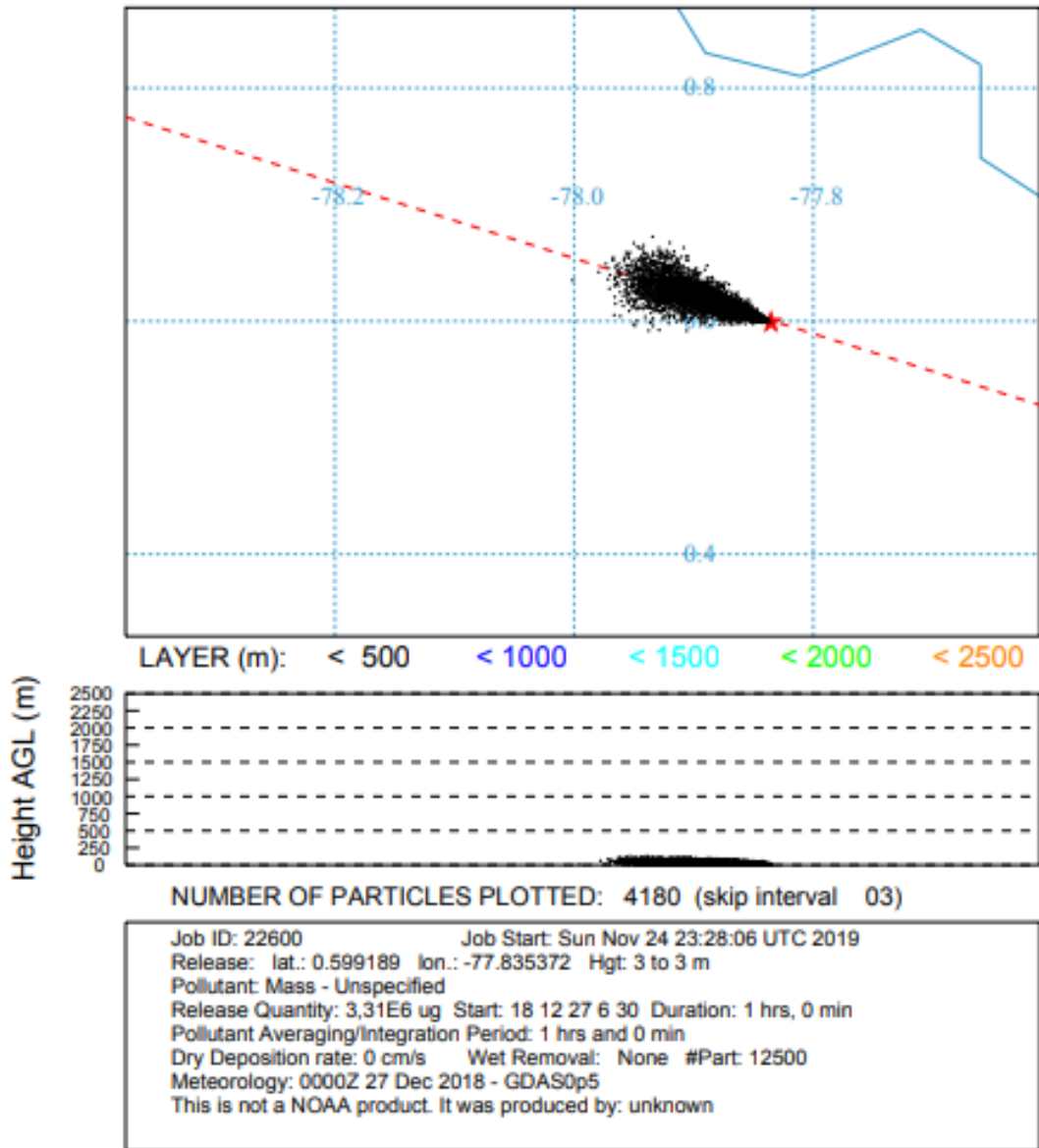
Elaborado por el autor

La dispersión del contaminante con dirección NO y con una cantidad de agente contaminante de CO de un valor mínimo de  $2,62E^{-19}$  y un valor máximo de  $9,3E^{-12}$ , valores obtenidos por el software HYSPLIT.



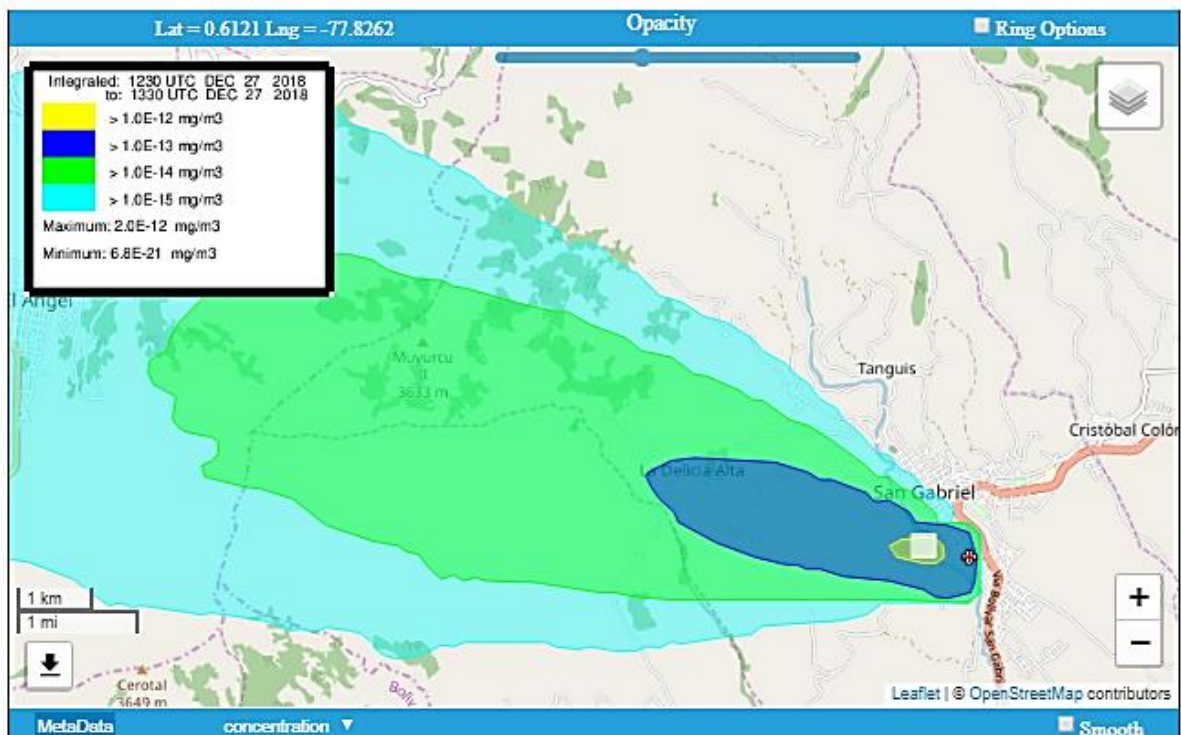
La plataforma de HYSPLIT también nos muestra los resultados en un formato de pdf, en esta imagen se observa más detalladas la información obtenida como es: la dirección y trayectoria de la concentración en el horario de 12:30 a 13:30, también se incluyen los rangos de cantidad de contaminante y el radio que por defecto del programa nos calcula cada 10 km de distancia de donde se estima existe cantidad de contaminante por más mínima que esta sea. También en la parte inferior de la imagen se hace una descripción específica del trabajo realizado

NOAA HYSPLIT MODEL  
 PARTICLE CROSS-SECTIONS  
 PARTICLE POSITIONS AT 07 30 27 Dec 18



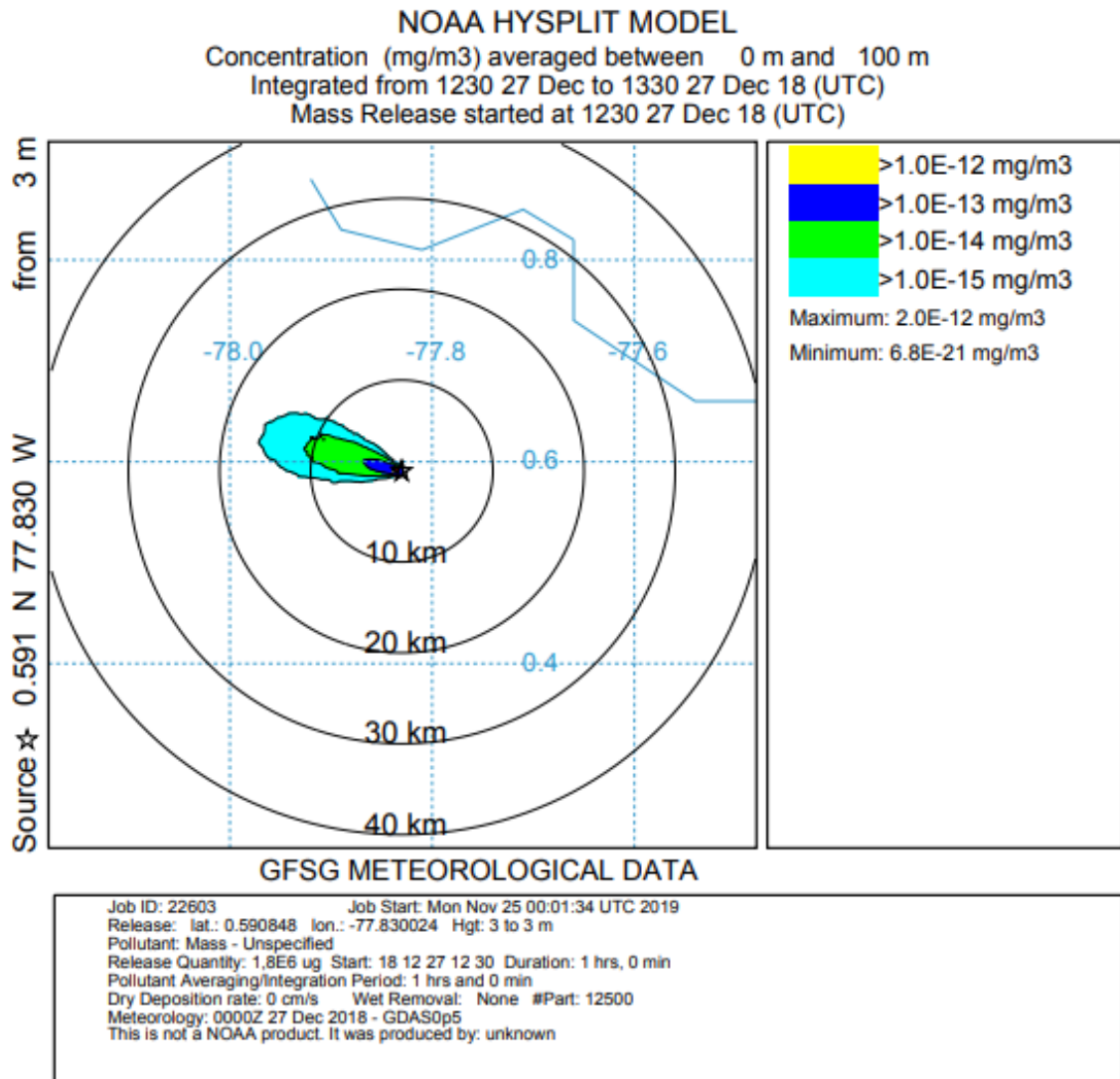
Se muestra la dirección y altura con la que las partículas se van expandiendo en el ambiente. De las 12:30 hasta la 13:30 a una altura aproximada por bajo de los 250 (m).

Resultado promedio acumulado de la Zona Centro de NOx en el intervalo de 12:30 – 13:30



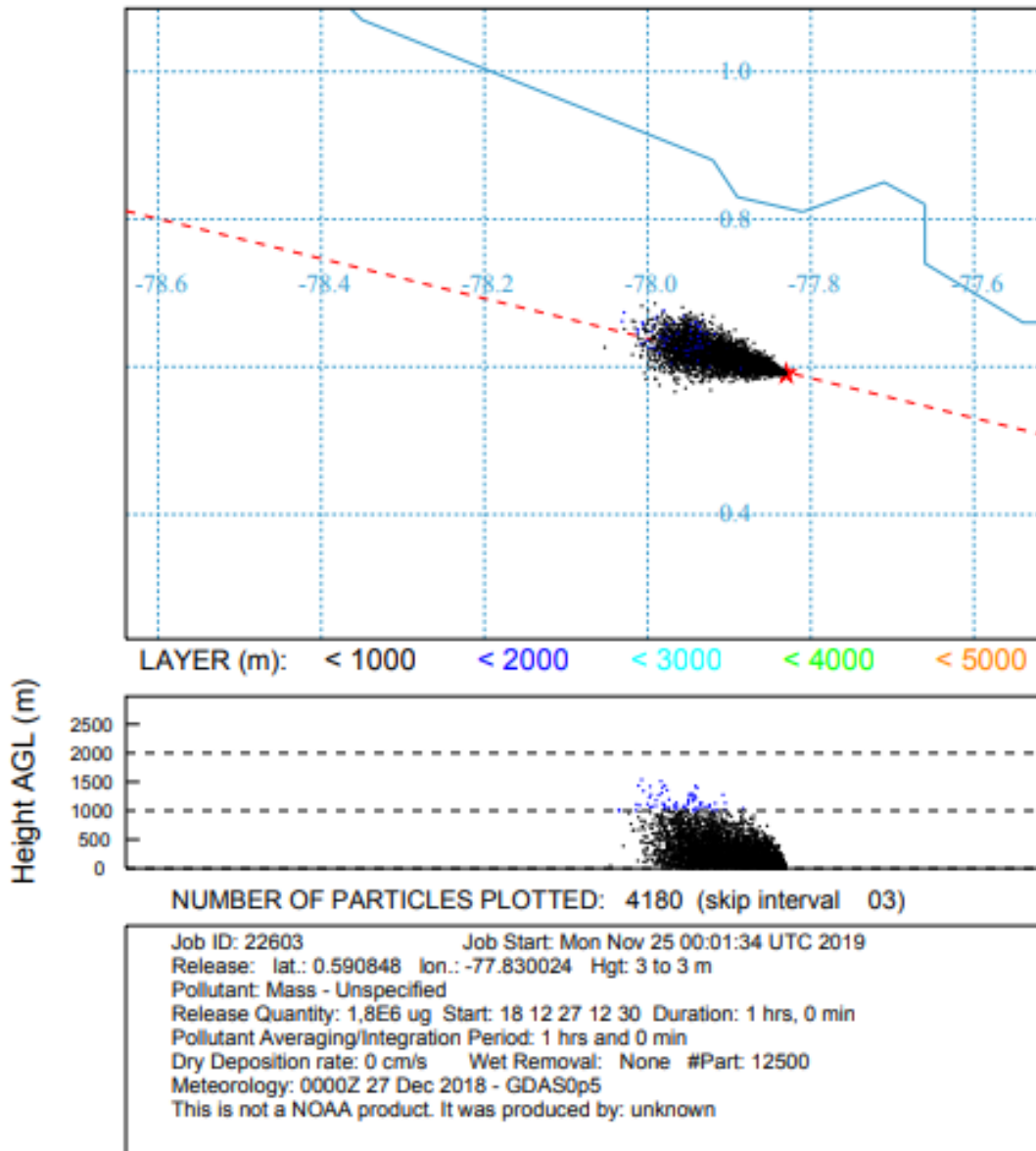
Elaborado por el autor

La dispersión del contaminante con dirección NO y con una cantidad de agente contaminante de CO de un valor mínimo de  $6.8E^{-21}$  y un valor máximo de  $2.0E^{-12}$ , valores obtenidos por el software HYSPLIT.



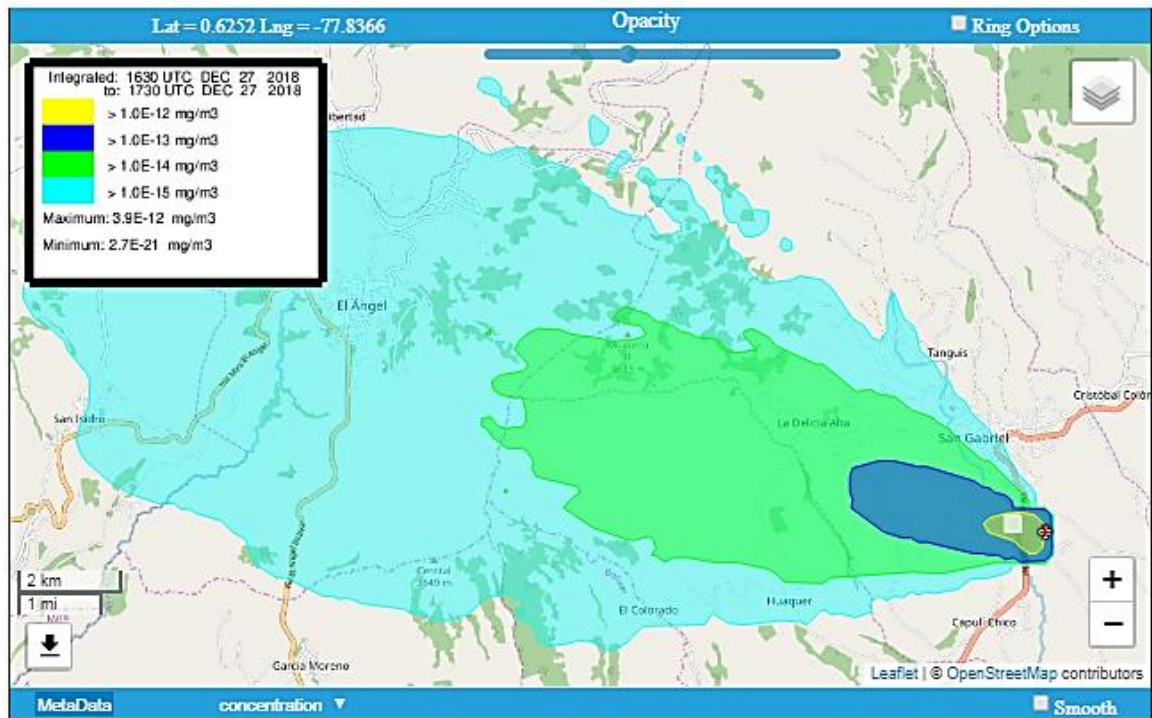
La plataforma de HYSPLIT nos proporciona un documento en pdf, en esta imagen se observa más detallada la información obtenida como es: la dirección y trayectoria de la concentración en el horario de 12:30 a 13:30, también se incluyen los rangos de cantidad de contaminante y el radio que por defecto del programa nos calcula cada 10 km de distancia de donde se estima existe cantidad de contaminante por más mínima que esta sea. También en la parte inferior de la imagen se hace una descripción específica del trabajo realizado

# NOAA HYSPLIT MODEL PARTICLE CROSS-SECTIONS PARTICLE POSITIONS AT 13 30 27 Dec 18



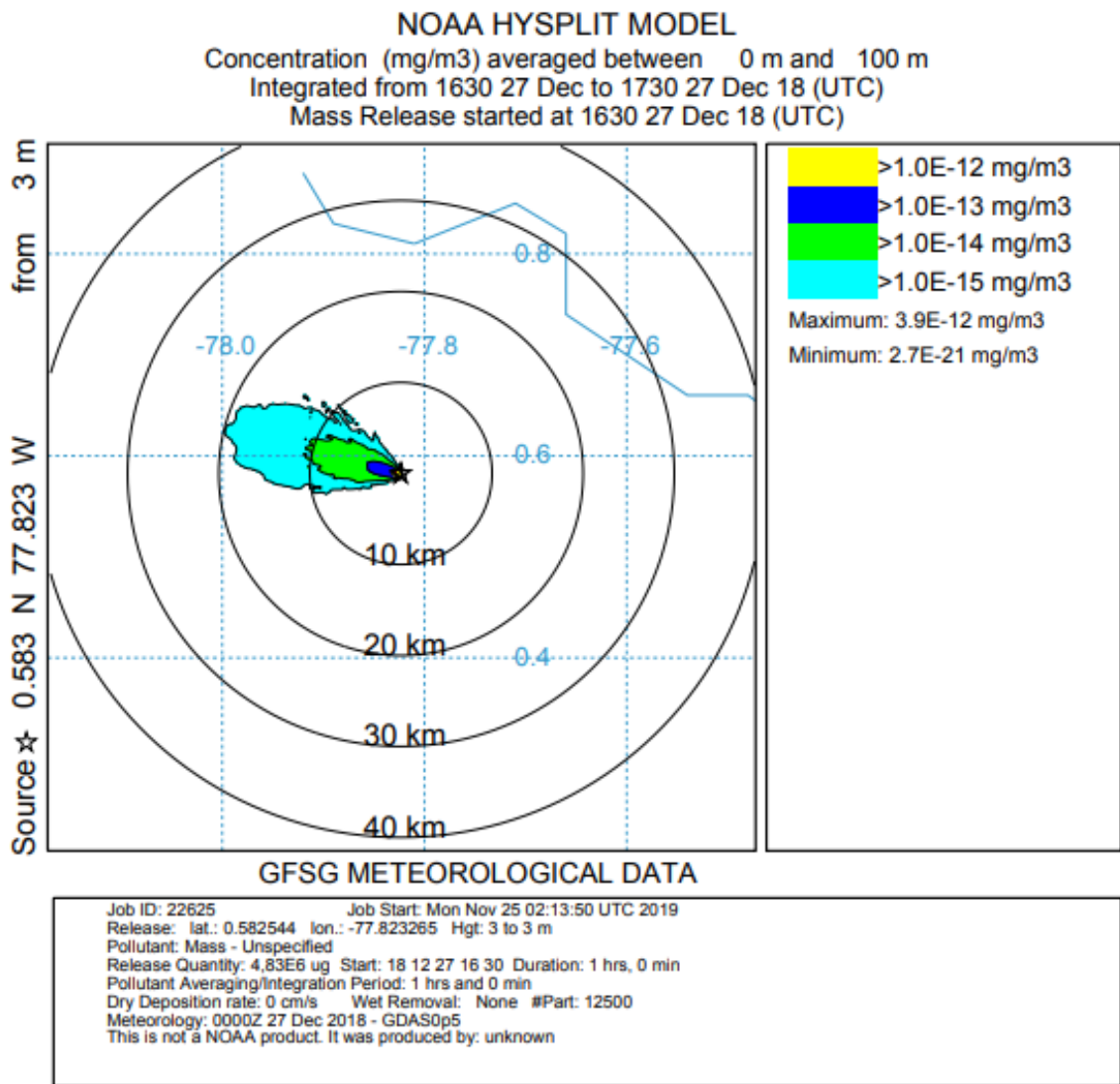
Se muestra la dirección y altura con la que las partículas se van expandiendo en el ambiente según la hora indicada, como este ejemplo las partículas llegan aproximadamente a los 1500 m de altura

Resultado promedio acumulado de la Zona Sur para el MP10 en el intervalo de 16:30 – 17:30



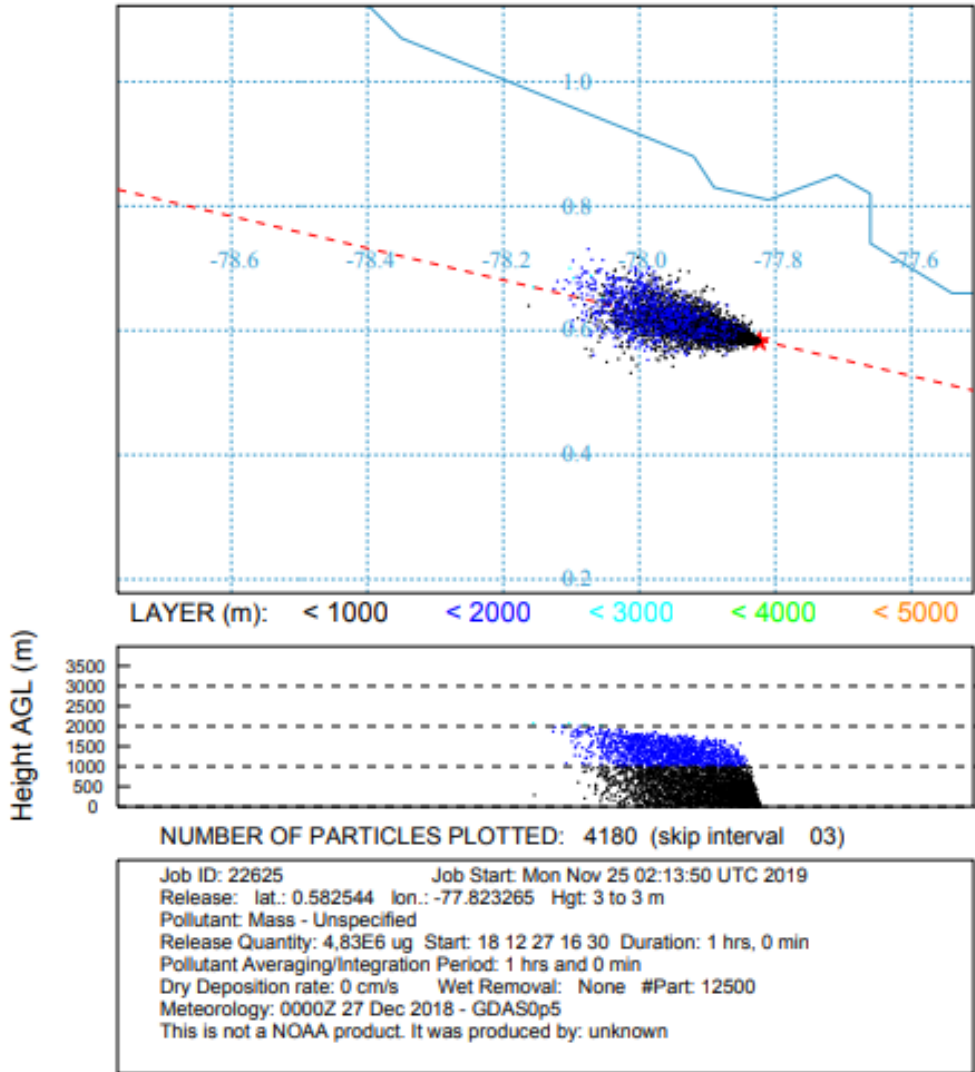
Elaborado por el autor

La dispersión del contaminante con dirección NO y con una cantidad de agente contaminante de CO de un valor mínimo de  $2.7 \cdot 10^{-21}$  y un valor máximo de  $3.9 \cdot 10^{-12}$ , valores obtenidos por el software HYSPLIT.



La plataforma de HYSPLIT nos proporciona un documento en pdf, en esta imagen se observa más detallada la información obtenida como es: la dirección y trayectoria de la concentración en el horario de 16:30 a 17:30, también se incluyen los rangos de cantidad de contaminante y el radio que por defecto del programa nos calcula cada 10 km de distancia de donde se estima existe cantidad de contaminante por más mínima que esta sea. También en la parte inferior de la imagen se hace una descripción específica del trabajo realizado

NOAA HYSPLIT MODEL  
 PARTICLE CROSS-SECTIONS  
 PARTICLE POSITIONS AT 17 30 27 Dec 18

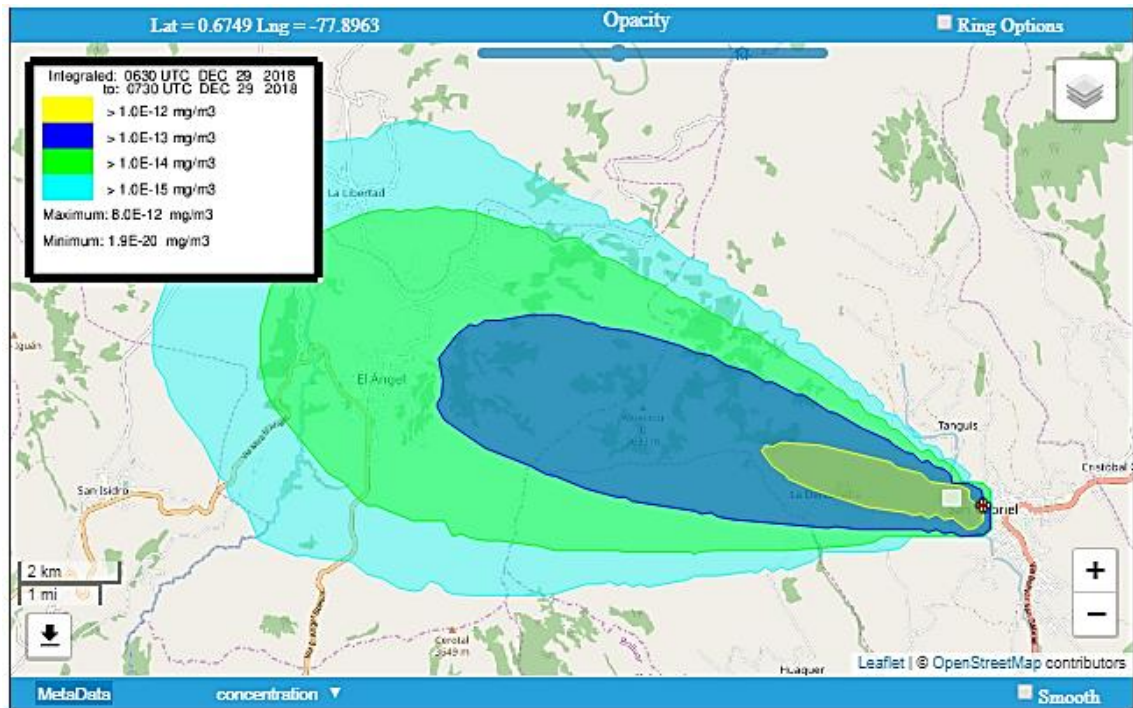


Elaborado por el autor

Se muestra la dirección y altura con la que las partículas se van expandiendo en el ambiente según la hora indicada, como este ejemplo las partículas llegan aproximadamente a los 2000 m de altura

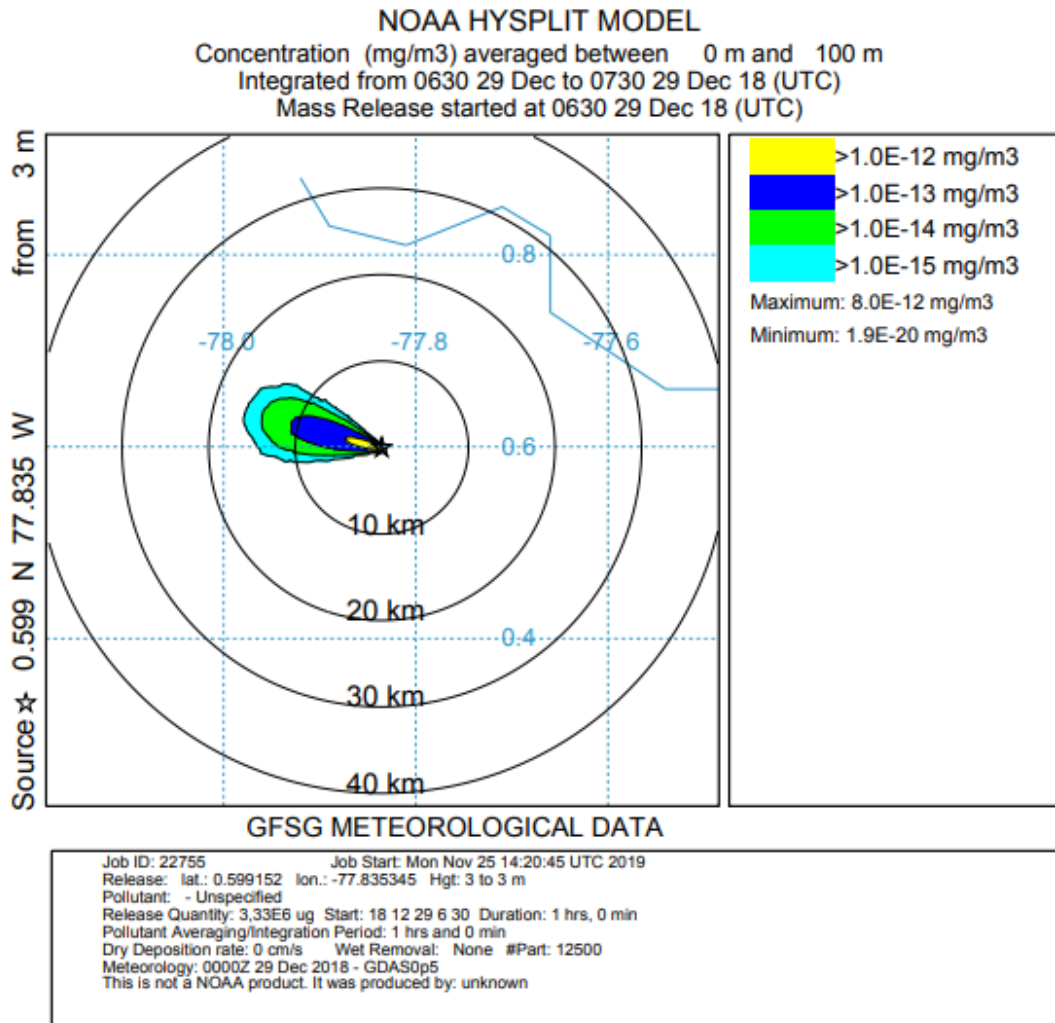
- **Mediciones de los días sábados**

Resultado promedio acumulado de la Zona Norte de CO en el intervalo de 06:30 – 07:30.



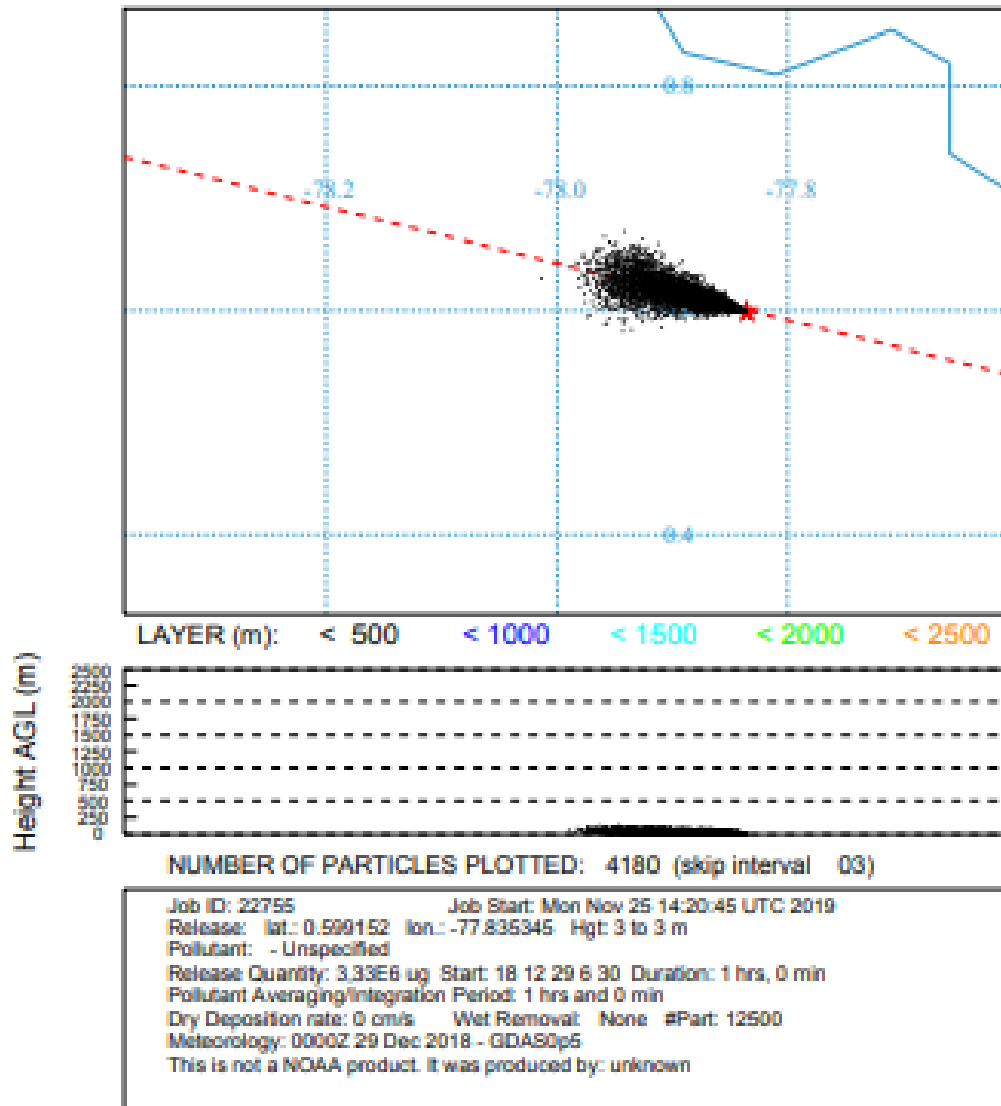
Elaborado por el autor

Según la dispersión ejecutada por HYSPLIT, nos muestra que el valor de cantidad de agente contaminante es de un valor mínimo de  $1.9E^{-20}$  y un valor máximo de  $8.0E^{-12}$ , valores obtenidos por el software HYSPLIT.



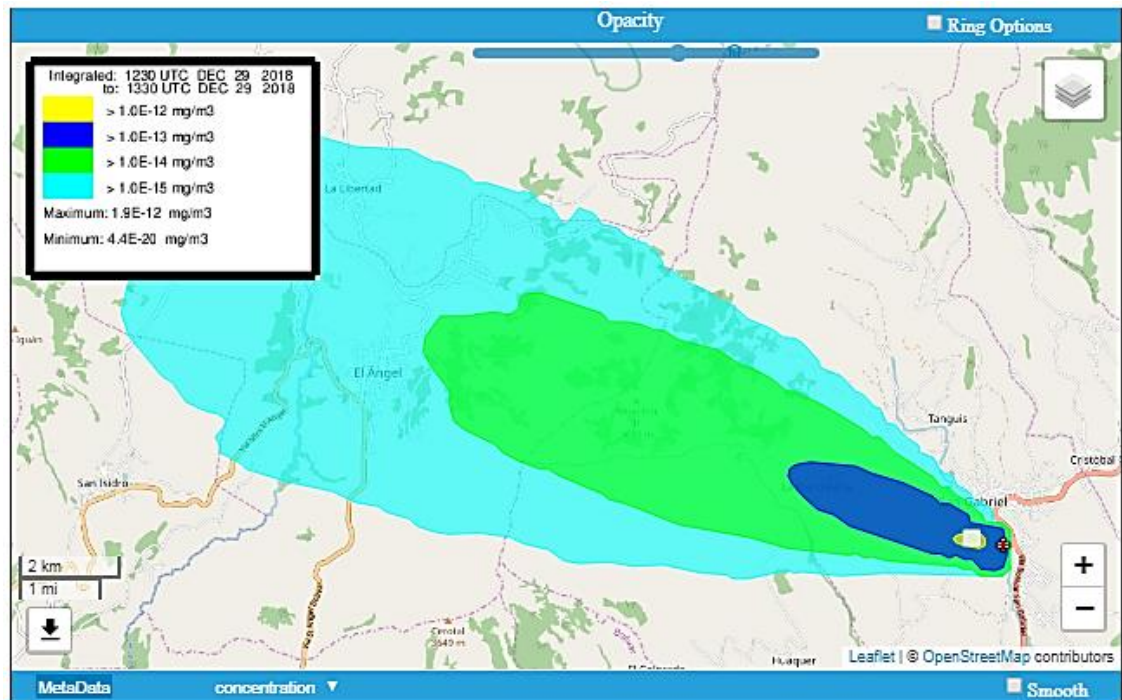
La plataforma de HYSPLIT nos proporciona un documento en pdf, en esta imagen se observa más detallada la información obtenida como es: la dirección y trayectoria de la concentración en el horario de 6:30 a 7:30, también se incluyen los rangos de cantidad de contaminante y el radio que por defecto del programa nos calcula cada 10 km de distancia de donde se estima existe cantidad de contaminante por más mínima que esta sea. También en la parte inferior de la imagen se hace una descripción específica del trabajo realizado

**NOAA HYSPLIT MODEL  
PARTICLE CROSS-SECTIONS  
PARTICLE POSITIONS AT 07 30 29 Dec 18**



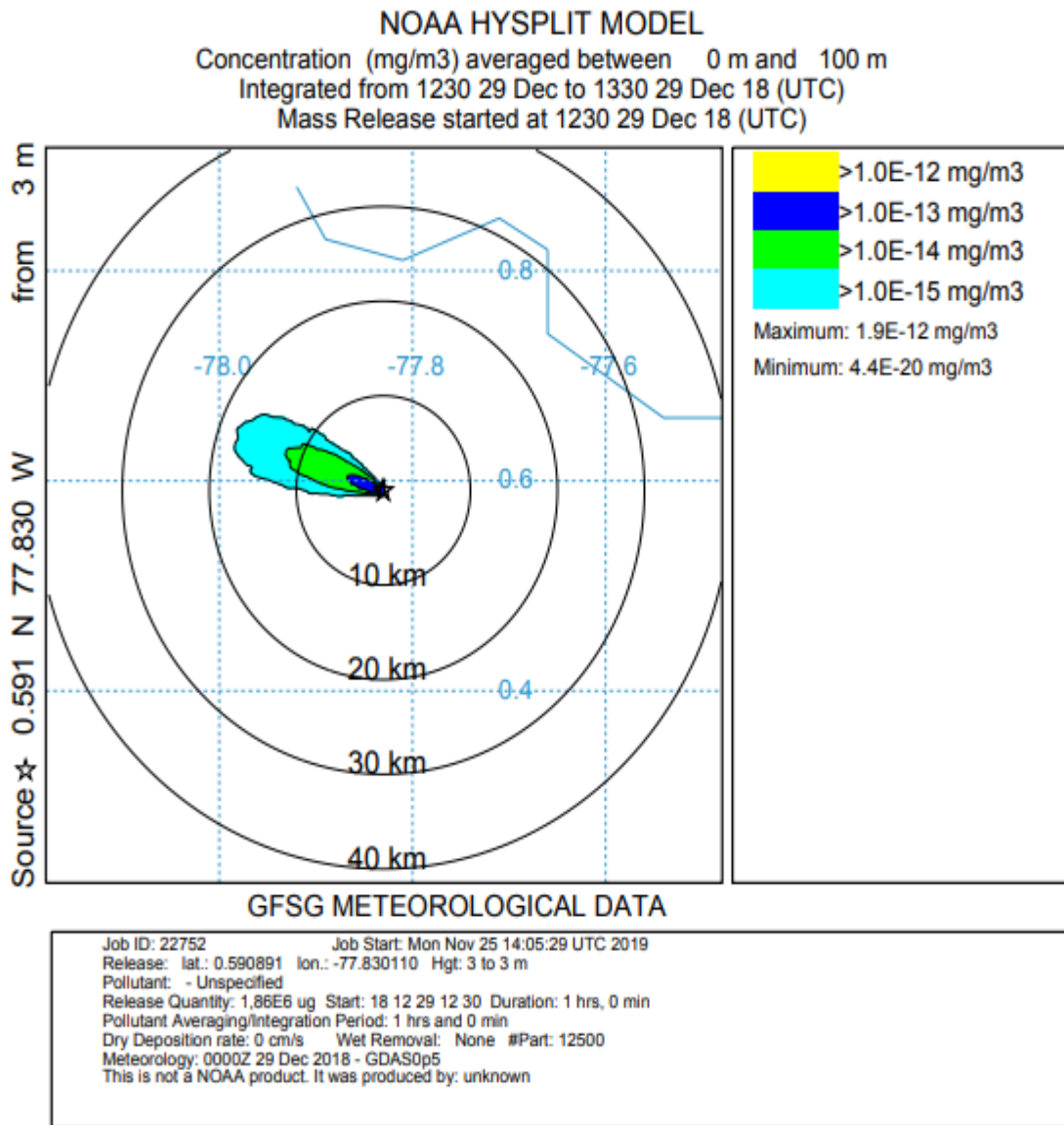
Se muestra la dirección y altura con la que las partículas se van expandiendo en el ambiente según la hora indicada, como este ejemplo las partículas llegan aproximadamente por bajo de los 250 m de altura

Resultado promedio acumulado de la Zona Centro de NOx en el intervalo de 12:30 – 13:30



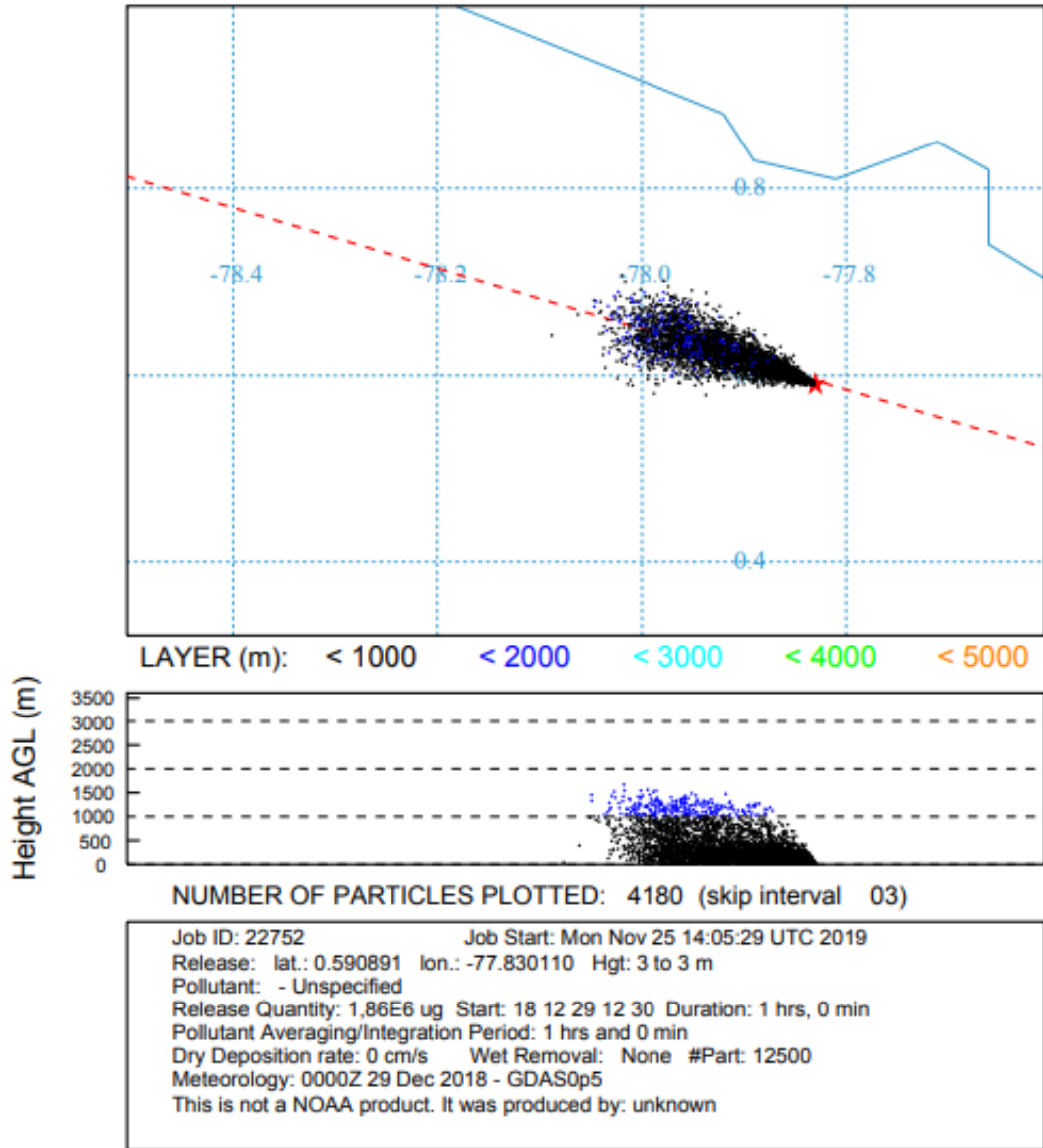
Elaborado por el autor

Según la dispersión ejecutada por HYSPLIT, nos muestra que el valor de cantidad de agente contaminante es de un valor mínimo de  $4.4E^{-20}$  y un valor máximo de  $1.9E^{-12}$ , valores obtenidos por el software HYSPLIT.



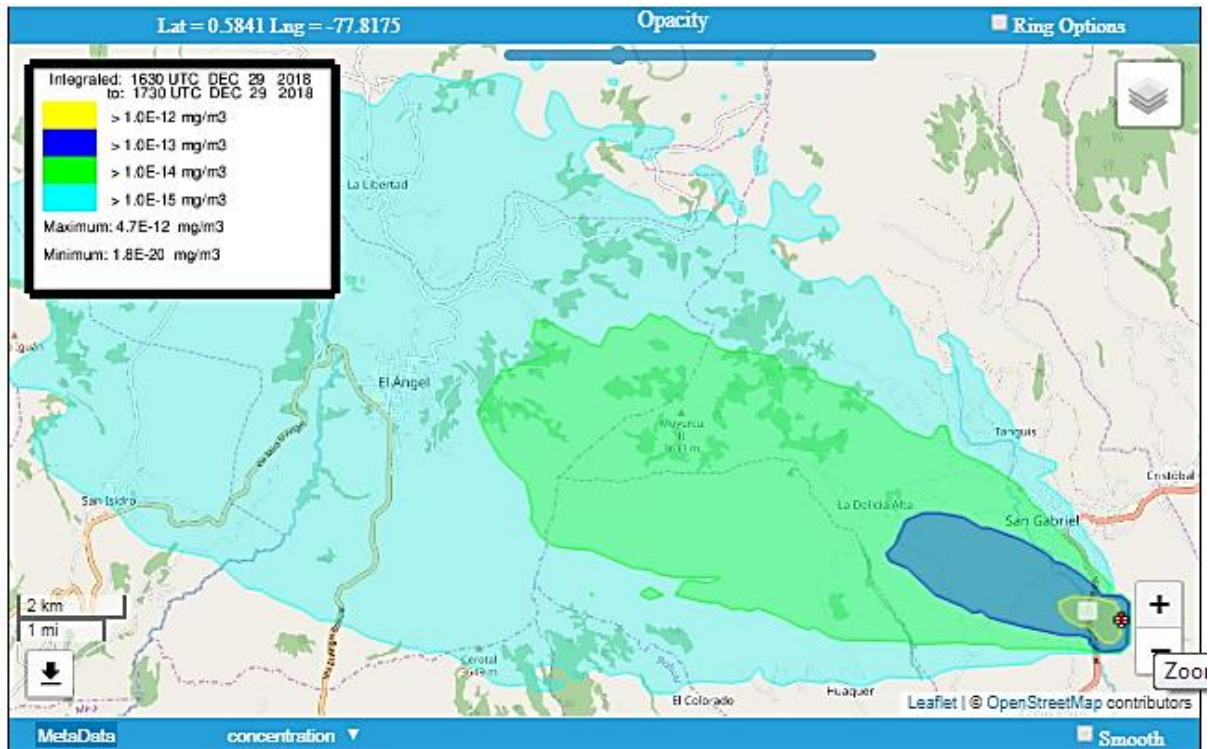
La plataforma de HYSPLIT nos proporciona un documento en pdf, en esta imagen se observa más detallada la información obtenida como es: la dirección y trayectoria de la concentración en el horario de 12:30 a 13:30, también se incluyen los rangos de cantidad de contaminante y el radio que por defecto del programa nos calcula cada 10 km de distancia de donde se estima existe cantidad de contaminante por más mínima que esta sea. También en la parte inferior de la imagen se hace una descripción específica del trabajo realizado

# NOAA HYSPLIT MODEL PARTICLE CROSS-SECTIONS PARTICLE POSITIONS AT 13 30 29 Dec 18



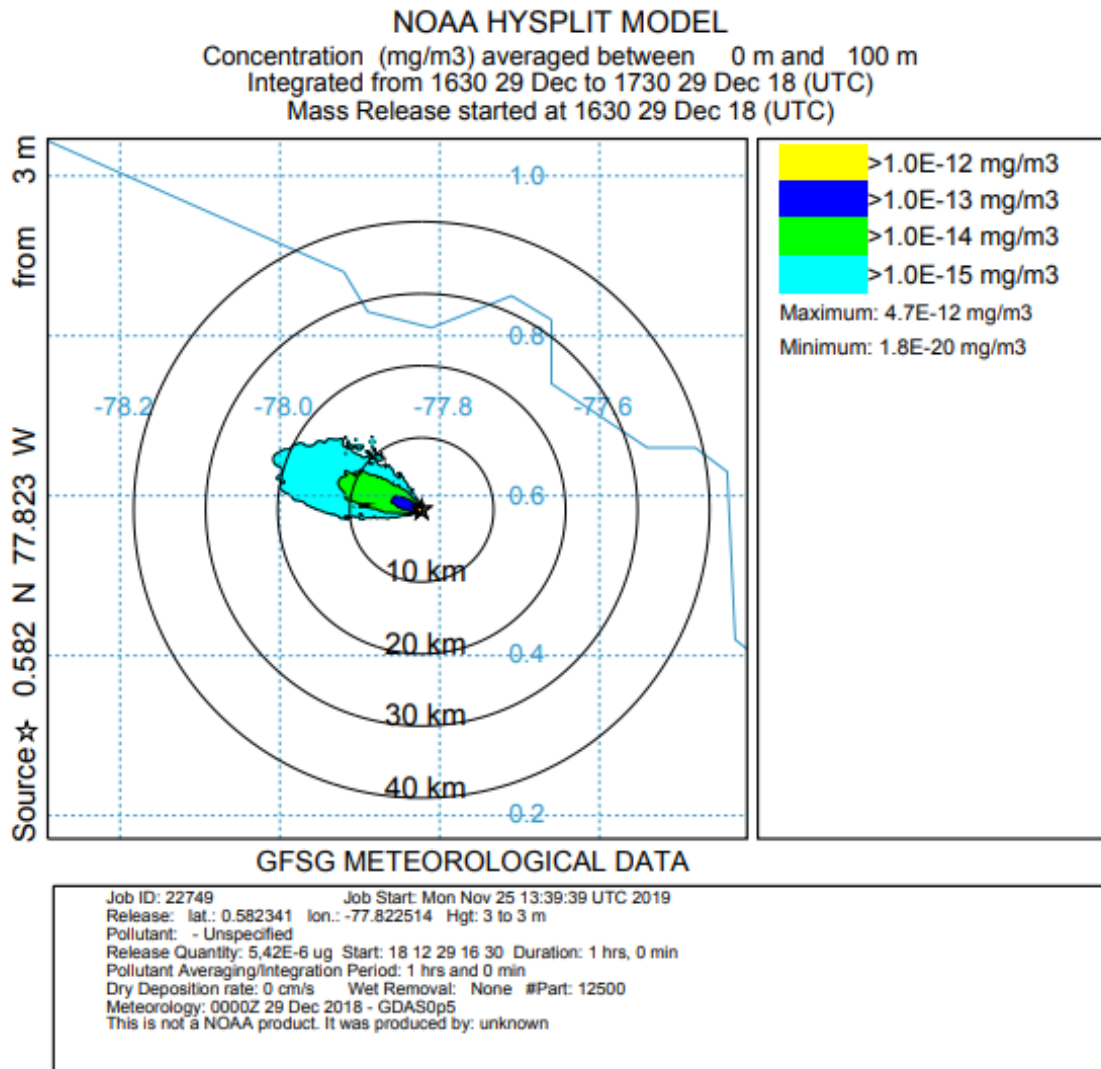
Se muestra la dirección y altura con la que las partículas se van expandiendo en el ambiente según la hora indicada, como este ejemplo las partículas llegan aproximadamente a los 1500 m de altura

Resultado promedio acumulado de la Zona Sur para el MP10 en el intervalo de 16:30 – 17:30



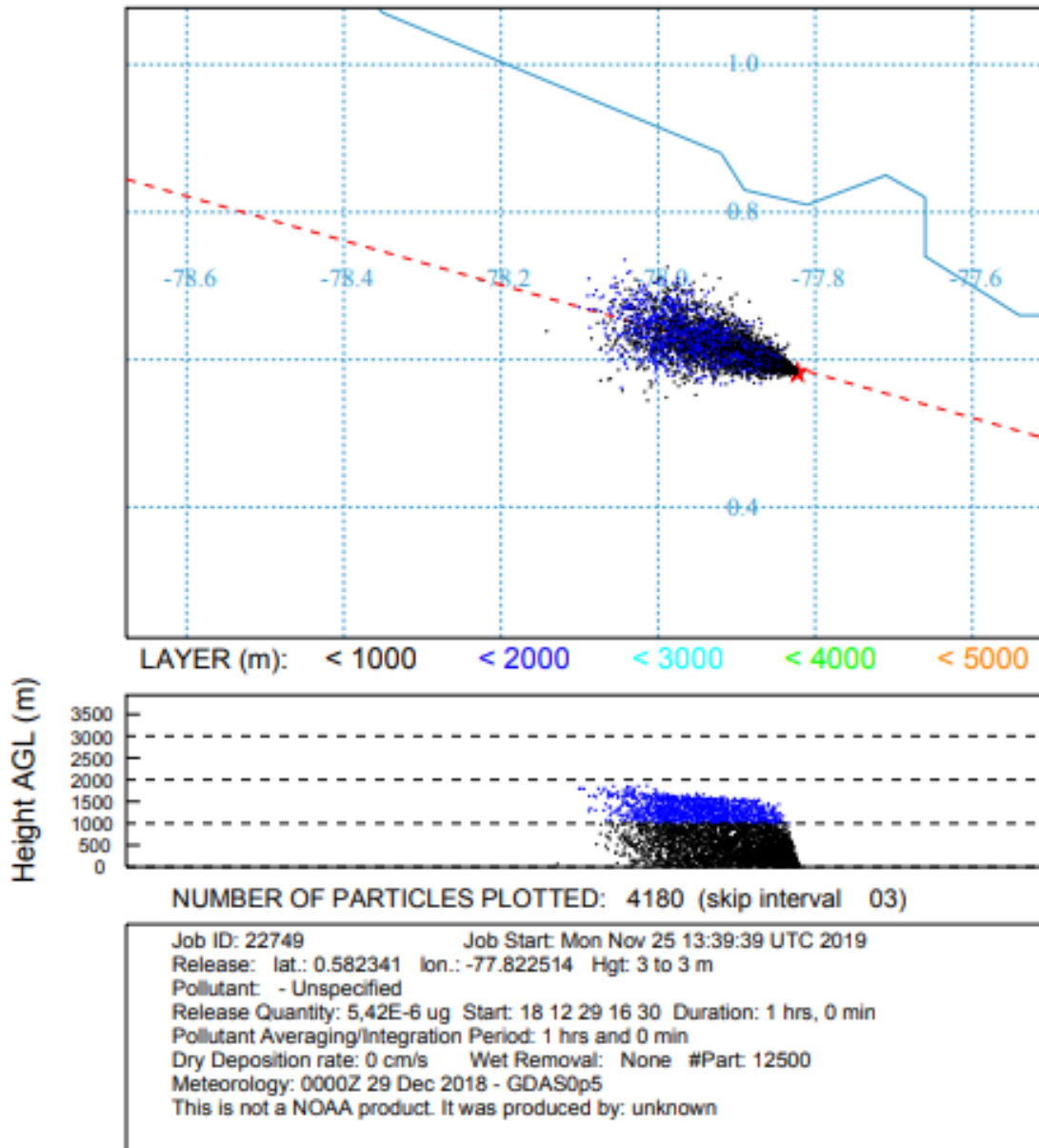
Elaborado por el autor

Según la dispersión ejecutada por HYSPLIT, nos muestra que el valor de cantidad de agente contaminante es de un valor mínimo de  $1,8E^{-20}$  y un valor máximo de  $4,7E^{-12}$ , valores obtenidos por el software HYSPLIT.



La plataforma de HYSPLIT nos proporciona un documento en pdf, en esta imagen se observa más detallada la información obtenida como es: la dirección y trayectoria de la concentración en el horario de 16:30 a 17:30, también se incluyen los rangos de cantidad de contaminante y el radio que por defecto del programa nos calcula cada 10 km de distancia de donde se estima existe cantidad de contaminante por más mínima que esta sea. También en la parte inferior de la imagen se hace una descripción específica del trabajo realizado

# NOAA HYSPLIT MODEL PARTICLE CROSS-SECTIONS PARTICLE POSITIONS AT 17 30 29 Dec 18



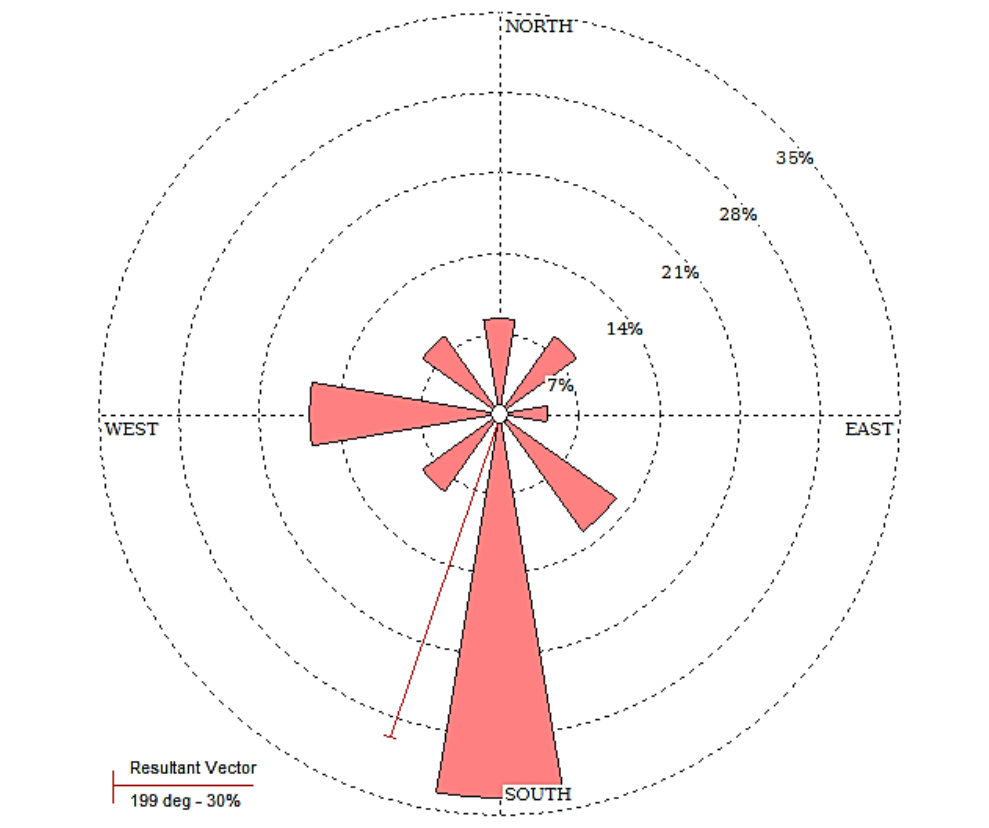
Se muestra la dirección y altura con la que las partículas se van expandiendo en el ambiente según la hora indicada, como este ejemplo las partículas llegan aproximadamente a los 2000 m de altura

## Anexo 6.

Resultados obtenidos para el software WRPLOT View.

Se muestran las direcciones del viento ejecutadas en el software WPLOT para este software se utilizó como referencia los datos meteorológicos facilitados por el INAMHI, obteniendo la rosa de los vientos en los días que se tomó como referencia para realizar este trabajo.

27 de diciembre

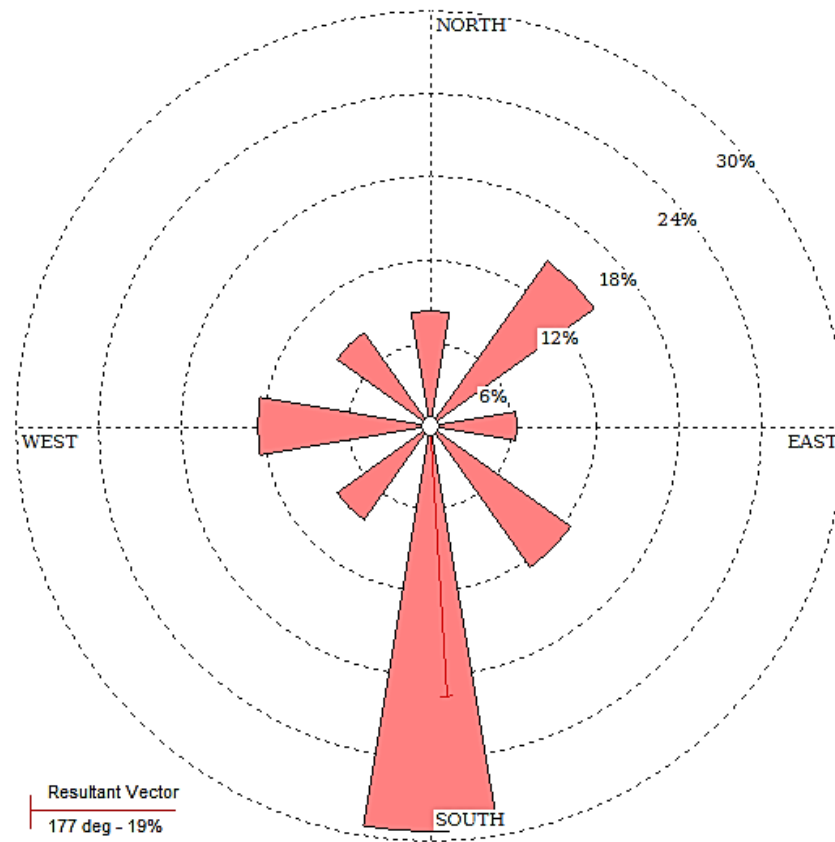


Elaborado por el autor

Se muestra que la dirección del viento que predomina para el día 27 de diciembre es SW.

29 de diciembre

Rosa de Vientos.



Elaborado por el Autor

Esta grafica nos muestra que el día que se tomó como referencia para los promedios acumulativos. La dirección predominante del viento es de SE.

**Anexo 7.**  
**Imágenes de las mediciones**

Imágenes de las mediciones realizadas de los parámetros CO, NOx y MP10



**Anexo 8.**

Tomas de las pruebas de Opacidad a las unidades de transporte urbano público de la ciudad de San Gabriel



## Anexo 9.

Equipos utilizados para el desarrollo del proyecto

Equipos utilizados para el desarrollo del proyecto	Analizador de material particulado - AEROCET 531S
 A handheld GPS device, specifically a Garmin GPSMAP 64, with a yellow and black casing. The screen displays a map and various data points.	 A white and grey particulate matter analyzer, the Met One AEROCET 531S. The device has a digital display showing PM1, PM2.5, and PM10 concentrations. It features several control buttons including 'START/STOP', 'HOLD/ESC', and directional arrows.
Analizador Portátil de Gases - 1100/2200	Opacímetro Brain Bee - OPA-100
 A portable gas analyzer, the Systech Systems Model 1100-10. It is a dark blue device with a screen and a keypad, connected to a sampling probe. The screen shows 'Model 1100-10' and 'Systech Systems'.	 A yellow and black opacimeter, the Brain Bee OPA-100. It is a rectangular device with a control panel on top and a sampling probe. The front panel has the 'Brain Bee' logo and 'OPA-100' printed on it.

Espectrofotómetro de Absorción Atómica  
SensAA



## Anexo 11

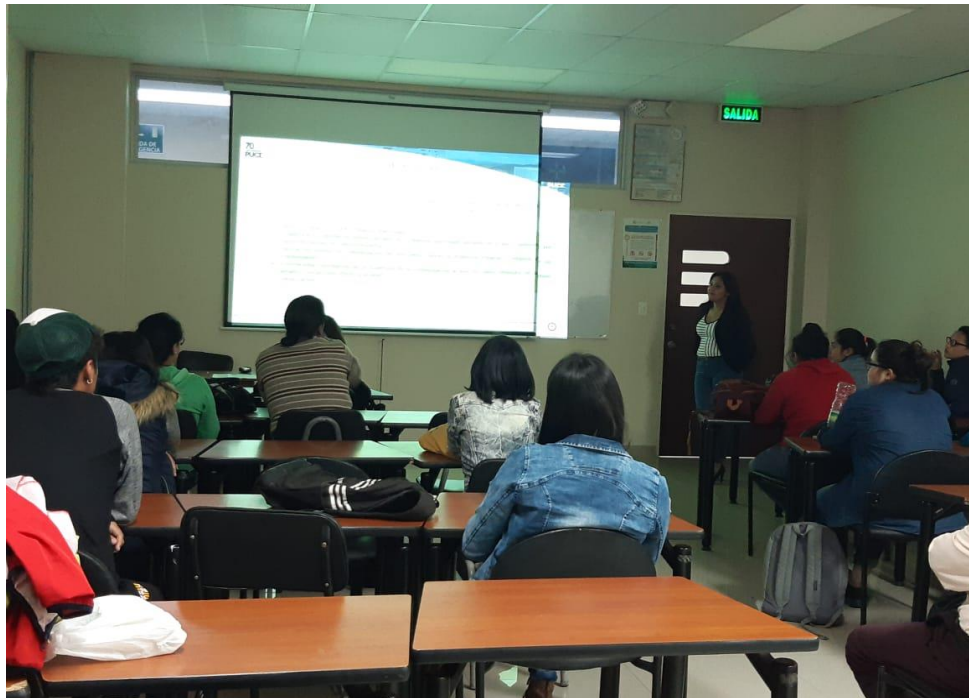
Registro fotográfico de la recolección y medición de metales pesados.

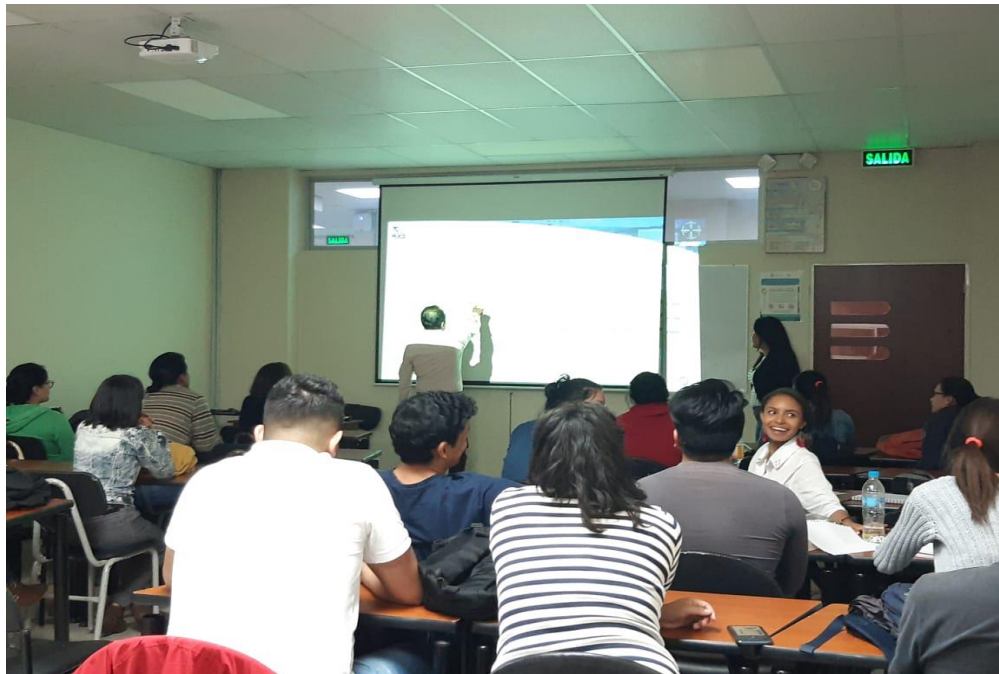




**Anexo 10.**

**Fotografías de Socialización**







## Anexo 11.

Encuesta aplicada en la socialización de resultados del proyecto de investigación.



### PROCESO DE SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajos de investigación, por favor háganos llegar sus comentarios y sugerencias:

FECHA			
EXPOSITOR			
LUGAR	DENTRO PUCESI		FUERA PUCESI

**NOTA IMPORTANTE:** Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:

5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO


DETALLE DE VALORACIÓN	1	2	3	4	5
<b>ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN:</b>					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					
<b>EJECUCIÓN DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR</b>					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?					
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?					

5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?					
<b>MEDICIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN:</b>					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					
7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					
8. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?					
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?					
<b>REALICE UN COMENTARIO O SUGERENCIA PARA LOS ORGANIZADORES DE ESTE EVENTO</b>					
<b>MENCIONE USTED OTRAS PROBLEMÁTICAS QUE A SU PARECER PODRÍAN SER INVESTIGADAS Y QUE POSEAN IMPORTANCIA PARA ALGÚN ACTOR Y/O SECTOR DE NUESTRA COLECTIVIDAD</b>					
<b>INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO</b>					



**Anexo 12.**


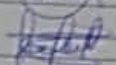
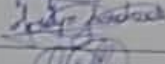



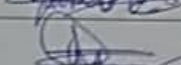



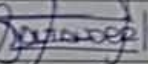
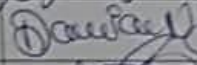
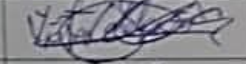

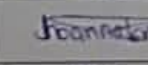


Registro de asistentes a la socialización de resultados del proyecto de investigación.



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**ESCUELA CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**  
 ÁREA DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

**LISTA DE ASISTENCIA A SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN**

NOMBRE DEL EXPOSITOR: **Fernanda Chulde**  
 CARRERA: **Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo**  
 FECHA: **5-11-2019**

NOMBRE ASISTENTE	NÚMERO DE CÉDULA	INSTITUCIÓN A LA QUE REPRESENTA	FIRMA
Karla Pérez	1727465971	PUCE-SI	
Evelyn Conguán	0401874318	PUCE-SI	
Joselyn Andrade	100445769-1	PUCE-SI	
Esmeralda Hore	040189255-9	PUCE-SI	
Cristhina Arango Ruiz	1003633953	Independiente	
Misthell Erazo P	0401720008	Independiente	
Gabriela Tito	100397384-7	PUCE-SI	
Joselin Yar	1003614599	PUCE-SI	
Juan Francisco Billaño Ortiz	100333998-1	PUCE-SI	
Belen Rivera	100444276-8	PUCE-SI	
Oscar Chiluisa	100456032-8	PUCE-SI	
Olivera Santander	100411409-4	PUCE-SI	
Daniela Mejía	1720808011	PUCE-SI	
Victor Calderón	1002859039	PUCE-SI	
Richard Vaca	100463777	PUCE-SI	
Jhoanna Peña	100458410-6	PUCE-SI	
Micaela Laro	100308374-6	PUCE-SI	
Marteb Calderón	100434015-2	PUCE-SI	