



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

PROPUESTA DE REUBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO PASIVO
DE CALIDAD DE AIRE EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI

AUTOR

Cristian Paúl Maldonado Noboa

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

**PROPUESTA DE REUBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO PASIVO DE
CALIDAD DE AIRE EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI**

**Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero Ambiental en Prevención
y Remediación**

**Profesor Guía
MSc. Yasser Alejandro González Romero**

**Autor
Cristian Paúl Maldonado Noboa**

**Año
2019**

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo, propuesta de reubicación de puntos de monitoreo pasivo de calidad de aire en el cantón Rumiñahui, a través de reuniones periódicas con el estudiante Cristian Paúl Maldonado Noboa, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Yasser Alejandro González Romero
Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental
C.I: 070373762-7

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, propuesta de reubicación de puntos de monitoreo pasivo de calidad de aire en el cantón Rumiñahui, de Cristian Paúl Maldonado Noboa, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Rasa Zalakeviciute
Doctor of Environmental Engineering
C.I: 175707679-7

DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Cristian Paúl Maldonado Noboa

C.I: 0605815349

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por permitirme cumplir todas mis metas. A mis padres y hermanos por ser un modelo ejemplar a través de los años.

A mi novia Gaby Núñez, por ser mi apoyo incondicional y mi compañera de vida.

Al Ing. Carlos Castillo, representante del Gobierno Autónomo Descentralizado de Rumiñahui, por su gran ayuda y acompañamiento a través del desarrollo del presente trabajo.

Al MSc. Alejandro González por su guía y conocimiento durante la elaboración del estudio.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres que los quiero mucho, Iván y Ceci, a mis hermanos Iván y Wilson, a mis sobrinos Ivancito y Gabrielito, muchas gracias por sus consejos y apoyo a lo largo de mi vida.

A mi novia Gaby, gracias por brindarme toda la ayuda, apoyo, tiempo y sobre todo los hermosos momentos que hemos vivido juntos.

RESUMEN

En la actualidad la contaminación ambiental es un tema de suma importancia ya que produce afectaciones en la salud del ser humano y causa molestias en su bienestar. Por esta razón es de carácter obligatorio realizar un monitoreo de los contaminantes atmosféricos con el fin de proteger a la población de los efectos adversos que estos puedan causar en su organismo. Esto se logra mediante la implementación de una red de monitoreo atmosférico, la cual sirva como indicador de la contaminación del cantón y permita tomar las medidas necesarias para evitar la dispersión de los mismos sobre los habitantes. En el presente trabajo se realizó un análisis de los puntos actuales de medición de la red de monitoreo de calidad de aire del cantón Rumiñahui y se los comparó con los nuevos puntos de medición. Para esto se realizó un inventario del parque automotor en los tres puntos de mayor concentración vehicular con el fin de obtener una estimación de las emisiones de los contaminantes: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y dióxido de nitrógeno (NO_2), producidas por los automóviles. También se levantó información de las industrias del sector con el objetivo de conocer las emisiones que se producen de los contaminantes: óxidos de nitrógeno, benceno, dióxidos de azufre, partículas y monóxido de carbono. También se establecieron nuevos puntos de medición aplicando la metodología de la TA luft de Alemania. En estos puntos se realizaron mediciones del contaminante material particulado menor a 5 micras $\text{PM}_{2.5}$ durante el mes de agosto y septiembre con el fin de comparar la diferencia en las concentraciones de ambos meses en los nueve puntos de monitoreo establecidos por la metodología propuesta. También se realizaron al mismo tiempo mediciones de la velocidad y dirección del viento en los días que se realizó el monitoreo de material particulado para poder establecer la influencia de estas variables climatológicas en la dispersión de los contaminantes en el cantón. Del estudio se concluyó que la dirección del viento influye en las mediciones, acarreado a los contaminantes en distintas direcciones dependiendo el punto de medición.

ABSTRACT

Nowadays, environmental pollution is an important issue since it affects the health of human beings and causes discomfort in their well-being. For this reason, it is mandatory to monitor atmospheric pollutants in order to protect the population from the adverse effects they may cause in their organism. This is achieved through the implementation of an atmospheric monitoring network, which serves as an indicator of the pollution of the canton and allows to take the necessary measures to avoid the dispersion towards the inhabitants. In the present work, an analysis of the current measurement points of the Rumiñahui air quality monitoring network was carried out and compared with the new ones proposed. For this purpose, an inventory of the vehicle fleet in the three high traffic points was carried out in order to obtain an estimate of the emissions of the pollutants: carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrogen dioxide NO₂, produced by cars. Information was also gathered from the industries in the sector with the aim of studying the emissions produced by the pollutants: nitrogen oxides, benzene, sulfur dioxides, particles and carbon monoxide. New measurement points were established by applying the TA luft methodology of Germany. At these points, measurements of the particulate matter with aerodynamic diameter less than 5 microns or PM_{2.5} were made during August and September months in order to compare the difference in the concentrations of both months in the nine monitoring points established by the proposed methodology. At the same time, measurements of wind speed and direction were made at the same time that the monitoring of particulate material was carried out in order to establish the influence of these climatological variables on the dispersion of pollutants in the canton. From the study it was concluded that the direction of the wind influences the measurements, bringing the pollutants in different directions depending on the point of measurement.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Alcance	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos:	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Estaciones Meteorológicas	4
2.2 Contaminación Atmosférica.....	5
2.3 Contaminantes atmosféricos.....	5
2.4 Material particulado	6
2.5 Tipos de muestreadores de material particulado	7
2.6 Redes de monitoreo atmosférico	8
2.7 Metodología para diseño de redes de monitoreo atmosférico	9
2.7.1 Método de Jerarquización analítica.....	9
2.7.2 Método de TA luft de Alemania	10
2.7.3 Método frontera entre México y Estados Unidos aprobado por US EPA.....	11
2.8 Monitoreo pasivo	12
2.9 Rosa de los vientos	13

2.10 Inventarios de emisiones atmosféricas.....	13
2.11 Inventario de fuentes móviles	14
2.12 Inventario de fuentes fijas.....	14
3. METODOLOGÍA	15
3.1 Identificación de las zonas industriales del cantón Rumiñahui.....	15
3.2 Levantamiento de información de las industrias del sector.....	15
3.3 Caracterización de industrias.....	16
3.4 Estimación de emisiones atmosféricas industriales.....	16
3.5 Mapa de ubicación de las industrias y puntos de mayor concentración de contaminantes.....	17
3.6 Conteo del parque automotor del cantón Rumiñahui	17
3.7 Estimación de las emisiones vehiculares utilizando el método Street Canyon.....	18
3.8 Mapa de puntos de mayor concentración vehicular.	20
3.9 Ubicación de puntos para la red de monitoreo	20
3.10 Calibración de equipo Microdust Pro.	20
3.11 Correlación Equipo Microdust Pro y equipo Thermo Scientific FH 62 C -14 Particulate Monitor.	21
3.12 Medición de concentraciones de material particulado PM 2.5	22
3.13 Análisis de datos e identificación de puntos con mayor concentración.....	23

3.13.1 Comparación de resultados obtenidos con la normativa nacional vigente.	23
3.14 Medición de la velocidad y la dirección del viento	23
3.14.1 Construcción de rosas de los vientos.....	24
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	31
4.1 Levantamiento de información de las industrias del sector	31
4.1.1 Información base de las industrias inventariadas.....	31
4.1.2 Tipo de combustible que utiliza cada industria.....	39
4.2 Caracterización de las industrias	43
4.3 Estimación de las emisiones atmosféricas industriales	51
4.4 Mapa de ubicación de las industrias y puntos de concentración de contaminantes.....	58
4.5 Conteo del parque automotor del cantón Rumiñahui	59
4.6 Estimación de las emisiones vehiculares.....	65
4.7 Mapa de ubicación de los puntos con mayor concentración vehicular.....	75
4.8 Ubicación de los puntos de la red de monitoreo.....	76
4.9 Mediciones de material particulado PM 2.5.....	91
4.10 Comparación de los resultados con la normativa nacional vigente.....	117
4.11 Construcción de rosas de los vientos	122
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
5.1 Conclusiones.....	125

5.2 Recomendaciones	125
REFERENCIAS	127
ANEXOS	136

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El medio ambiente se ha visto alterado por impactos provenientes de las actividades antrópicas, en especial aquellas que queman combustibles para poder realizar actividades que les permitan generar productos y servicios. Estos impactos no eran significantes hasta que llegó la revolución industrial, la cual buscó generar más ingresos económicos y satisfacer las necesidades de la población, sin tomar en cuenta al ambiente y las posteriores consecuencias de sus acciones. Esto genera una constante entrada y salida de materia y energía tanto hacia dentro como fuera de la naturaleza, dando lugar a cambios en las condiciones atmosféricas por efecto de la temperatura, material particulado, gases de efecto invernadero, cambios de usos de suelo y la agricultura (Romero, Irrarázaval, Opazo, Salgado y Smith, 2010, p.35).

La Secretaría de Ambiente de México (2013) establece que los contaminantes atmosféricos generan efectos negativos en la salud de las personas, las cuales al estar en constante contacto con estas sustancias desarrollan afecciones en su organismo. Cada contaminante presenta implicaciones en distintas partes del cuerpo humano (Secretaría de Ambiente de México, 2013).

El material particulado menor a 10 micrómetros PM_{10} puede producir afecciones en la salud de las personas a nivel de la tráquea, pulmones y los bronquios debido a que estas partículas gracias a su tamaño pueden ingresar fácilmente por la nariz y llegar hasta la región del tórax (Parra y Orozco, 2005, p.4).

En relación al material particulado menor a 2.5 micras $PM_{2.5}$, este puede generar riesgo de mortalidad, y en exposiciones a largo plazo este contaminante puede ocasionar cardiopatías isquémicas provocando la muerte de la persona (Hoek et al., 2013).

El ozono troposférico incide en la salud de las personas de manera que puede provocar la muerte prematura, así como también problemas de asma y morbilidad. Además el ozono troposférico produce daños a las plantas generando daños en la producción de vegetales a nivel mundial (Comission for Environmental Cooperation, 2005, p.2).

El cantón Rumiñahui se encuentra ubicado en el sector del Valle de Los Chillos al sur - oriente de Quito, entre sus principales actividades económicas se encuentran; el comercio de frutas y verduras, venta de ropa y principalmente la producción industrial.

Según Zalakeviciute et al. (2017) las concentraciones de PM_{2.5} anuales en la ciudad de Quito sobrepasan los estándares nacionales en los últimos 10 años debido al incremento del parque automotor y de las actividades humanas. Además estos valores se encuentran sobre los estándares recomendados por la Organización Mundial de la Salud.

Además los sectores que se encuentran ubicados a los alrededores de la ciudad de Quito presentan concentraciones más elevadas debido a los tipos de fuentes que presentan al estar ubicados en zonas industriales (Zalakeviciute, López y Rybarczyk, 2018).

1.2 Alcance

Este estudio consistió en elaborar una propuesta de ubicación de puntos de monitoreo de filtros pasivos de calidad de aire en el cantón de Rumiñahui. Para lo cual se realizó un estudio de los factores velocidad y dirección del viento para determinar la distribución espacial de los contaminantes. También se levantó un inventario de las fuentes fijas y móviles con el fin de identificar las áreas con mayor concentración de contaminantes. Además se analizaron los resultados obtenidos y se comparó los puntos actuales de medición del municipio con los propuestos en este trabajo.

1.3 Justificación

La contaminación atmosférica genera varios efectos adversos en la salud de las personas tales como enfermedades respiratorias y cardiovasculares. El monitoreo de la calidad del aire es importante para la identificación de contaminantes atmosféricos, en especial aquellos cuyas concentraciones superan la normativa nacional o la de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que es más estricta e importante para la salud del ambiente y los seres humanos. Esto nos permite tener una mejor gestión del territorio, limitando espacios entre los focos contaminantes y las áreas residenciales.

Según la Organización Mundial de la Salud (WHO), (2018) el número de muertes asociadas a la mala calidad del aire se encuentra alrededor de 7 millones al año, cifra que genera interés debido a que se asemeja a la cantidad de personas muertas en accidentes de tránsito en países en desarrollo. Además el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PD y OT) del cantón Rumiñahui (2012) establece que se generan contaminantes atmosféricos debido a la presencia de fuentes fijas de combustión. De igual manera el crecimiento del parque automotor afecta varios puntos de concentración de vehículos como el sector de “El Triángulo”, el centro comercial “San Luis Shopping” y la Avenida General Enríquez (sector River Mall), en estos lugares se puede evidenciar la presencia de smog en las fachadas de las construcciones (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Rumiñahui, 2012, p.64).

El PD y OT del cantón afirma que existen personas inmigrantes provenientes de la Ciudad de Quito principalmente, de las cuales 38047 se sitúan en el área urbana y 3961 en el área rural, en especial en zonas cercanas a la cabecera cantonal esto se debe a la presencia del parque industrial, el cual genera una dinámica de empleo importante (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Rumiñahui, 2012).

Por las razones expuestas se propone una ubicación nueva de los puntos de monitoreo de los filtros pasivos de calidad de aire al municipio de Rumiñahui con el fin de mejorar la toma de mediciones actuales para precautelar la salud de los habitantes del sector. Esta tesis puede servir de guía para la formulación de planes de ordenamiento territorial.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Reubicar los puntos de monitoreo pasivos de calidad de aire en el Cantón Rumiñahui.

1.4.2 Objetivos específicos

Elaborar un inventario de las fuentes fijas y móviles con el fin de establecer los puntos con más alta concentración de contaminación atmosférica.

Analizar la influencia de la velocidad y dirección del viento en los monitoreos actuales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estaciones Meteorológicas

El monitoreo y control de la calidad del aire es de gran interés a nivel mundial debido a que se relaciona con las actividades humanas tales como la agricultura y la producción de energía. Además, el tener un conocimiento de las condiciones ambientales permite obtener información referente a la contaminación del aire, la cual afecta de manera directa al funcionamiento de las industrias. Bajo la misma línea las estaciones meteorológicas nos permiten mantener un análisis continuo de distintas variables climáticas como: humedad, temperatura,

velocidad del viento, dirección del viento, radiación, presión atmosférica, precipitación (Dipak Sayyad, 2016).

En la actualidad las estaciones están compuestas por equipos conectados a una red automática que permite el monitoreo y análisis de los contaminantes en tiempo real. Estos equipos a través de la red transmiten los resultados obtenidos y se almacenan en varios ordenadores para su posterior análisis por parte de las personas encargadas de los reportes de calidad de aire. Además estas estaciones están equipadas con baterías para evitar la pérdida de información durante los cortes de energía (Gonzalo, y otros, 2015).

2.2 Contaminación Atmosférica

En la actualidad la contaminación del aire es uno de los principales temas de interés a nivel mundial debido a que varios estudios han demostrado que la exposición a distintos contaminantes está relacionado con la muerte. De igual manera se ha evidenciado que las personas que viven en lugares con buena calidad de aire tienen una esperanza de vida superior que aquellas que habitan en sectores contaminados (Institute for Health Metrics and Evaluation's Global Burden of Disease Project, 2017).

Los cambios en las propiedades de la atmósfera se deben principalmente a la emisión de gases y elementos sólidos suspendidos en el aire. La mayoría de contaminantes no pueden ser observados ni percibidos el ser humano debido a su tamaño, sin embargo no se puede aseverar que no exista contaminación (World Health Organization, 2018).

2.3 Contaminantes atmosféricos

Los contaminantes que afectan a la salud son conocidos como contaminantes criterio, estos son los principales que deben ser tomados en cuenta durante el diseño de una red de monitoreo: Material particulado 2.5 micrones (PM_{2.5}) y 10

micrones (PM_{10}), ozono (O_3), monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) (United States Environmental Protection Agency, 2015).

El ozono (O_3) se forma debido a la presencia de compuestos orgánicos volátiles (COVs) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), los cuales en presencia de la radiación solar generan el ozono troposférico. En cuanto al material particulado éste se encuentra en estado sólido o líquido, se presenta como partículas, las cuales pueden clasificarse en: $PM_{2.5}$, partículas con diámetro menor a 2.5 micrones y PM_{10} , partículas con diámetro menor a 10 micrones. Con respecto al monóxido de carbono (CO), es un gas que no posee color ni sabor, además es el resultado de la combustión incompleta de combustibles de origen fósil. Finalmente, los óxidos de nitrógeno son gases muy tóxicos, se genera como producto de la oxidación del nitrógeno que se requiere para la combustión en procesos industriales y de vehículos (Secretaría de Ambiente, 2011).

2.4 Material particulado

El material particulado se divide en dos tipos dependiendo el tamaño del material que se va a analizar, pudiendo ser $PM_{2.5}$ (menor a 2.5 micrones) y PM_{10} (menor a 10 micrones).

Este contaminante proviene de las emisiones que producen las fuentes naturales las cuales se generan por procesos de origen natural y las antrópicas en donde el ser humano interviene de forma activa debido a las actividades que realiza.

Además según el tipo de partículas que se emiten se puede clasificar en fuentes primarias que a su vez se encuentra conformada por fuentes fijas como industrias, móviles como los carros y de área como quemas ocasionadas por actividades productivas como la agricultura, o las que se presentan con polvo ocasionado por el viento. Y finalmente las fuentes secundarias las cuales se conforman por fuentes orgánicas e inorgánicas (Morales, 2006, p. 107).

Este es el principal contaminante que es monitoreado alrededor del mundo debido a que se encuentra muy relacionado con los efectos adversos que causa en la salud del ser humano. Estos efectos dependen del tiempo al que esté expuesto la persona al contaminante, pudiendo ser por un periodo de tiempo corto o por un periodo más largo. El PM_{2.5} se encuentra compuesto por químicos abrasivos para la salud del ser humano como carbón, sulfato de amonio y nitrato de amonio, se encuentra en tamaños imperceptibles para el ser humano por lo que es muy fácil que éste ingrese de forma instantánea al organismo ocasionando problemas a corto y a largo plazo, dependiendo del lugar y las actividades que realiza, así como también el tiempo de exposición a ellos (United States Environmental Protection Agency , 2004).

Una exposición a corto plazo dura aproximadamente entre 8 a 24 horas, causando daños en la salud tales como irritaciones en las vías respiratorias, comezón en los ojos y tos. Mientras que una exposición a largo plazo puede durar un año o más, ocasionando afectaciones más severas para el ser humano, como por ejemplo: asma, infección a las vías respiratorias, cáncer a los pulmones, bronquitis y daño al funcionamiento normal de los pulmones (World Health Organization, 2018).

Según la EPA los órganos a los que afecta directamente es a los pulmones y corazón y sus efectos detectados en los últimos 10 años han sido ataques cardiacos, dificultad para respirar, alteración de función pulmonar, y el desarrollo de enfermedades como alergias y asma crónico. El material particulado al ingresar al organismo fácilmente alcanza al torrente sanguíneo, este peligro afecta a grupos vulnerables como niños y ancianos (United States Environmental Protection Agency, 2018).

2.5 Tipos de muestreadores de material particulado

El monitoreo de los contaminantes atmosféricos se lo realiza principalmente utilizando método de muestreo pasivo, activo, automático y bioindicadores.

Existen cuatro métodos para monitoreo de la calidad del aire, estos son; los muestreadores pasivos en los cuales se hace uso de instrumentos que no requieren una bomba para su funcionamiento, es una herramienta confiable y la más utilizada ya que permite al usuario obtener datos de contaminantes que con otros equipos no pueden ser medidos, muestreadores activos que utilizan equipos que poseen bombas, encargadas de succionar en un cierto periodo de tiempo una cantidad de aire determinada para obtener datos acerca de los contaminantes presentes en el colector que también es parte de los equipos, analizadores automáticos obtienen mediciones de contaminantes, con la ventaja de que se lo puede realizar en un punto y determinan contaminantes como dióxido de azufre (SO_2), Materia particulada (PM) (World Health Organization, 1999), Monóxido de carbono (CO), todos aquellos considerados como perjudiciales para la salud del ser humano, los cuales son posteriormente analizadas por medio de procesos de fluorescencia y cromatografía de gases, absorción UV y finalmente los sensores remotos utilizan una fuente de luz para la detección del contaminante, su ventaja radica en sus sofisticación y suele ser aplicado en los lugares en donde se emiten los contaminantes (EPA, (2018)).

La principal ventaja del monitoreo pasivo es que permite analizar los contaminantes criterio: NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} , SO_2 y CO, pero además analiza contaminantes tóxicos como compuestos orgánicos volátiles (COVs).

Como desventaja se tiene que los costos de operación, compra e instalación de equipos es muy elevado, además de que se requiere de profesionales capacitados en la utilización de dichos equipos (Instituto Nacional de Ecología de México, 2012).

2.6 Redes de monitoreo atmosférico

Una red de monitoreo atmosférico se encarga de realizar mediciones de aquellos contaminantes emitidos hacia la atmósfera, producto de las actividades antrópicas originadas por fuentes fijas o móviles como la industria, quema de

basura, el tráfico, quema de combustibles fósiles de forma continua (Forbes y Garland, 2016).

Esto permite obtener una base de datos eficiente y que sirva de línea base para determinar la calidad del aire de un determinado lugar y que la información que se obtiene pueda ser comparada con la de otras redes localizadas en sectores cercanos o con características similares para generar, actualizar y mejorar las leyes dentro de la normativa establecida en el sector.

Así como también planes y alternativas viables para disminuir la emisión de contaminantes atmosféricos con el fin de precautelar salud de la población, disminuir el impacto ambiental y el cuidado del medio ambiente (EPA, 2017).

En la ciudad de Quito la Secretaría de Ambiente posee una red de monitoreo atmosférico (REMMAQ), ésta cuenta con nueve estaciones equipadas para CO, material particulado, óxidos de nitrógeno (NO, NO₂ y NO_x), dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃) (Secretaria de Ambiente de Quito, 2018).

2.7 Metodología para diseño de redes de monitoreo atmosférico

2.7.1 Método de Jerarquización analítica

El método de jerarquización analítica se basa en la utilización de ponderaciones para la selección de puntos de monitoreo de calidad de aire, para esto se designa un peso entre 0 y 1 a cada uno de los siguientes factores que influyen en la toma de decisión, dependiendo de su importancia respecto al presupuesto que se tiene para la implementación de la red. Los factores que toma en cuenta el estudio son: la seguridad del lugar, espacio suficiente para la colocación de equipos, los equipos e instrumentos que se requieren dependiendo del grado de contaminación del sector, la presencia de otras fuentes de emisión, facilidad de acceso al lugar, eliminación de los obstáculos que impidan la dispersión de los contaminantes y la adquisición de datos históricos para realizar estadísticas confiables.

La contaminación se estima utilizando el modelo de dispersión CALINE 3, el cual permite conocer la contaminación causada por las fuentes móviles del sector. Para esto se clasifico al parque automotor en: motos, automóviles, buses y busetas, y vehículos pesados. Además se analizó como información secundarias los datos de velocidad del viento y temperatura de tres estaciones. Una vez establecidos todos los factores, se realiza la sumatoria de todos y se comparan los distintos lugares de interés para poder establecer cuáles son los mejores lugares que obtuvieron una ponderación baja (Narvaez, V. M. A., Quiñones-Bolaños, E., Bolaños, M. H., Suárez, C. A., Berdugo, J., y Rivas, I. D. R. , 2016).

2.7.2 Método de TA luft de Alemania

Para diseñar la red de monitoreo, se coloca una cuadrícula sobre el área de estudio con el fin de dividir la zona en partes iguales, luego se colocan los puntos de monitoreo en todas las intersecciones de la cuadrícula. Se recomienda que la distancia entre los puntos de intersección de la rejilla sea de al menos 1 km. Las mediciones se deben realizar en cada intersección de la rejilla, de tal manera que queden cubiertos todos los puntos de interés, es decir cada día se medirá los contaminantes en una de las intersecciones (Martínez y Romieu, 1997).

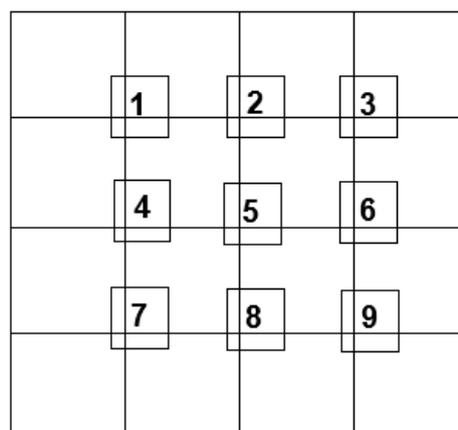


Figura 1. Selección de puntos de monitoreo de calidad de aire.

Adaptada de: (Martínez y Romieu, 1997) y (TA luft, 1986).

Según El Código de Regulaciones Federales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (CFR 40), (sf). Los muestreos deben seguir los siguientes criterios con el fin de evitar errores y mejorar la precisión durante las mediciones con el equipo de material particulado:

- Se debe colocar el equipo dentro de lugares al aire abierto, sin ningún tipo de estructura a 20 m a la redonda.
- El equipo no puede estar cerca de fuentes de contaminación como chimeneas industriales o al menos a una distancia de 10 veces la altura de la fuente emisora de gas.
- El área debe estar sin presencia de árboles y escapes para ventilación que puedan influir en el muestreo.
- El equipo puede ubicarse cerca de paredes de hasta 1 m de alto.

2.7.3 Método frontera entre México y Estados Unidos aprobado por US EPA

Este método consiste en primer lugar en realizar una caracterización general del lugar que se desea monitorear, para esto se describe la población, actividades productivas, tipos de industrias y los principales contaminantes presentes en la región. Luego se realiza un inventario de las fuentes fijas de emisión y se establecen los posibles contaminantes atmosféricos que pueden ser generados por las industrias analizadas, además se revisan mapas topográficos y se analizan las condiciones meteorológicas del área.

Así mismo se proponen y se analizan los objetivos del monitoreo, y dependiendo de esto se pueden establecer los sitios de monitoreo apropiados basándose en el anexo D de la 40 CFR 48. Además se realizan dos lista de verificación para que en base a las características de cada lugar, como por ejemplo: se pueden tomar muestras representativas de este lugar?, se pueden presentar interferencias durante los monitoreos?, vías de acceso en buen estado, energía eléctrica, suficiente espacio para poder colocar las entradas de aire despejadas en los equipos, si el lugar está protegido contra daños o vandalismo y si se

cuenta con el personal adecuado para realizar los mantenimientos y funcionamiento de la estación. Finalmente se elimina los sitios de monitoreo que en base a las listas de verificación no son idóneos para la ubicación de los equipos de monitoreo (Winberry, Henning, y Crume, 1998).

2.8 Monitoreo pasivo

Los muestreos pasivos requieren la utilización de tubos denominados colectores, los cuales contienen en su interior un material capaz de captar los contaminantes presentes en el aire a través de los fenómenos de difusión y permeación (United States Environmental Protection Agency, 2014).

El proceso consiste en la ubicación de los muestreadores en el lugar destinado para el monitoreo, los contaminantes por acción de la gravedad ingresan dentro del contenedor en donde atraviesan un gas y se difunden, esto se consigue debido a que las partículas migran de un lugar con mayor concentración hacia otro con una menor. De igual manera pueden traspasar una membrana y por medio de la capacidad de permeación de la misma se determina la concentración de los vapores analizados (Górecki y Namiesnik, 2002).

Entre las características de los muestreadores pasivos se puede establecer que no requieren de un mantenimiento periódico, son de bajo costo, presentan sus resultados como promedios, requieren ser calibrados una sola vez. Además debido a su fácil manipulación y a su pequeño tamaño, son fáciles de utilizar en cualquier lugar. Sin embargo las interferencias meteorológicas pueden ocasionar variaciones en las mediciones (Cambal, 2015).

En 43 lugares de la ciudad de Quito se realiza la vigilancia de los siguientes contaminantes de forma pasiva: BTX (benceno, tolueno y xilenos), NO₂ y SO₂ durante un periodo de 30 días al mes y O₃ cada 15 días, dos veces al mes. Los muestreadores son fabricados por la Secretaría de Ambiente de Quito, los cuales

analizan los resultados de los mismos de una manera estricta con estándares de calidad (Secretaría de Ambiente de Quito, 2015).

2.9 Rosa de los vientos

La rosa de los vientos es un instrumento que se utiliza para poder analizar la dirección y la velocidad del viento, a su vez esto se relaciona con la dispersión de los contaminantes que pueden encontrarse en el sitio que se desea estudiar. Su diseño está comprendido de entre 8 a 16 líneas que salen de una circunferencia, las cuales representan cada una la dirección del viento (norte, sur, este y oeste). La distancia que alcanza cada línea representa la velocidad del viento, mientras que los momentos de calma del mismo se establecen en el centro de la circunferencia.

Las rosas de los vientos se utilizan en áreas como la contaminación ambiental para el monitoreo de contaminantes, la oceanografía, la producción de energía eólica y para la agricultura (Reddy Anil, 2016).

Sin embargo existen problemas referentes al uso de datos de viento; el primero tiene que ver con los promedios que se obtienen del análisis de las variables ambientales, ya que estos deben ser analizados con precaución debido a que son tomados en un específico periodo de tiempo y en un determinado lugar. Bajo la misma línea otro inconveniente que se presenta es que la velocidad del viento se obtiene como un vector, mientras que la mayor parte de los software han sido diseñados para datos escalares (Shoji, 2018).

2.10 Inventarios de emisiones atmosféricas

Un inventario de emisiones atmosféricas es una compilación de todos los datos obtenidos en un periodo de tiempo específico en el que se realizó la investigación, de tal forma con esa información se dé a conocer la cantidad y los tipos de contaminantes que se encuentran en la atmósfera, para posteriormente

gestionar la calidad de aire de cualquier zona de forma eficiente y aplicar estrategias para la reducción de los contaminantes, dentro del inventario se registran las fuentes emisoras como fijas, móviles y de área (Vaca, 2011).

2.11 Inventario de fuentes móviles

El inventario de fuentes móviles comprende el análisis del parque automotor, para lo cual se establece un año base para el inicio del estudio, se determinan los contaminantes que se van a analizar y se clasifica a los automotores en vehículos a diésel y gasolina. Luego se determina el consumo de cada combustible durante el año de estudio en cada región o área que se desea obtener la información. Finalmente se genera una tabla con los lugares, el número total de vehículos por sector y el porcentaje de combustible que consumen, sea diésel o gasolina (Ministerio de Ambiente, 2013, p. 35).

2.12 Inventario de fuentes fijas

El inventario de fuentes fijas comprende la cuantificación y caracterización de las industrias presentes en el área que se desea analizar, para esto se realiza un lista de las empresas y se describe en cada una: el nombre de la industria, el tipo de actividad productiva, los tipos de combustible que utiliza y cuanto de estos consumo durante el año.

Una vez obtenida esta información en campo, se procede a realizar la estimación de las emisiones, para esto se emplean factores de emisión obtenidos por la EPA, los cuales dependiendo el tipo de combustible proporcionan un determinado valor. Luego mediante la siguiente ecuación se establece la emisión de contaminantes:

$$E = fe * Na * \left(1 - \frac{Ea}{100}\right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

3.3 Caracterización de industrias

Se clasificó por categorías a las industrias inventariadas de la siguiente manera:

Tabla 2.

Clasificación de las industrias (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

Niveles	Descripción		CIU
1	Empresas dedicadas a la manufactura.	Alfanumérico	C
2	Fabricación de alimentos	2 dígitos	C 10
3	Fabricación de artículos de molinería, almidones y sus productos.	3 dígitos	C 106
4	Fabricación de productos de molinería	4 dígitos	C 1061
5	Molinería	5 dígitos	C 1061.1
6	Fabricación de harina, cereales, gránulos de trigo, sémola, centeno, maíz y avena.	6 dígitos	C 1061.11

3.4 Estimación de emisiones atmosféricas industriales

Para el cálculo de las emisiones procedentes de las industrias se requirió utilizar la siguiente fórmula (Ministerio de Ambiente, 2010):

$$E_j = FE_j * Con / 1000000 \quad (\text{Ecuación 2})$$

En donde:

Ej: Emisión al año del contaminante j analizado.

FEj: Factor de emisión del contaminante j en g/m^3

Con: Consumo de combustible en $\text{m}^3 \text{a}^{-1}$

3.5 Mapa de ubicación de las industrias y puntos de mayor concentración de contaminantes

Utilizando el software ArcGis se colocó las posiciones de las industrias sobre el mapa del cantón Rumiñahui y se identificó los lugares que presentaron una mayor concentración de contaminantes en las zonas analizadas para poder verificar si estas influyen en los monitoreos de calidad de aire.

3.6 Censo del parque automotor del cantón Rumiñahui

El inventario vehicular se realizó los mismos días de medición de material particulado con el fin de poder contrastar ambas fuentes de información y buscar alguna relación en los resultados. El censo duró 3 horas: de 7:00 a.m a 8:00 a.m, de 8:00 a.m a 9:00 a.m y de 9:00 a.m a 10 a.m. Se contaron los vehículos en los nueve puntos de monitoreo de material particulado: Cashapamba, Centro de Sangolquí, San Rafael, Fajardo, La Colina, Selva Alegre, San Pedro, Sangolquí Industrial y Cotogchoa. Se necesitó la ayuda de 2 voluntarios para elaborar la lista de vehículos en cada punto, los cuales fueron clasificados en: comerciales ligeros identificados como vehículos comerciales ligeros, comerciales pesados, autobuses y motos.

Se utilizó la siguiente tabla para la recolección de información (TROPOSFERA, 2005):

Tabla 3.

Ficha para levantamiento de información de tráfico vehicular en campo.

Fecha	Hora	Tipo de vehículo			
		Comerciales ligeros	Comerciales pesados	Autobuses	Motos

3.7 Estimación de las emisiones vehiculares utilizando el método Street Canyon

Una vez levantada la información, se utilizó “Modelo de Street Canyon”, el cual funciona como un simulador de contaminantes en las ciudades toma en consideración los obstáculos presentes en las ciudades como casas y edificios, el modelo pertenece a la aplicación TROPÓSFERA, éste es un portal que permite saber la predicción del índice la calidad del aire y la contaminación atmosférica en el sitio en donde se requiere realizar el estudio.

Luego en la nueva pestaña se rellenó la información que la página requiere como: ancho de la vía, la distancia entre la persona y los vehículos, altura sobre el asfalto, número de vehículos y la velocidad del viento. Con datos de entrada ingresados, el programa procede a calcular las concentraciones de los contaminantes: CO, NOx, SO₂, benceno y partículas en ug/m³ (Figura 2).

(W) Ancho de la Calle (m):	<input type="text" value="10"/>	
2		
(X) Distancia a los coches a la que se encuentra (m):	<input type="text" value="8"/>	
3		
(Z) Altura sobre el asfalto a la que se encuentra (m):	<input type="text" value="2"/>	
si está en la acera, ponga cero		
4		
Número de vehículos por hora que circulan en su calle:	<input type="text" value="100"/>	
5		
Porcentajes de vehículos que circulan en su calle:		
Turismos	<input type="text" value="75"/>	
Vehículos comerciales Ligeros*	<input type="text" value="10"/>	Total
Vehículos comerciales Pesados**	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="100"/>
Autobuses	<input type="text" value="5"/>	Debe ser 100%
Motos	<input type="text" value="5"/>	Correcto
*Peso menor 3 T		
**Peso mayor 3 T		
6		
Velocidad del Viento (m/s):	<input type="text" value="1"/>	(a)
Viento Flojo: 1-2 m/s Viento Medio: 2-5 m/s Viento Fuerte: >5 m/s		
Transforme aquí la velocidad del viento de km/h a m/s:	<input type="text" value="0,0"/>	km/h
	<input type="text" value="0,0"/>	m/s
	Escriba este resultado en (a)	
Resultados	La Calidad del Aire en su calle es:	
Monóxido de Carbono	<input type="text" value="72"/> ug/m3	<input type="text" value="Buena"/>
Oxidos de Nitrógeno*	<input type="text" value="23"/> ug/m3	
Benceno	<input type="text" value="1"/> ug/m3	
Dióxido de Azufre	<input type="text" value="2"/> ug/m3	
Partículas	<input type="text" value="18"/> ug/m3	

Figura 2. Ingreso de datos a la calculadora de emisiones atmosféricas vehiculares.

Adaptado de: TROPÓSFERA, 2018

3.8 Mapa de puntos de mayor concentración vehicular

Utilizando el software ArcGis se colocó los puntos con mayor flujo vehicular en el cantón Rumiñahui para poder identificar las zonas con mayor concentración.

3.9 Ubicación de puntos para la red de monitoreo

Para el diseño de la red de monitoreo se utilizó la metodología de la TA luft de Alemania, mediante la cual se ubicaron los 9 puntos de monitoreo en las intersecciones de la cuadrícula como se muestra a continuación:

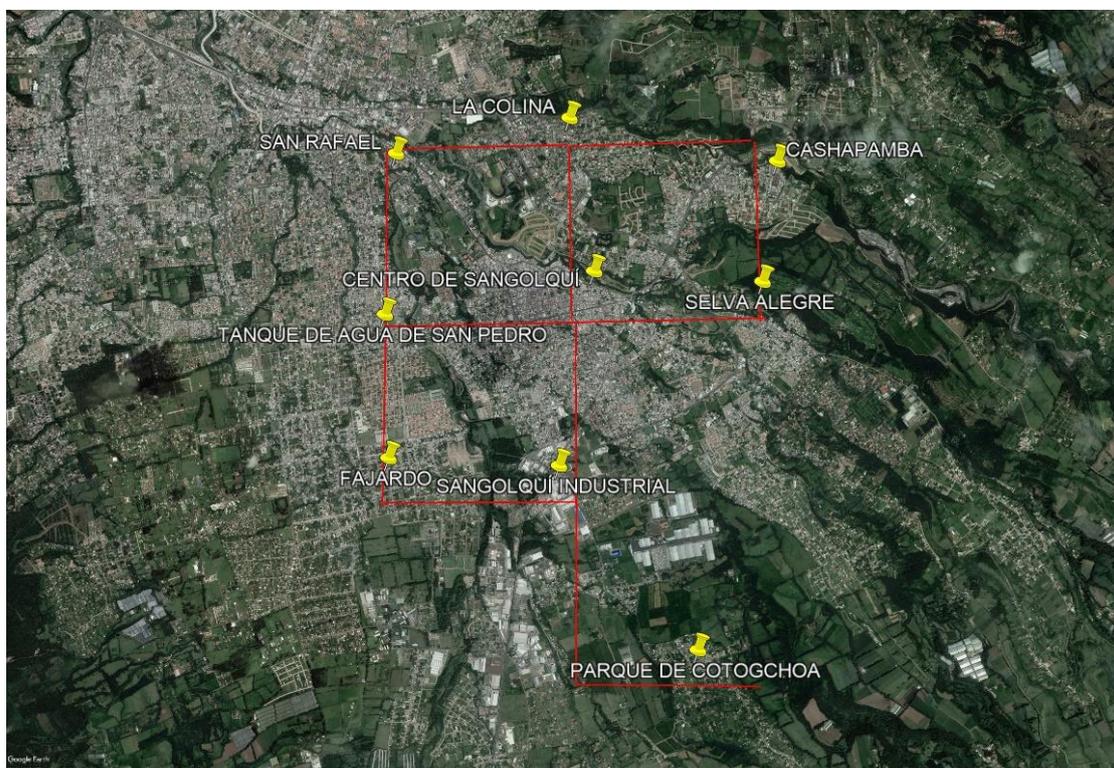


Figura 3. Mapa de ubicación de los puntos nuevos de monitoreo.

Adaptado de: Google Earth, 2018

3.10 Validación de equipo Microdust Pro

El equipo Microdust Pro se calibró con el fin de validar los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo, para esto se utilizó la estación meteorológica de la

Red de Monitoreo Atmosférico "El Camal" ubicada al sur de la ciudad de Quito. Se colocó el instrumento de medición en el techo del edificio a la misma altura de la toma de entrada del muestreador de material particulado de la Secretaría de Ambiente para que ambos tengan las mismas condiciones durante la medición. El monitoreo duró 8 horas, inició a las 12: 20 p.m y finalizó a las 20: 00 p.m, con 10 segundos de diferencia entre cada dato obtenido por el equipo.

3.11 Correlación Equipo Microdust Pro y equipo Thermo Scientific FH 62 C -14 Particulate Monitor

Se realizó la correlación entre ambos equipos utilizando el software Excel, en donde se tomaron los promedios horarios de cada punto en los dos meses de medición, luego se diseñó la gráfica de dispersión en el programa, así mismo se colocó la línea de tendencia de las concentraciones y finalmente se insertó la ecuación y el valor de R obtenidos con los datos.

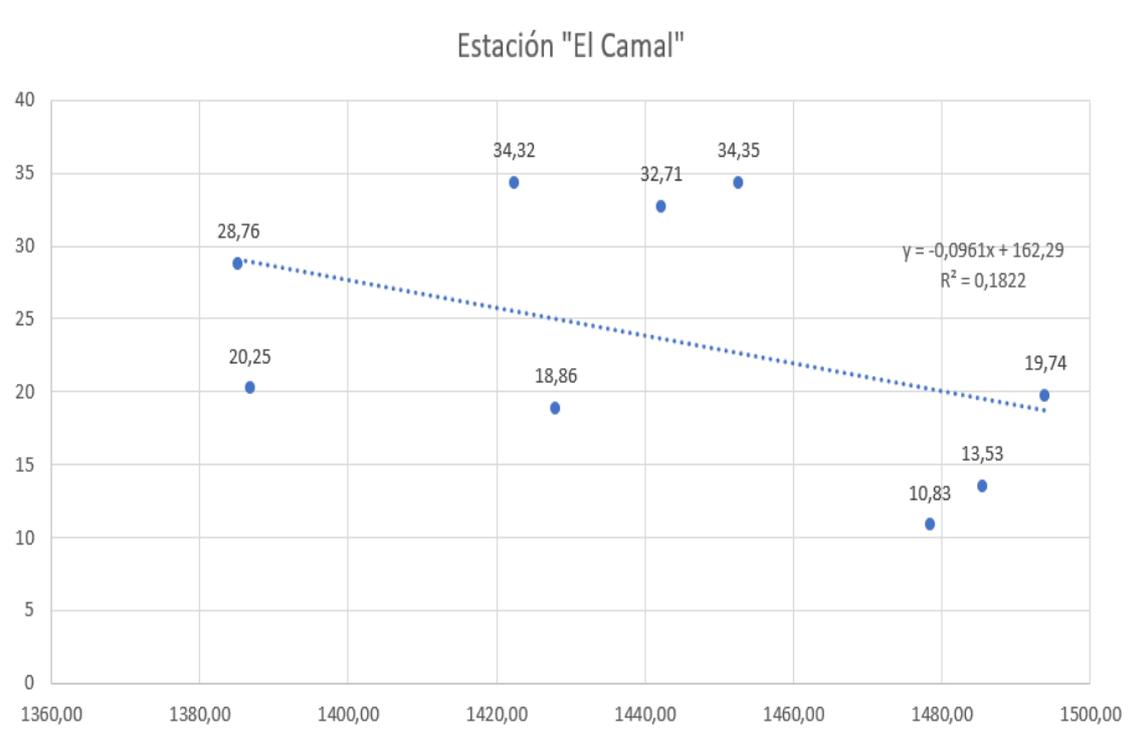


Figura 4. Correlación de datos del equipo Microdust Pro y el equipo Thermo Scientific FH 62 C – 14 Particulate Monitor.

3.12 Medición de concentraciones de material particulado PM_{2.5}

Se midió el material particulado menor a 2.5 micras en los 9 puntos seleccionados durante los meses de agosto (periodo de vacaciones) y septiembre (inicio de clases región sierra), para establecer una comparación de la calidad del aire en cada periodo, las mediciones se realizaron en días soleados y sin presencia de lluvias para evitar daños en el equipo para que las mediciones sean correctas.

Para ello se utilizó el equipo Microdust Pro, con el cual se realizó mediciones de 24 horas en cada sitio establecido como lo señala la normativa nacional vigente y los parámetros de la Organización Mundial de la Salud.

El equipo se colocó en los techos o terrazas de los distintos puntos a medir, posteriormente se colocaron pilas recargables, las cuales fueron cambiadas cada 5 horas para evitar que el equipo se apague (Norma Técnica Ecuatoriana de Calidad de Aire).

Los sitios que se seleccionaron fueron en su mayor parte municipales para poder proteger la integridad del equipo y asegurar la veracidad de las mediciones y se eligieron 3 lugares residenciales para los demás puntos restantes.

Los criterios utilizados para las mediciones fueron los siguientes (Ruiz, 2015, p. 4):

- Debe encontrarse por lo menos una construcción habitada a 2 km alrededor del sitio de monitoreo.
- El equipo debe localizarse a una distancia mayor de 50 m de un sistema de calefacción o fuentes fijas que utilicen carbón, petróleo o leña.
- Se debe colocar el equipo a una distancia mayor de 15 m de la calle más cercana.
- Si existiera un flujo de vehículos mayor a 2500 por día, se debe colocar el equipo a más de 50 m de la calle transitada.

3.13 Análisis de datos e identificación de puntos con mayor concentración

Los datos del equipo MicroDust se descargaron en una hoja de Excel, se sacó los promedios horarios y luego diarios de cada punto para poder comparar con la normativa nacional.

3.13.1 Comparación de resultados obtenidos con la normativa nacional vigente

Se construyó una tabla para comparar los datos obtenidos con los de la normativa nacional de la siguiente manera:

Tabla 4.

Comparación de puntos de monitoreo con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire.

Puntos de monitoreo	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Límite máximo permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Centro de Sangolquí		
La Colina		
Selva Alegre		
San Pedro		
Sangolquí Industrial		
Cotogchoa		
Cashapamba		
San Rafael		
Fajardo		

3.14 Medición de la velocidad y la dirección del viento

La velocidad y dirección del viento se midieron durante los días de monitoreo de material particulado para poder establecer el flujo de los contaminantes en las

distintas zonas. Se utilizó el equipo Airflow A440, en el cual se establecieron intervalos de 10 segundos de 7:00 a.m a 9:00 a.m en todos los puntos.

La altura para la determinar la velocidad del viento fue de 2 m sobre el nivel de la superficie (Guevara, 2013, p. 83).

3.14.1 Construcción de rosas de los vientos

La elaboración de las rosas de los vientos acumulada y mensuales se utilizó el software WRPLOT, para esto se requirió los datos de dirección y velocidad del viento de la estación “Los Chillos” de la Secretaría de Ambiente, así como también los datos generales de georreferenciación del lugar.

En primer lugar se abrió el programa WRPLOT, se cargó la hoja de Excel con los datos y se procede a seleccionar la letra perteneciente a cada columna para que el programa lo reconozca como se puede apreciar en la Figura 5.

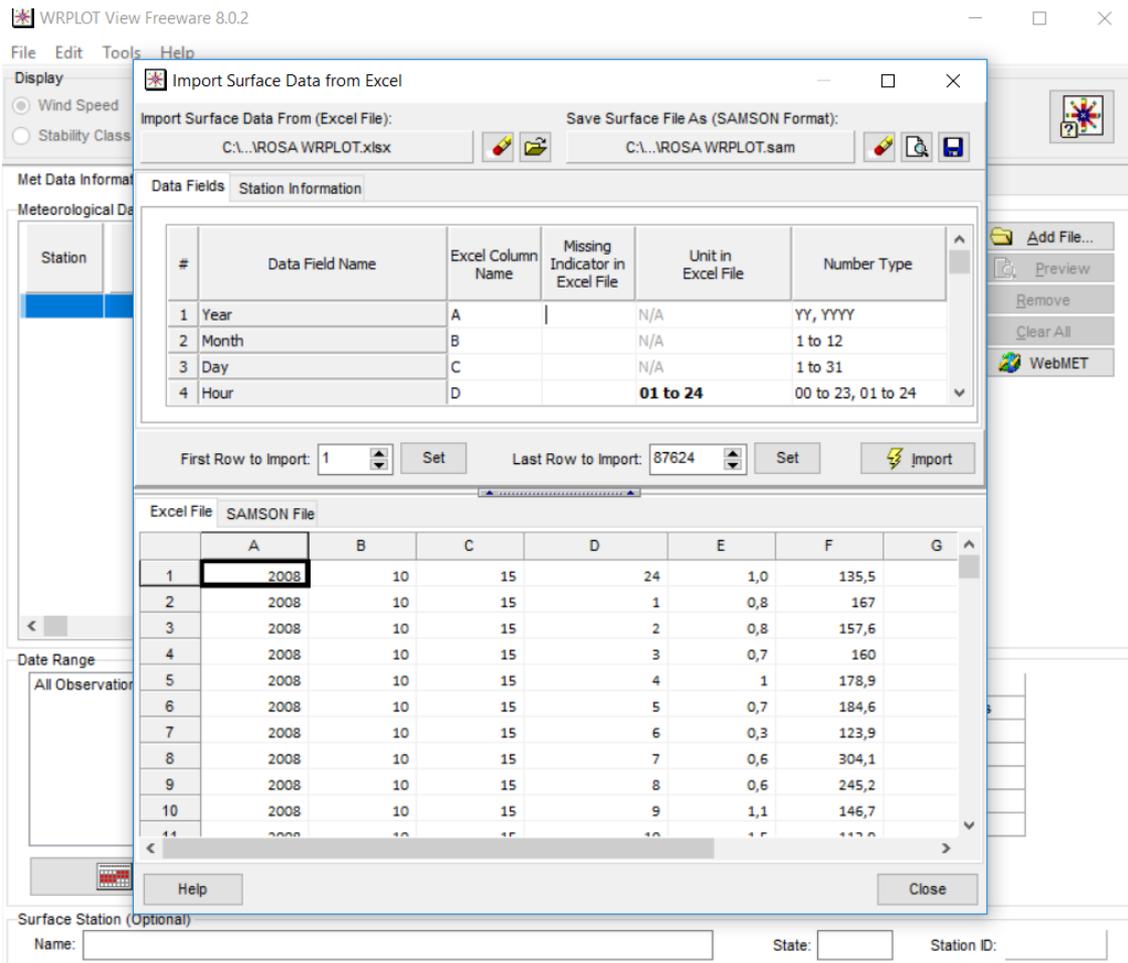
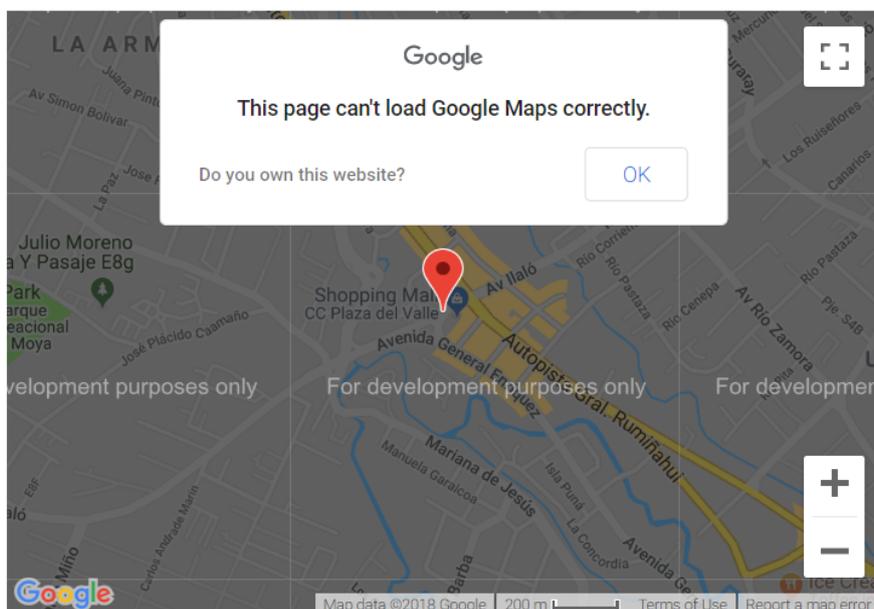


Figura 5. Carga de datos de la hoja de Excel en el software WRPLOT.

Adaptado de: WRPLOT, 2018

Luego se obtuvo los datos geográficos: coordenadas y altitud de la estación, de la estación "Los Chillos" en la página web de la Secretaria de Ambiente de Quito como se aprecia en la Figura 6.

Zona Los Chillos



COD	LCH
Nombre	Los Chillos
Coordenadas Geográficas	78°27'36" W, 0°18'00" S
Altitud	H=2453
Dirección	Terraza de Andinatel (Av. Ilaló, Vía a El Tingo)
Equipamiento	O3, PM10, MET

Figura 6. Datos de la estación “Los Chillos”.

Adaptado de: Secretaría de Ambiente, 2018

Una vez obtenida la información geográfica, se procede a introducir los datos en la pestaña “Station information”, en donde se colocó la latitud, altitud y zona horaria en la que se encuentra la estación “Los Chillos” como se observa en la Figura 7.

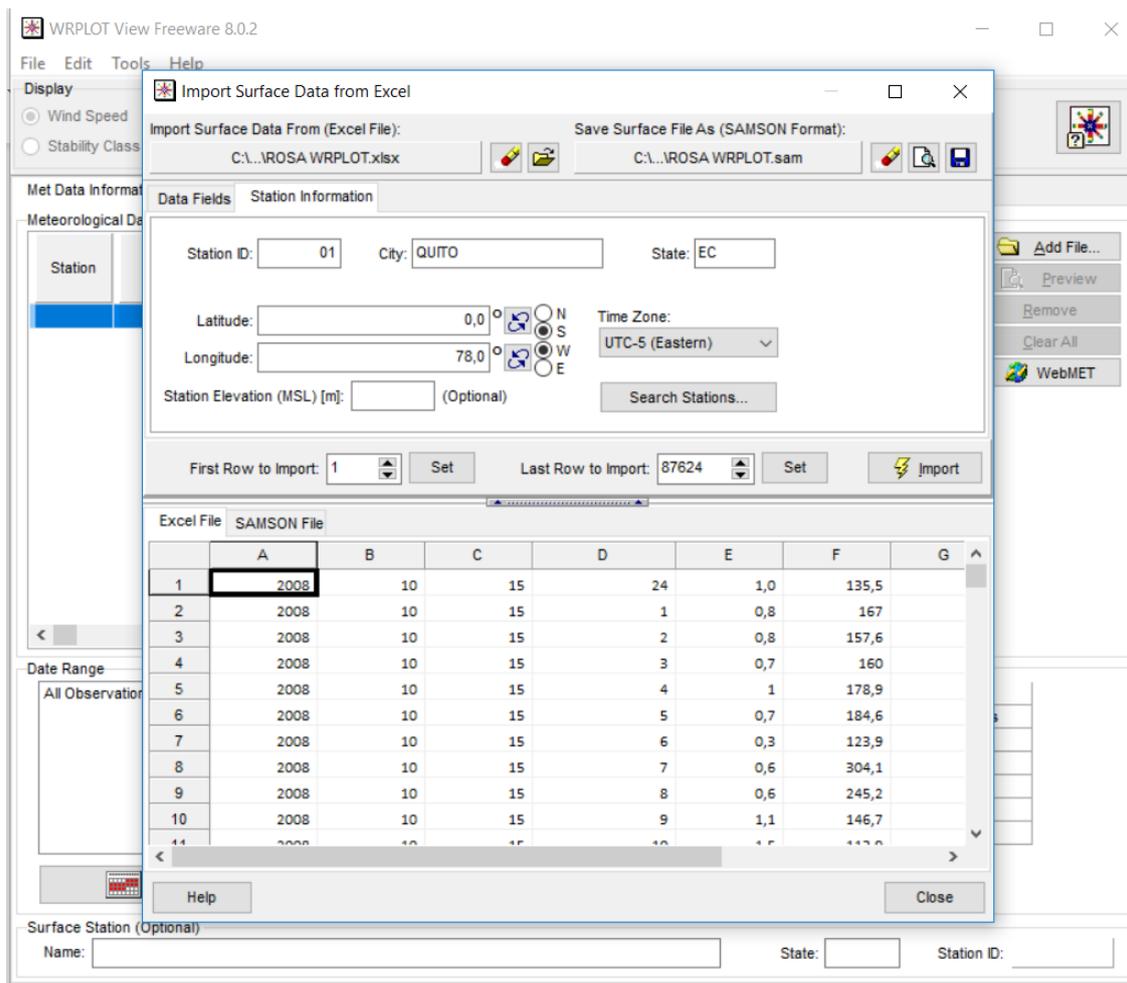


Figura 7. Ingreso de datos de la estación en el programa WRPLOT.

Adaptado de: WRPLOT, 2018

Cuando los datos ya han sido ingresados, se importaron los datos y se obtuvo la rosa de los vientos del cantón Rumiñahui con sus respectiva dirección del viento como se aprecia en la Figura 8:

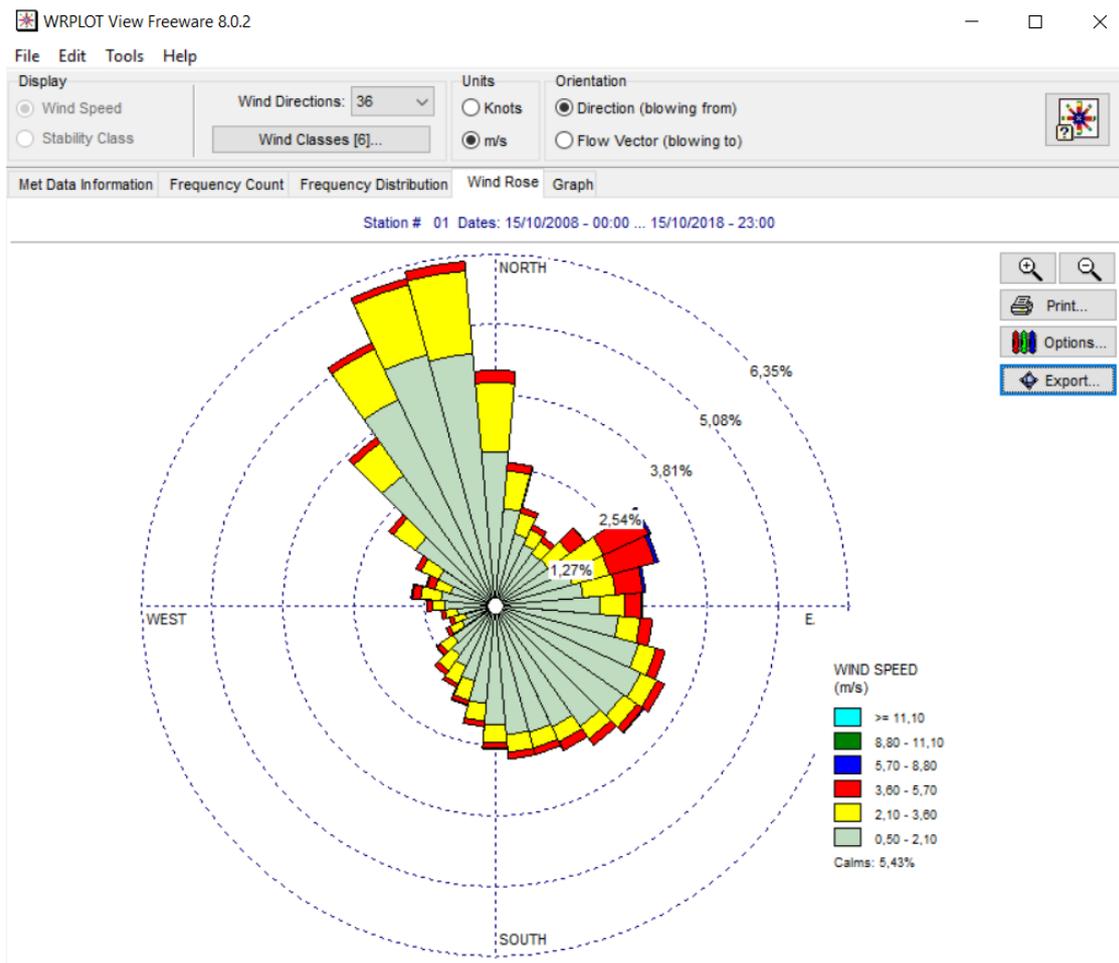


Figura 8. Rosa de los vientos obtenida en el software WRPLOT.

Adaptado de: WRPLOT, 2018

Luego se exportó la rosa de los vientos al software Google Earth, para lo cual se colocó las coordenadas geográficas de la estación como se observa en la Figura 9, así mismo se colocó el radio de la rosa según la escala que se deseó observar (Figura 10).

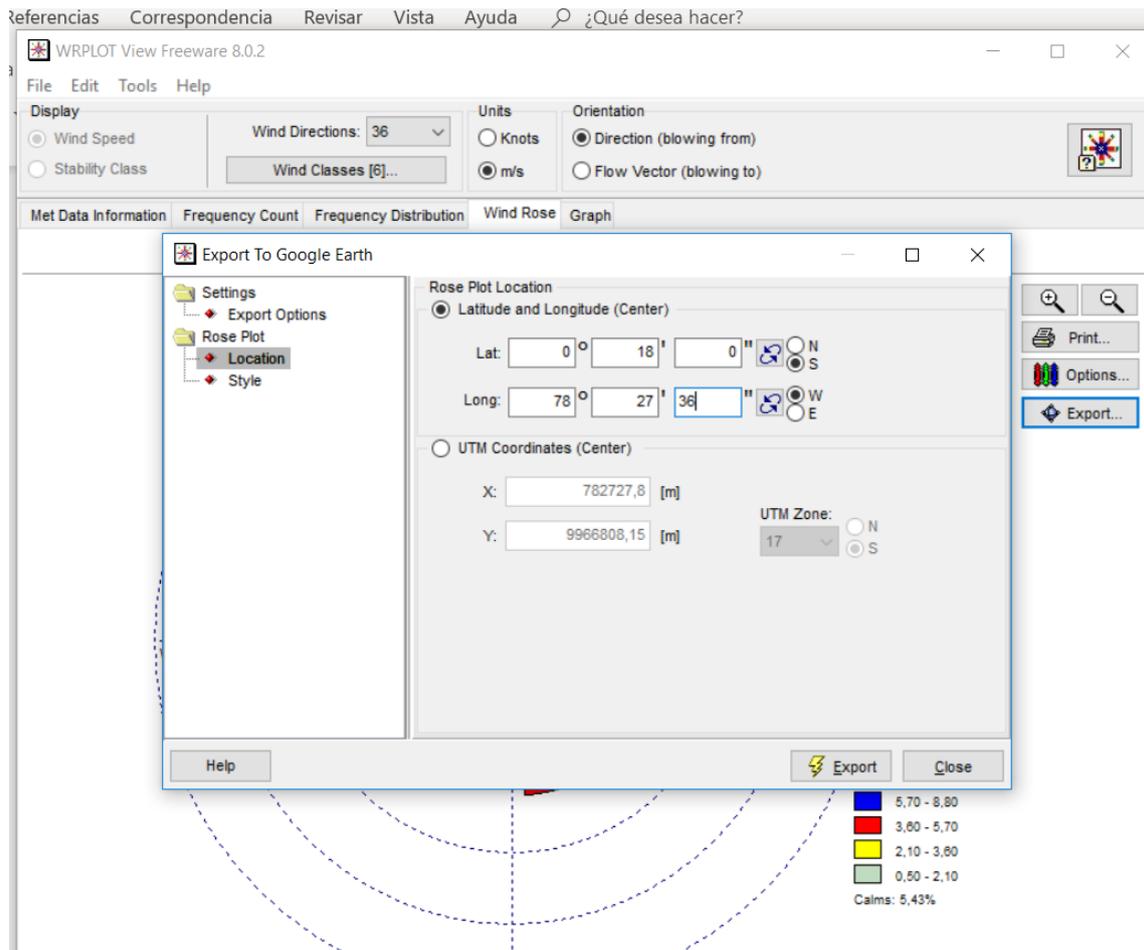


Figura 9. Ubicación de coordenadas geográficas para exportar la rosa de los vientos al software Google Earth.

Adaptado de: WRPLOT, 2018

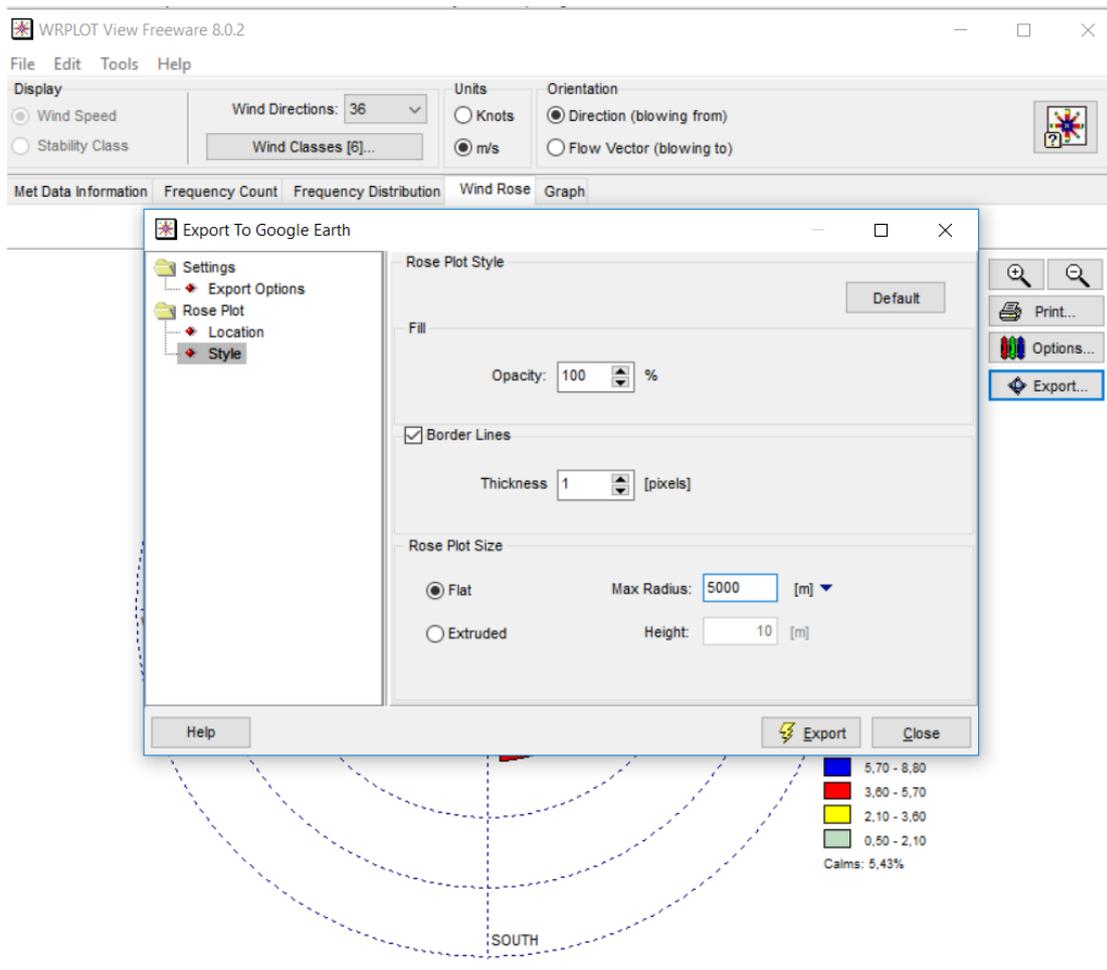


Figura 10. Colocación del radio de la rosa respecto a la escala que se deseó observar en cada una de ellas.

Adaptado de: WRPLOT, 2018

Finalmente, se obtuvo la rosa de los vientos en Google Earth para poder analizar la dirección y velocidad del viento en todos los puntos de medición de material particulado como se observa en la Figura 11.

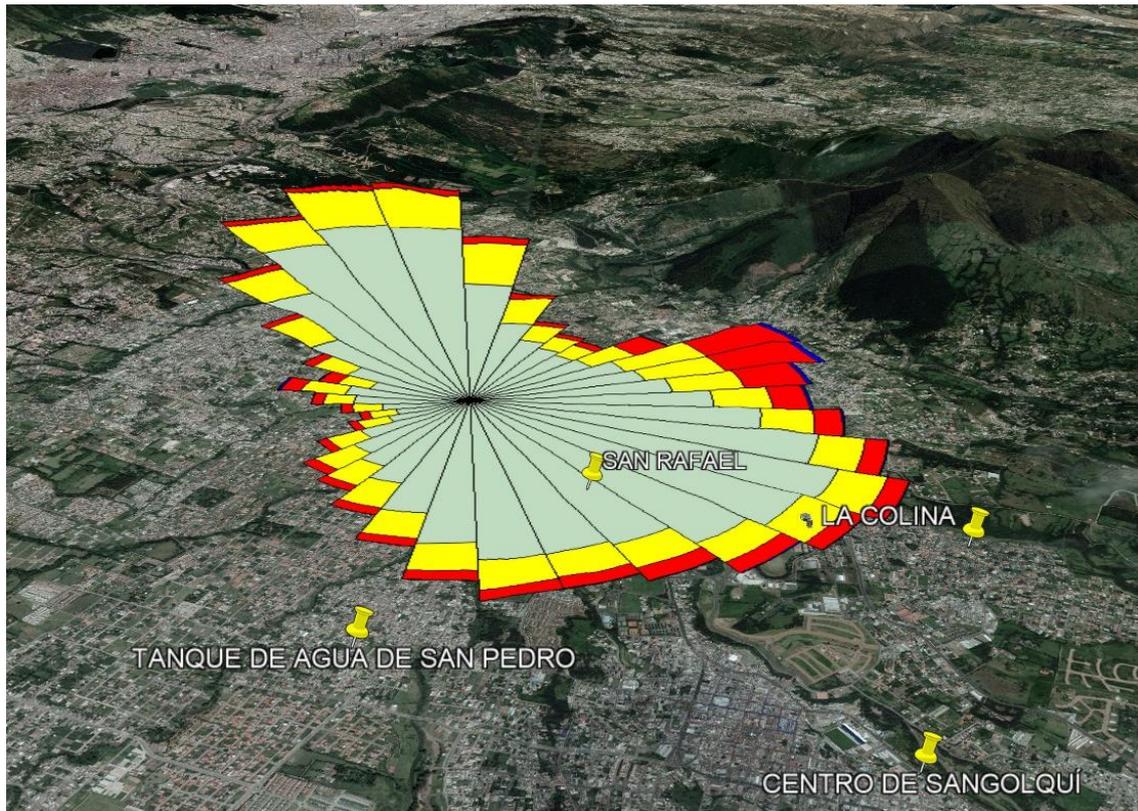


Figura 11. Rosa de los vientos en Google Earth.

Adaptado de: Google Earth, 2018

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Levantamiento de información de las industrias del sector

4.1.1 Información base de las industrias inventariadas

Tabla 5.

Información geográfica levantada en campo de cada industria.

N°	Empresa	Coordenadas		Dirección
		X	Y	
1	ENKADOR S.A	787016	9960751	Barrio Selva Alegre Km 1

N°	Empresa	Coordenadas		Dirección
		X	Y	
				vía San Fernando
2	F.M.S.B SANTA BARBARA S.A.	784429	9964425	Av. Gral. Enríquez No. 39764 y Calle Ambato
3	CORPORACION LA FAVORITA C.A	783967	9960672	Av. Gral. Enríquez vía Cotogchoa
4	CONVERSA CONVERTIDORA DE PAPEL S.A.	783075	9961551	Tanicuchi S/N LOTE 4 y Gral. Enríquez
5	COMBUSTIBLES DEL ECUADOR COMDECSA S.A	785625	9962797	Av. Gral. Rumiñahui s/n
6	FABRILFAME S.A	784537	9964464	Av. Gral. Rumiñahui N39-76 y Ambato
7	QUÍMICA RIANDI	784605	9961289	Inés Gangotena y Chillanes
8	JURIS CIA. LTDA	782931	9961126	Barrio la Josefina, Tanicuchi y Av. Gral. Enríquez

N°	Empresa	Coordenadas		Dirección
		X	Y	
9	FERMAGRI S.A.	786374	9963733	Gral. Pintag y Reinaldo Flor
10	DISTRICOYOSA C.A.	783003	9965261	Av. Mariana de Jesús #800 y Las Acacias
11	PREFABRICADOS TÉCNICOS	782007	9958742	Coop. Vencedores de Tarqui lote #2
12	DSM NUTRITIONALPRODUCTS ACUADOR S.A.	781167	9959749	Vía Sangolquí-Amaguaña s/n Km 51/2
13	EMPAQPLAST	782104	9960422	Km 2 1/2 Vía Sangolquí-Amaguaña
14	CHAIDE Y CHAIDE S.A.	781886	9960411	Av. Los Shyris Km4 vía Sangolquí - Amaguaña
15	AVÍCOLA ECUATORIANA C.A. AVESCA	781610	9958950	Av. Rocafuerte y García Moreno. Camino Pasochoa lote 2

N°	Empresa	Coordenadas		Dirección
		X	Y	
16	PRODUCTOS AVON ECUADOR S.A.	781938	9960588	Sangolquí Km 3 1/2 vía Amaguaña, sector El Cortijo
17	PROVEFARMA S.A.	781423,57	9960102,07	Km 5 1/2 Vía Sangolquí- Amaguaña
18	FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.	781947	9958661	Cuadra camino de piedra s/n y Vencedores de Tarqui, vía Amaguaña
19	METALICAS SUQUILLO	783562	9962462	Darío Figueroa Lote 4 y Av. Gral. Enríquez
20	REYBANPAC REY BANANO DEL PACÍFICO C.A.	783610	9962427	Calles Darío Figueroa 339 y Gonzalo Rivera
21	MOLINOS E INDUSTRIAS QUITO CIA. LTDA.	782038	9960076	Calle San Luis s/n e Iritiyacu Km 5 vía Amaguaña
22	VIDRIO DE SEGURIDAD "SECURIT S.A."	783439	9962005	Av. General Enríquez y

N°	Empresa	Coordenadas		Dirección
		X	Y	
				Shyris Km 2 1/2, vía Sangolquí - Tambillo
23	PROPHAR S.A	783799	9961758	Av. Gral. Rumiñahui S/N
24	AUTOPARTES ANDINAS S.A. E.M.A	78345	9961940	Sangolquí, Av. De los Shyris Km 2 y medio vía Amaguaña
25	INDUSTRIAS DANEC S.A.	783296	9961962	Av. General Enríquez km 1 1/2 vía Sangolquí - Tambillo
26	JUAN CARLOS RECALDE - DEL VALLE METAL CAST	78344	9962229	Av. Gral. Enríquez 4885-B y Darío Figueroa
27	TEXTIL SAN PEDRO S.A	782180	9961121	Km. 2,5 vía Sangolquí - Amaguaña
28	MADERAS ANDINAS MADEORTEGA COMPAÑÍA LIMITADA	782105	9961499	Vía Amaguaña Km 2 1/2

N°	Empresa	Coordenadas		Dirección
		X	Y	
29	SEDEMI SERVICIOS DE MECANICA INDUSTRIAL DISEÑO CONSTRUCCION Y MONTAJE S.C.C.	781895	9961030	Vía Amaguaña Km 4 1/2
30	CONFECCIONES JUVENILES S.A. CONFEJSA	782067	9960898	Autopista vía a Amaguaña Km 31/2 S/N y Samborondón
31	ECOPACIFIC EMPRESA COMERCIAL DEL PACÍFICO S.A	782252	9961287	Sangolquí, Km 2 1/4 vía Amaguaña
32	FRANZ VIEGENER AREA ANDINA S.A.	782626	9961084	Km 25 vía Sangolquí - Amaguaña
33	HORMIGONES DEL VALLE S.A.	782359,4	9961670,5	Parque Industrial El Carmen
34	EDIECUATORIAL C.A.	782872	9961871	Calle Los Guabos Lote 5 y Av. Los Shyris
35	VILLAGÓMEZ TOBAR FAUSTO RAFAEL (TALLER ARTESANAL DE GALVANOPLASTIA)	783603	9962614	Gonzalo Rivera casa 4 y Llanganates
36	FÁBRICA DE ALIMENTOS S.A.	782090	9960943	Vía Amaguaña - Av. De los

N°	Empresa	Coordenadas		Dirección
		X	Y	
				Shyris y San Borondón
37	LATINOAMERICANA DE JUGOS S.A	781738	9960347	Itiriyacu y Km5 vía Amaguaña
38	COPROMAG PHARMA	782000	7958651	Coop. Vencedores de Tarqui #2 (Cuendina)
39	AGRIPAC S.A.	781439	9960505	La Balvina lote 5 Vía Sangolquí-Amaguaña
40	INDUBAS	782230	9960215	Calle J No.9 y calle A
41	ABRODESIVOS DEL ECUADOR S.A.	781818	9959924	calle J, LOTE 7 e Iritiyacu
42	INDUSTRIAS PERLAFOODS INPERFOODS CIA. LTDA.	782124	9960974	Av. Los Shyris Km 4 Vía Amaguaña Lote 9 s/n, Barrio El Carmen, Junto a la Gasolinera el Oso

N°	Empresa	Coordenadas		Dirección
		X	Y	
43	PANAMERICANA VIAL S.A. PANAVIAL	787635	9961979	Abraham Lincoln N26- 16 y San Ignacio Quito Antonio Tandazo vía Loreto Sangolquí
44	AGRÍCOLA SAN ANDRÉS DEL CHAUPI S.A			Av. Atahualpa SN y el Chaupi
45	JIMEX S.A	783171	9961708	Oficinas en el RiverMall - Planta: Av. Gral Enríquez y pasaje "Tanicuchi" Bodegas Taita Pedro Complejo- Industrial
46	LETIFLOR S.A	782059	9957630	Cotogchoa - Barrio Patahua

Todas las industrias enumeradas en la Tabla 5 pertenecen al cantón Rumiñahui, en donde la mayor parte de ellas se encuentran concentradas en el sector de Sangolquí industrial cerca de la avenida General Rumiñahui.

4.1.2 Tipo de combustible que utiliza cada industria

Tabla 6.

Tipo y cantidad de combustible que utiliza cada industria.

N°	Empresa	Combustible		Cantidad de combustible utilizado (m ³ /año)
		Gasolina	Diesel	
1	ENKADOR S.A		X	37.84
2	F.M.S.B SANTA BARBARA S.A.		X	64.45
3	CORPORACION LA FAVORITA C.A		X	280.12
4	CONVERSA CONVERTIDORA DE PAPEL S.A.		X	143.85
5	COMBUSTIBLES DEL ECUADOR S.A COMDECSA		X	0.19
6	FABRILFAME S.A		X	9.08
7	QUÍMICA RIANDI		X	74.57
8	JURIS CIA. LTDA		X	1362.75
9	FERMAGRI S.A.		X	2.50
10	DISTRICOYOSA C.A.		X	3.82
11	PREFABRICADOS TÉCNICOS		X	0.08
12	DSM NUTRITIONALPRODUCTS ACUADOR S.A.		X	0.08
13	EMPAQPLAST		X	85.82

N°	Empresa	Combustible		Cantidad de combustible utilizado (m ³ /año)
		Gasolina	Diesel	
14	CHAIDE Y CHAIDE S.A.		X	36.95
15	AVÍCOLA ECUATORIANA C.A. AVESCA		X	2.27
16	PRODUCTOS AVON ECUADOR S.A.		X	2.42
17	PROVEFARMA S.A.		X	2.53
18	FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.		X	0.91
19	METALICAS SUQUILLO		X	1.36
20	REYBANPAC REY BANANO DEL PACÍFICO C.A.		X	1037.83
21	MOLINOS E INDUSTRIAS QUITO CIA. LTDA.		X	1.89
22	VIDRIO DE SEGURIDAD "SECURIT S.A."		X	5.63
23	PROPHAR S.A		X	45.42
24	AUTOPARTES ANDINAS S.A. E.M.A		X	0.08

N°	Empresa	Combustible		Cantidad de combustible utilizado (m ³ /año)
		Gasolina	Diesel	
25	INDUSTRIAS DANEC S.A.		X	22.85
26	JUAN CARLOS RECALDE - DEL VALLE METAL CAST		X	18.19
27	TEXTIL SAN PEDRO S.A		X	412.28
28	MADERAS ANDINAS MADEORTEGA COMPAÑÍA LIMITADA		X	173.30
29	SEDEMI SERVICIOS DE MECANICA INDUSTRIAL DISEÑO CONSTRUCCION Y MONTAJE S.C.C.		X	4.50
30	CONFECCIONES JUVENILES S.A. CONFEJSA		X	68.14
31	ECOPACIFIC EMPRESA COMERCIAL DEL PACÍFICO S.A		X	90.67
32	FRANZ VIEGENER AREA ANDINA S.A.		X	1984.70

N°	Empresa	Combustible		Cantidad de combustible utilizado (m ³ /año)
		Gasolina	Diesel	
33	HORMIGONES DEL VALLE S.A.		X	5.02
34	EDIECUATORIAL C.A.		X	6.57
35	VILLAGÓMEZ TOBAR FAUSTO RAFAEL (TALLER ARTESANAL DE GALVANOPLASTIA)		X	1.82
36	FÁBRICA DE ALIMENTOS S.A.		X	70.41
37	LATINOAMERICANA DE JUGOS S.A		X	9.08
38	COPROMAG PHARMA		X	0.08
39	AGRIPAC S.A.		X	0.30
40	INDUBAS		X	1.31
41	ABRODESIVOS DEL ECUADOR S.A.		X	27.25
42	INDUSTRIAS PERLAFOODS INPERFOODS CIA. LTDA.		X	42.40
43	PANAMERICANA VIAL S.A. PANAVIAL		X	732.24

N°	Empresa	Combustible		Cantidad de combustible utilizado (m ³ /año)
		Gasolina	Diesel	
44	AGRÍCOLA SAN ANDRÉS DEL CHAUPI S.A		X	960
45	JIMEX S.A		X	3.03
46	LETIFLOR S.A		X	5.38

En la Tabla 6 se puede denotar que todas las industrias emplean Diesel como combustible dentro de sus procesos de generación de vapor y calderas. Las empresas que más cantidad de Diesel utilizan son: Juris, Reybanpac y Franz Viegener con un promedio sobre los 1000 m³ por año.

4.2 Caracterización de las industrias

Tabla 7.

Caracterización de las industrias según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU).

N°	Empresa	Tipo de actividad	Código CIIU
1	ENKADOR S.A	Fabricación de filamentos sintéticos para la industria textil y otros	C131
2	F.M.S.B SANTA BARBARA S.A.	Operación de Centro de Acopio y	C222

N°	Empresa	Tipo de actividad	Código CIU
		Plantas de Reciclaje de Termoplásticos	
3	CORPORACION LA FAVORITA C.A	Comercialización de fibras sintéticas, cuerdas y productos de microfibra	C131
4	CONVERSA CONVERTIDORA DE PAPEL S.A.	Procesamiento de cartón y papel	C170
5	COMBUSTIBLES DEL ECUADOR S.A COMDECSA	Fabricación de armas, municiones y estructuras metalmecánicas	C192
6	FABRILFAME S.A	Manejo de productos perecibles y abarrotes; empaque de carnes, pollos y mariscos	C101
7	QUÍMICA RIANDI	Elaboración de productos químicos y jabón cosmético de tocador	C202
8	JURIS CIA. LTDA	Producción y fabricación de productos cárnicos	C101
9	FERMAGRI S.A.	Venta al por mayor y menor de fertilizantes	C202

N°	Empresa	Tipo de actividad	Código CIU
10	DISTRICOYOSA C.A.	Producción de derivados lácteos (helados)	C105
11	PREFABRICADOS TÉCNICOS	Se elabora accesorios e implementos prefabricados de hormigón	C202
12	DSM NUTRITIONALPRO DUCTS ACUADOR S.A.	Comercialización de productos químicos para la industria de nutrición animal. Fabricación de premezclas para nutrición animal	G462
13	EMPAQPLAST	Elaboración de envases, fundas y otros productos plásticos	C201
14	CHAIDE Y CHAIDE S.A.	Fabricación de colchones, muebles, espumas y complementos para descanso	C310
15	AVÍCOLA ECUATORIANA C.A. AVESCA	Actividad avícola. Producción de huevo fértil	C101
16	PRODUCTOS AVON ECUADOR S.A.	Venta al por menor de productos de perfumería,	G464

N°	Empresa	Tipo de actividad	Código CIU
		cosméticos, jabones, artículos de tocador, artículos para el hogar, bisutería, gafas, lentes y lencería.	
17	PROVEFARMA S.A.	Venta al por mayor y menor de productos farmacéuticos y medicinales	C210
18	FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.	Fabricación y elaboración de papel absorbente (papel higiénico, servilletas, toallas de cocina)	C170
19	METALICAS SUQUILLO	Metalmecánica	C259
20	REYBANPAC REY BANANO DEL PACÍFICO C.A.	Industrialización de lácteos y derivados	C105
21	MOLINOS E INDUSTRIAS QUITO CIA. LTDA.	Fabrica Molienda de harina de trigo	C1061.11
22	VIDRIO DE SEGURIDAD "SECURIT S.A."	Fabricación y comercialización de vidrio de seguridad tipo templado	C231

N°	Empresa	Tipo de actividad	Código CIU
23	PROPHAR S.A	Fabricación de medicamentos para consumo humano	C210
24	AUTOPARTES ANDINAS S.A. E.M.A	Fabricación y Comercialización de Filtros de Aceite y Combustible Diesel (sellado y de elemento) y de Filtros de Aire para Vehículos liviano semipesados, pesados y motores estacionarios.	C293
25	INDUSTRIAS DANEC S.A.	Procesamiento de aceites vegetales, producción de jabones para lavar ropa, elaboración de desinfectantes	C104
26	JUAN CARLOS RECALDE - DEL VALLE METAL CAST	Fabricación de accesorios en metales ferrosos	C259
27	TEXTIL SAN PEDRO S.A	Producción de Tejidos Textiles	C131
28	MADERAS ANDINAS MADEORTEGA	Fabricantes de productos de madera y plástico. Produce cotonetes,	C161

N°	Empresa	Tipo de actividad	Código CIU
	COMPAÑÍA LIMITADA	palillos, paleras, bajalenguas, pinchos y fundas.	
29	SEDEMI SERVICIOS DE MECANICA INDUSTRIAL DISEÑO CONSTRUCCION Y MONTAJE S.C.C.	Diseño, construcción, galvanizado y montaje de estructuras metálicas	C241
30	CONFECCIONES JUVENILES S.A. CONFEJSA	Venta al por mayor de productos textiles, industrialización y producción de telas.	C131
31	ECOPACIFIC EMPRESA COMERCIAL DEL PACÍFICO S.A	Procesamiento de jugos naturales embotellados y distribución de frutas.	C110
32	FRANZ VIEGENER AREA ANDINA S.A.	Fabricación y comercialización de grifería y porcelana sanitaria y accesorios para baño	C329
33	HORMIGONES DEL VALLE S.A.	Venta de hormigón premezclado	G477

N°	Empresa	Tipo de actividad	Código CIU
34	EDIECUATORIAL C.A.	Industria del Sector Gráfico - Segmento Impresión Offset Comercial y Publicitario y Segmento de Empaque y Plegables	M741
35	VILLAGÓMEZ TOBAR FAUSTO RAFAEL (TALLER ARTESANAL DE GALVANOPLASTIA)	Galvanización y Fabricación de Productos Metálicos	C259
36	FÁBRICA DE ALIMENTOS S.A.	Fabricación de Harina para consumo humano	C1061.11
37	LATINOAMERICAN A DE JUGOS S.A	producción y comercialización de pulpas de frutas y afines	C103
38	COPROMAG PHARMA	Comercialización, producción y maquila de medicamentos y alimentos Copromapharma S.A.	C210
39	AGRIPAC S.A.	Operación de instalaciones para el	H521

N°	Empresa	Tipo de actividad	Código CIU
		almacenamiento y bodegas de productos agrícolas	
40	INDUBAS	Elaboración de productos de confitería como grageas, chicles, caramelo en polvo	C107
41	ABRODESIVOS DEL ECUADOR S.A.	Corte y rebobinado de cintas y masking, producción de envases metálicos y plásticos	C222
42	INDUSTRIAS PERLAFOODS INPERFOODS CIA. LTDA.	Elaboración de confites	C107
43	PANAMERICANA VIAL S.A. PANAVIAL	Minería de Materiales pétreos para la construcción	B081
44	AGRÍCOLA SAN ANDRÉS DEL CHAUPI S.A	cultivo de flores de varias especies	A012
45	JIMEX S.A	Distribución de estructura metálica para torres, soportes, monopolos	C251
46	LETIFLOR S.A	Producción y explotación de rosas	A012

El sector industrial del cantón Rumiñahui está compuesto por diversos tipos de actividad, en donde se destacan: la fabricación de productos alimenticios, productos farmacéuticos y la industria textil.

4.3 Estimación de las emisiones atmosféricas industriales

Tabla 8.

Estimación de las emisiones atmosféricas industriales utilizando la cantidad de combustible que genera cada industria al año proporcionada por el Municipio de Rumiñahui y la Ecuación 1.

N°	Empresa	Cantidad de combustible utilizado (m³/año)	CO₂ (g/año)	CH₄ (g/año)	NO₂ (g/año)
1	ENKADOR S.A	37.84	100767920	5032,72	15136
2	F.M.S.B SANTA BARBARA S.A.	64.45	171630350	8571,85	25780
3	CORPORACION LA FAVORITA C.A	280.12	745959560	37255,96	112048
4	CONVERSA CONVERTIDORA DE PAPEL S.A.	143.85	383072550	19132,05	57540
5	COMBUSTIBLES DEL ECUADOR S.A COMDECSA	0.19	505970	25,27	76
6	FABRILFAME S.A	9.08	24180040	1207,64	3632
7	QUÍMICA RIANDI	74.57	198579910	9917,81	29828
8	JURIS CIA. LTDA	1362.75	3629003250	181245,75	545100
9	FERMAGRI S.A.	2.50	6657500	332,5	1000
10	DISTRICOYOSA C.A.	3.82	10172660	508,06	1528

N°	Empresa	Cantidad de combustible utilizado (m³/año)	CO₂ (g/año)	CH₄ (g/año)	NO₂ (g/año)
11	PREFABRICADOS TÉCNICOS	0.08	213040	10,64	32
12	DSM NUTRITIONAL PRODUCTS ACUADOR S.A.	0.08	213040	10,64	32
13	EMPAQPLAST	85.82	228538660	11414,06	34328
14	CHAIDE Y CHAIDE S.A.	36.95	98397850	4914,35	14780
15	AVÍCOLA ECUATORIANA C.A. AVESCA	2.27	6045010	301,91	908
16	PRODUCTOS AVON ECUADOR S.A.	2.42	6444460	321,86	968
17	PROVEFARMA S.A.	2.53	6737390	336,49	1012
18	FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.	0.91	2423330	121,03	364
19	METALICAS SUQUILLO	1.36	3621680	180,88	544
20	REYBANPAC REY BANANO DEL PACÍFICO C.A.	1037.83	2763741290	138031,39	415132

N°	Empresa	Cantidad de combustible utilizado (m³/año)	CO₂ (g/año)	CH₄ (g/año)	NO₂ (g/año)
21	MOLINOS E INDUSTRIAS QUITO CIA. LTDA.	1.89	5033070	251,37	756
22	VIDRIO DE SEGURIDAD "SECURIT S.A."	5.63	14992690	748,79	2252
23	PROPHAR S.A	45.42	120953460	6040,86	18168
24	AUTOPARTES ANDINAS S.A. E.M.A	0.08	213040	10,64	32
25	INDUSTRIAS DANEC S.A.	22.85	60849550	3039,05	9140
26	JUAN CARLOS RECALDE - DEL VALLE METAL CAST	18.19	48439970	2419,27	7276
27	TEXTIL SAN PEDRO S.A	412.28	1097901640	54833,24	164912
28	MADERAS ANDINAS MADEORTEGA COMPAÑÍA LIMITADA	173.30	461497900	23048,9	69320
29	SEDEMI SERVICIOS DE MECANICA INDUSTRIAL DISENO	4.50	11983500	598,5	1800

N°	Empresa	Cantidad de combustible utilizado (m³/año)	CO₂ (g/año)	CH₄ (g/año)	NO₂ (g/año)
	CONSTRUCCION Y MONTAJE S.C.C.				
30	CONFECCIONES JUVENILES S.A. CONFEJSA	68.14	181456820	9062,62	27256
31	ECOPACIFIC EMPRESA COMERCIAL DEL PACÍFICO S.A	90.67	241454210	12059,11	36268
32	FRANZ VIEGENER AREA ANDINA S.A.	1984.70	5285256100	263965,1	793880
33	HORMIGONES DEL VALLE S.A.	5.02	13368260	667,66	2008
34	EDIECUATORIAL C.A.	6.57	17495910	873,81	2628
35	VILLAGÓMEZ TOBAR FAUSTO RAFAEL (TALLER ARTESANAL DE GALVANOPLASTIA)	1.82	4846660	242,06	728
36	FÁBRICA DE ALIMENTOS S.A.	70.41	187501830	9364,53	28164
37	LATINOAMERICANA DE JUGOS S.A	9.08	24180040	1207,64	3632
38	COPROMAG PHARMA	0.08	213040	10,64	32
39	AGRIPAC S.A.	0.30	798900	39,9	120

N°	Empresa	Cantidad de combustible utilizado (m³/año)	CO₂ (g/año)	CH₄ (g/año)	NO₂ (g/año)
40	INDUBAS	1.31	3488530	174,23	524
41	ABRODESIVOS DEL ECUADOR S.A.	27.25	72566750	3624,25	10900
42	INDUSTRIAS PERLAFOODS INPERFOODS CIA. LTDA.	42.40	112911200	5639,2	16960
43	PANAMERICANA VIAL S.A. PANAVIAL	732.24	1949955120	97387,92	292896
44	AGRÍCOLA SAN ANDRÉS DEL CHAUPI S.A	960	2556480000	127680	384000
45	JIMEX S.A	3.03	8068890	402,99	1212
46	LETIFLOR S.A	5.38	14326940	715,54	2152

Las principales empresas que generan emisiones a la atmósfera en el sector de Rumiñahui se encuentran ubicadas entre el sector de Selva Alegre y Cotogchoa, en la zona de Sangolquí industrial.

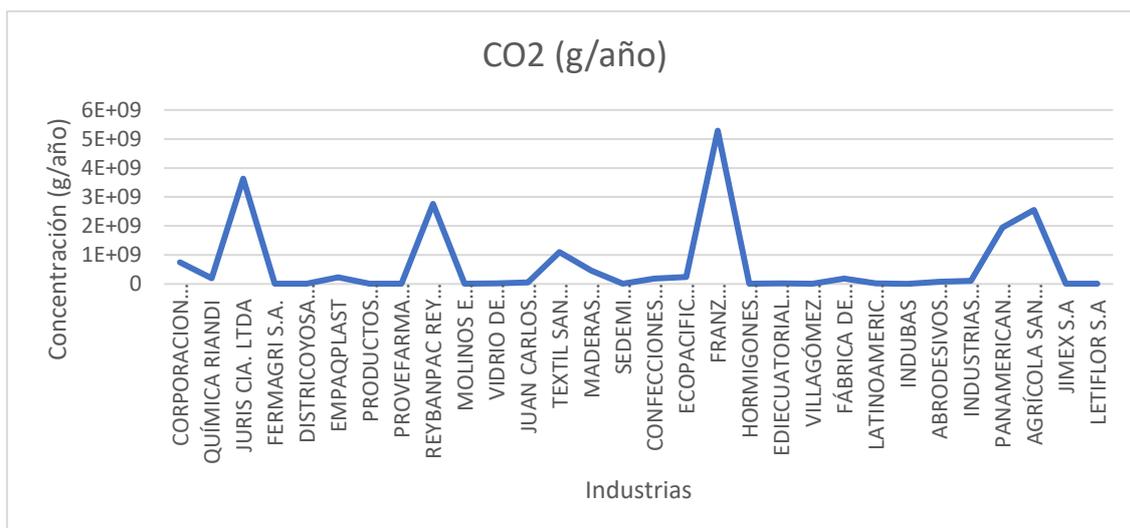


Figura 12. Concentración de CO₂ proveniente de las industrias.

En la Figura 12 se puede apreciar que las empresas que presentan una mayor emisión del contaminante CO₂ son: Agrícola San Andrés, Panamericana Vial S.A, Franz Viegener, Reybanpac, Textil San Pedro y Juris.

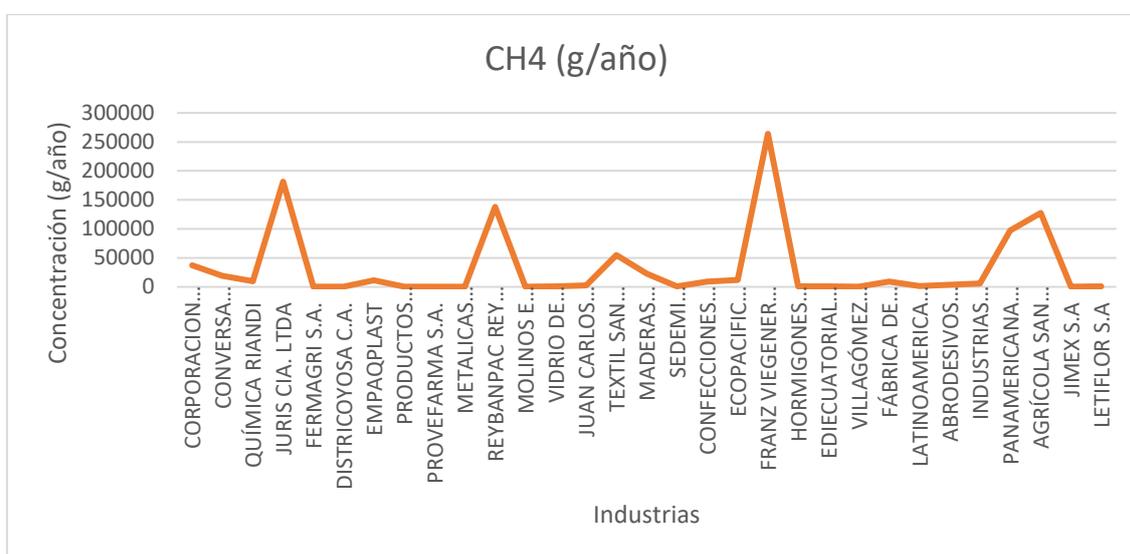


Figura 13. Concentración de CH₄ proveniente del sector industrial.

Como muestra la Figura 13, el contaminante CH₄ es emitido principalmente por las empresas: Agrícola San Andrés, Panamericana Vial S.A, Franz Viegener, Reybanpac, Textil San Pedro y Juris. Todas éstas ubicadas en el sector de Sangolquí industrial.

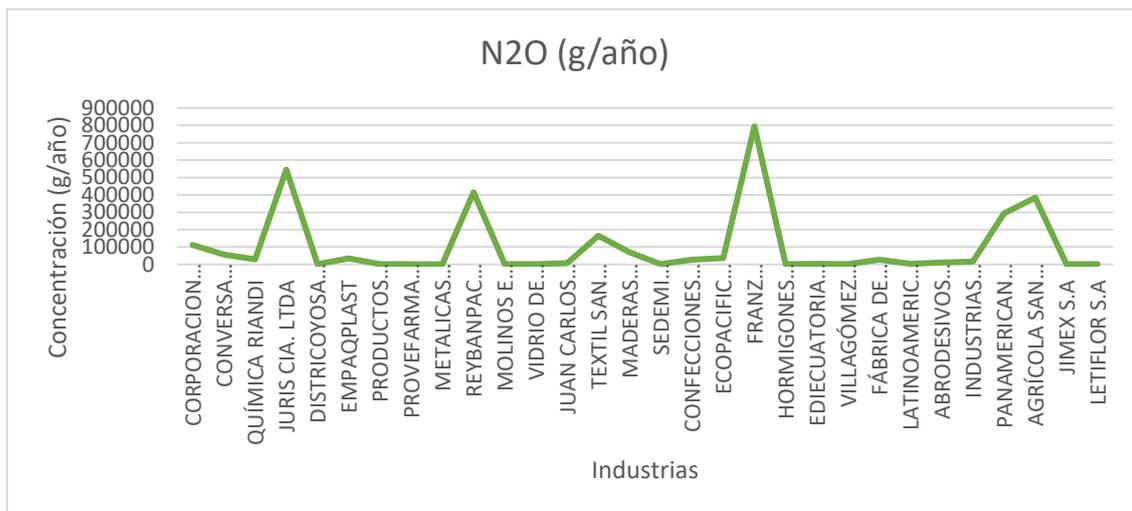


Figura 14. Concentración de N₂O industrial.

En la Figura 14, se muestra que las mayores concentraciones de N₂O son emitidas por las industrias: Agrícola San Andrés, Panamericana Vial S.A, Franz Viegner, Reybanpac, Textil San Pedro y Juris.

4.4 Mapa de ubicación de las industrias y puntos de concentración de contaminantes

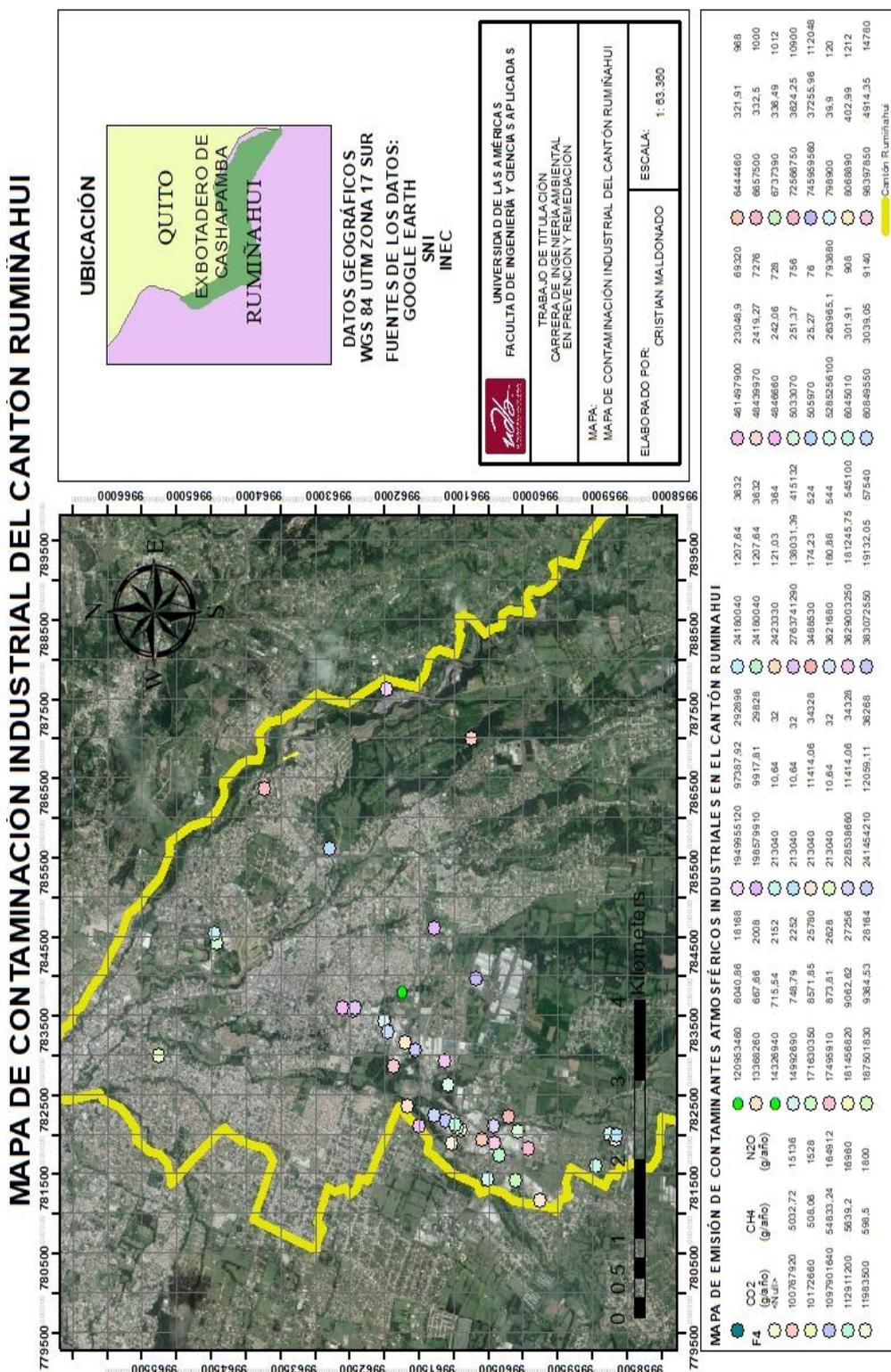


Figura 15. Mapa de concentración de contaminantes industriales ubicados en el cantón Rumiñahui.

En la Figura 15, se puede apreciar los sectores en que se encuentran ubicados las industrias y en la leyenda las concentraciones de los contaminantes de cada punto de medición.

4.5 Conteo del parque automotor del cantón Rumiñahui

Sector El Triángulo

Tabla 9.

Conteo vehicular de la avenida General Rumiñahui.

# Total de vehículos Av. General Rumiñahui						
Sector "El Triángulo"						
Hora	Turismos	Comerciales ligeros	Comerciales pesados	Autobuses	Motos	Total
7:00 a. m.	2198,00	647,00	149,00	145,00	300,00	3439,00
8:00 a. m.	1758,00	608,00	150,00	146,00	237,00	2899,00
9:00 a. m.	2038,00	520,00	149,00	140,00	221,00	3068,00

En la Tabla 9, se puede observar que en la hora que se registró mayor flujo vehicular en la avenida General Rumiñahui fue a las 7:00 a.m. con un total de 3439 vehículos, de los cuales el 63.91 % fueron turismos, 18.81 % comerciales ligeros, 8.72 % motos, 4.33 % comerciales pesados y 4.22 % buses.

En la hora que registró menos tránsito vehicular fue a las 8:00 a.m, con un total de 2899 vehículos, los cuales estuvieron conformados por turismos con un 60.64

%, comerciales ligeros 20.97 %, motos con 8.18 %, comerciales pesados 5.17 % y autobuses 5.04 %.

Tabla 10.

Conteo vehicular de la Avenida Ilaló.

# Total de vehículos Av. Ilaló						
Sector "El Triángulo"						
Hora	Turismos	Comerciales ligeros	Comerciales pesados	Autobuses	Motos	Total
7:00 a. m.	1219,00	256,00	2,00	33,00	42,00	1552,00
8:00 a. m.	892,00	225,00	4,00	33,00	47,00	1201,00
9:00 a. m.	879,00	264,00	3,00	33,00	55,00	1234,00

Como se puede apreciar, en la tabla 10 se determinó que en la hora que se registró una mayor cantidad de vehículos en la avenida Ilaló fue a las 7:00 a.m. con un total de 1552 vehículos, de los cuales el 78.54 % fueron turismos, 16.49 % comerciales ligeros, 2.71 % motos, 2.13 % buses y 0.13 % comerciales pesados.

La hora en que se obtuvo menos tránsito vehicular fue a las 8:00 a.m, con un total de 1201 vehículos, los cuales estuvieron conformados por turismos con un 74.27 %, comerciales ligeros 18.73 %, motos con 3.91 %, autobuses 2.75 % y comerciales pesados 0.33 %.

Sector Centro Comercial San Luis

Tabla 11.

Conteo vehicular de la Avenida General Rumiñahui.

# Total de vehículos Av. General Rumiñahui						
Sector "San Luis Shopping"						
Hora	Turismos	Comerciales ligeros	Comerciales pesados	Autobuses	Motos	Total
7:00 a. m.	1194,00	574,00	112,00	142,00	144,00	2166,00
8:00 a. m.	1256,00	595,00	100,00	129,00	142,00	2222,00
9:00 a. m.	990,00	737,00	121,00	121,00	121,00	2090,00

La Tabla 11 muestra que la hora que registró un mayor flujo de vehículos en la avenida General Rumiñahui fue las 8:00 a.m. con un total de 2222 automotores, de los cuales los que representan la mayor cantidad son los turismos con un 56.53 %, seguido de los comerciales ligeros con un 26.78 %, luego las motos con 6.39 %, después los autobuses con 5.81 % y finalmente los comerciales pesados con 4.50 %.

Se registró menor cantidad de automotores a las 9:00 a.m. equivalente a 2090, con una mayor presencia de turismos igual al 47.37 %, comerciales ligeros 35.26 %, comerciales pesados 5.79 %, autobuses 5.79 % y motos 5.79 %.

Adicionalmente el sector del centro comercial San Luis Shopping, es un sitio importante de aglomeración vehicular debido a que es un sector estratégico para transitar y conectar las dos vías principales de Sangolquí, que son la avenida General Rumiñahui y la Avenida General Enríquez.

Tabla 12.

Conteo vehicular de la Avenida San Luis.

# Total de vehículos Av. San Luis						
Sector "San Luis Shopping"						
Hora	Turismos	Comerciales ligeros	Comerciales pesados	Autobuses	Motos	Total
7:00 a. m.	1056,00	153,00	0,00	0,00	46,00	1255,00
8:00 a. m.	1003,00	159,00	0,00	0,00	46,00	1208,00
9:00 a. m.	989,00	181,00	0,00	0,00	52,00	1222,00

En la Tabla 12 se puede apreciar que el mayor flujo de vehículos en la avenida San Luis se produjo a las 7:00 a.m. con un total de 1255 automotores, de los cuales la mayor parte fueron turismos con un 84.14 %, seguido de los comerciales ligeros con 12.19 % y motos con 3.67 %. No se registró presencia de autobuses y comerciales pesados debido a que en esta vía se restringe el ingreso de este tipo de vehículos.

La menor cantidad de flujo vehicular se produjo a las 8:00 a.m. con un total de 1208 automotores, de los cuales el 83.03 % representa a los turismos, el 13.16 % a los comerciales ligeros y 3.81 % a las motos. Tanto los autobuses como los comerciales pesados no fueron registrados debido a que en esta avenida no se permite el ingreso de los mismo.

Tabla 13.

Conteo vehicular de la calle Bulevar.

# Total de vehículos Calle Bulevar Sector "San Luis Shopping"						
Hora	Turismos	Comerciales ligeros	Comerciales pesados	Autobuses	Motos	Total
7:00 a. m.	440,00	43,00	27,00	60,00	43,00	613,00
8:00 a. m.	429,00	80,00	33,00	71,00	56,00	669,00
9:00 a. m.	458,00	77,00	14,00	67,00	52,00	668,00

En la calle Bulevar se produjo el mayor flujo vehicular a las 8:00 a.m. como muestra la tabla, con un total de 669 vehículos (Tabla 13). Los turismos representan la mayor parte del conteo con el 64.16 %, después le siguen los comerciales pesados con el 11.96 %, seguido de los autobuses con 10.61 %, luego las motos con 8.37 % y finalmente los comerciales pesados con 4.93 %.

Por otra parte, el menor flujo vehicular se registró a las 7:00 a.m. con un total de 613 automotores, de los cuales los turismos representan el 71.78 %, los autobuses el 9.79 %, los comerciales ligeros y las motos con el 7.01 %, y los comerciales pesados el 4.40 %.

A pesar de que la calle Bulevar no se compara con la avenida General Rumiñahui en tamaño, esta mantiene un alto flujo constante de vehículos.

Sector Avenida General Enríquez

Tabla 14.

Conteo vehicular sector Avenida General Enríquez.

# Total de vehículos Av. General Enríquez						
Sector "Avenida General Enríquez"						
Hora	Turismos	Comerciales ligeros	Comerciales pesados	Autobuses	Motos	Total
7:00 a. m.	1876,00	336,00	93,00	77,00	87,00	2469,00
8:00 a. m.	1697,00	649,00	111,00	93,00	74,00	2624,00
9:00 a. m.	1810,00	513,00	96,00	85,00	51,00	2555,00

En la Tabla 14 se puede apreciar que la mayor cantidad de vehículos en la avenida General Enríquez se produjo a las 8:00 a.m. con un total de 2624 automotores, de los cuales el 64.67 % representa a los turismos, el 24.73 % a los comerciales ligeros, el 4.23 % a los comerciales pesados, el 3.54 % a los autobuses y las motos con el 2.82 %.

Sin embargo la cantidad menor de vehículos se contó a las 7:00 a.m. con un total de 2469 vehículos. La mayor parte de los autos contabilizados representan los turismos con el 75.98 %, luego los comerciales ligeros con el 13.61 %, después los comerciales pesados con el 3.77 %, seguido de las motos con el 3.12 % y los autobuses con el 3.52%.

4.6 Estimación de las emisiones vehiculares

Tabla 15.

Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos en el sector El Triángulo.

El Triángulo						
Fecha	Hora	Monóxido de carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Óxidos de nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dióxidos de azufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	7:00 a.m.	2391,5	497,5	19,5	13	43
	8:00 a.m.	2059	470,5	17,5	12,5	43,5
	9:00 a.m.	2019	438	16,5	11,5	40,5

En el sector del triángulo se registró la mayor concentración de monóxido de carbono a las 7:00h con $2391,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Óxidos de nitrógeno a las 7:00h con $497,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, benceno a las 7:00h con $19,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dióxidos de azufre a las 7:00h con $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y partículas a las 8:00h con $43,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el sector del triángulo se registró la menor concentración de monóxido de carbono a las 9:00h con $2019 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Óxidos de nitrógeno a las 9:00h con $438 \mu\text{g}/\text{m}^3$, benceno a las 9:00h con $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dióxidos de azufre a las 9:00h con $11,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y partículas a las 9:00h con $40,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 16.

Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos en el sector Centro Comercial San Luis.

Centro comercial San Luis						
Fecha	Hora	Monóxido de carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Óxidos de nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dióxidos de azufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	7:00 a.m.	1108,33	267,33	9,00	7,67	31,33
	8:00 a.m.	480,33	113,00	4,00	4,33	23,00
	9:00 a.m.	378,67	92,33	3,33	4,00	23,67

En el sector Centro Comercial San Luis se registró la mayor concentración de monóxido de carbono a las 7:00h con $1108,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Óxidos de nitrógeno a las 7:00h con $267,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, benceno a las 7:00h con $9,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dióxidos de azufre a las 7:00h con $7,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y partículas a las 8:00h con $31,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el sector Centro Comercial San Luis se registró la menor concentración de monóxido de carbono a las 9:00h con $378,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Óxidos de nitrógeno a las 9:00h con $92,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, benceno a las 9:00h con $3,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dióxidos de azufre a las 9:00h con $4,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y partículas a las 8:00h con $23,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 17.

Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos en el sector Avenida General Enríquez.

Avenida General Enríquez						
Fecha	Hora	Óxidos de nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dióxidos de azufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Monóxido de carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	7:00 a.m.	461	16	12	39	2109
	8:00 a.m.	269	9	8	33	1149
	9:00 a.m.	182	6	6	27	792

En el sector Avenida General Enríquez se registró la mayor concentración de óxidos de nitrógeno a las 7:00h con $461 \mu\text{g}/\text{m}^3$, benceno a las 7:00h con $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dióxidos de azufre a las 7:00h con $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y partículas a las 7:00h con $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y monóxido de carbono a las 7:00h con $2109 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el sector Avenida General Enríquez se registró la menor concentración de óxidos de nitrógeno a las 9:00h con $182 \mu\text{g}/\text{m}^3$, benceno a las 9:00h con $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dióxidos de azufre a las 9:00h con $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y partículas a las 9:00h con $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y monóxido de carbono a las 9:00h con $792 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 18.

Comparación de las emisiones de monóxido de carbono entre los puntos inventariados.

Monóxido de carbono			
Hora	El triángulo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Centro Comercial San Luis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Avenida General Enríquez ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
7:00	2391,5	1108,33	2109
8:00	2059	480,33	1149
9:00	2019	378,67	792

La mayor concentración de monóxido de carbono entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enríquez, se registró en el triángulo a las 7:00h con 2391,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 8:00h con 2059 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 9:00h con 2019 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esto se debe a que en este sector se registró el mayor flujo vehicular con un total de

La menor concentración de monóxido de carbono entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enríquez se registró en el triángulo a las 7:00h con 1108,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 8:00h con 480,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 9:00h con 378,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Como se puede apreciar en la Figura 16, las concentraciones de CO son más altas en la zona de El Triángulo.

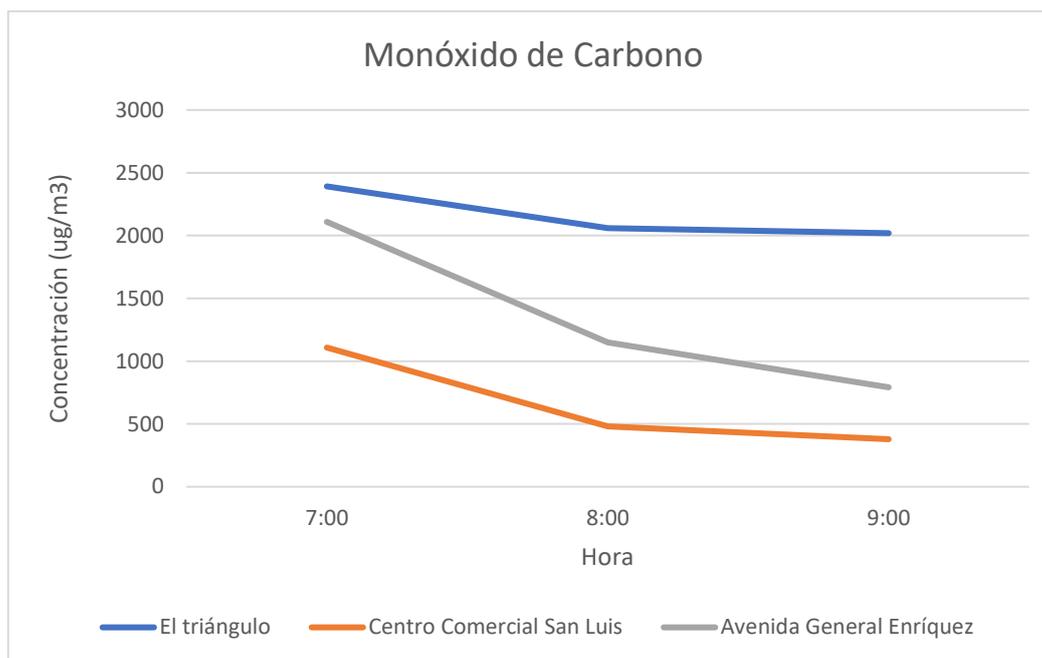


Figura 16. Comparación de las concentraciones de monóxido de carbono en los puntos inventariados.

Tabla 19.

Comparación de las emisiones de óxidos de nitrógeno entre los puntos inventariados.

Óxidos de nitrógeno			
Hora	El triángulo (µg/m³)	Centro Comercial San Luis (µg/m³)	Avenida General Enríquez (µg/m³)
7:00	497,5	267,33	461,00
8:00	470,5	113,00	269,00
9:00	438	92,33	182,00

La mayor concentración de óxidos de nitrógeno entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enríquez, se registró en el triángulo a las 7:00h con 497,5 µg/m³, a las 8:00h con 470,5 µg/m³, a las 9:00h con 438 µg/m³.

La menor concentración de monóxido de carbono entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enríquez se registró en el triángulo a las 7:00h con 267,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 8:00h con 113,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 9:00h con 92,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los sectores del centro comercial San Luis Shopping y la avenida General Enríquez no poseen tráfico pesado en exceso, por lo cual emiten menos contaminación que la avenida General Rumiñahui ubicada en el sector de El Triángulo.

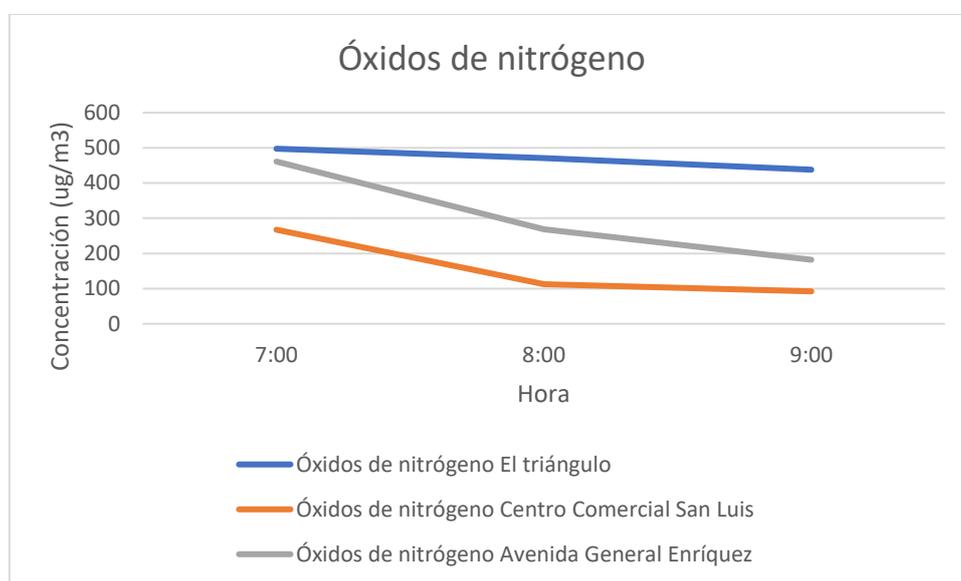


Figura 17. Comparación de las concentraciones de óxidos de nitrógeno entre los puntos inventariados.

Tabla 20.

Comparación de las emisiones de benceno entre los puntos inventariados.

Benceno			
Hora	El triángulo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Centro Comercial San Luis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Avenida General Enríquez ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
7:00	19,50	9,00	16,00

Benceno			
Hora	El triángulo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Centro Comercial San Luis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Avenida General Enríquez ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
8:00	17,50	4,00	9,00
9:00	16,50	3,33	6,00

La mayor concentración de benceno entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enríquez, se registró en el triángulo a las 7:00h con $19,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 8:00h con $17,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 9:00h con $16,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La menor concentración de benceno entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enríquez se registró en el triángulo a las 7:00h con $9,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 8:00h con $4,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 9:00h con $3,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

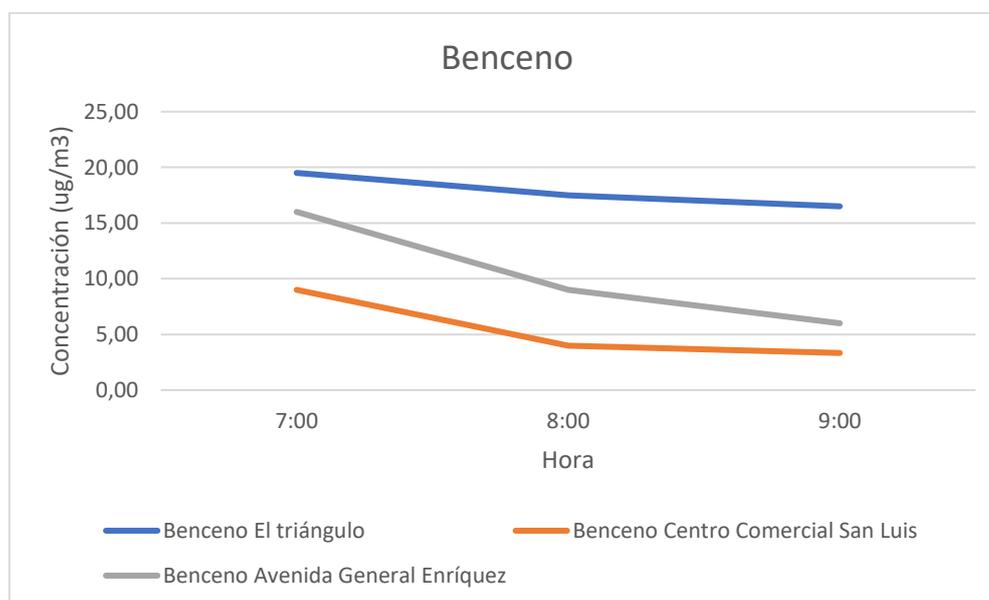


Figura 18. Comparación de las concentraciones de benceno entre los puntos inventariados.

Tabla 21.

Comparación de las emisiones de dióxidos de azufre entre los puntos inventariados.

Dióxidos de azufre			
Hora	El triángulo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Centro Comercial San Luis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Avenida General Enrriquez ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
7:00	13,00	7,67	12,00
8:00	12,50	4,33	8,00
9:00	11,50	4,00	6,00

La mayor concentración de dióxidos de azufre entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enrriquez, se registró en el triángulo a las 7:00h con $13,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 8:00h con $12,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 9:00h con $11,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La menor concentración de dióxidos de azufre entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enrriquez se registró en el triángulo a las 7:00h con $7,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 8:00h con $4,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 9:00h con $4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

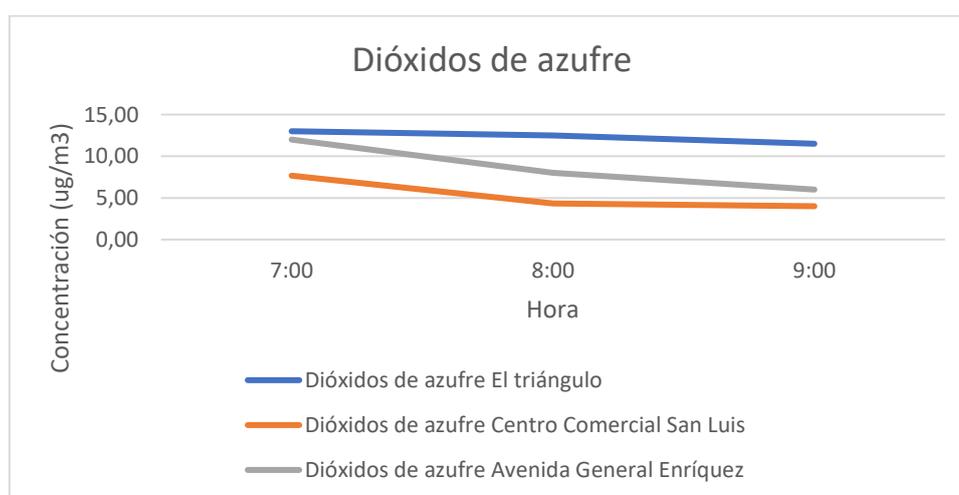


Figura 19. Comparación de las concentraciones de dióxidos de azufre entre los puntos inventariados.

Tabla 22.

Comparación de las emisiones de partículas entre los puntos inventariados.

Partículas			
Hora	El triángulo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Centro Comercial San Luis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Avenida General Enríquez ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
7:00	43,00	31,33	39,00
8:00	43,50	23,00	33,00
9:00	40,50	23,67	27,00

La mayor concentración de partículas entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enríquez, se registró en el triángulo a las 7:00h con $43,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 8:00h con $43,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 9:00h con $40,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La menor concentración de partículas entre los sectores del triángulo, Centro Comercial San Luis y Avenida General Enríquez se registró en la Avenida General Enríquez a las 7:00h con $39,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 8:00h con $33,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 9:00h con $27,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

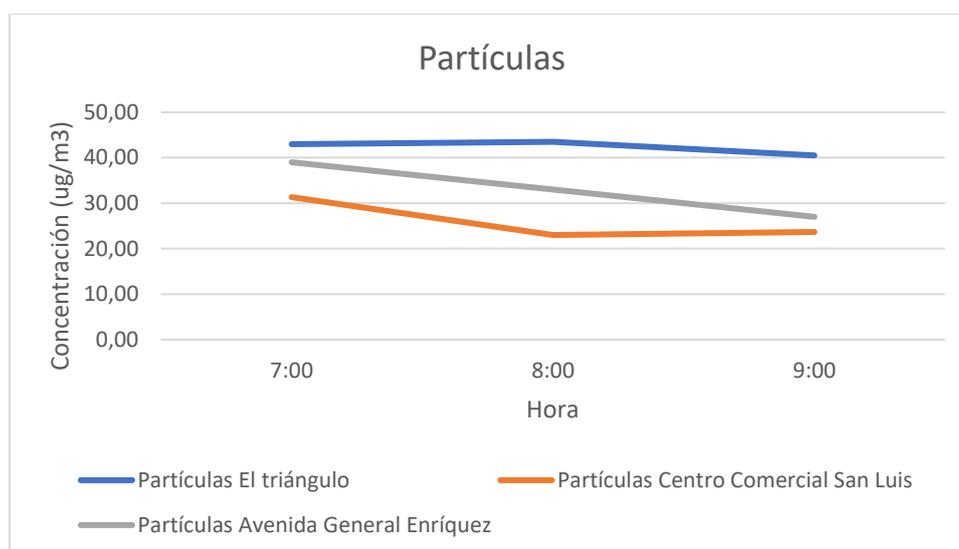


Figura 20. Comparación de las concentraciones de partículas entre los puntos inventariados.

De todos los contaminantes que se analizaron en los tres puntos de circulación vehicular importante, se obtuvo que el sector con más flujo vehicular es “El Triángulo”, en el cual se obtuvo la mayor concentración de todos los contaminantes: partículas, benceno, dióxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. Estas concentraciones tienen su origen en la gran cantidad de vehículos pesados y buses que circulan en la avenida General Rumiñahui, ya que esta vía conecta Quito con San Rafael y Sangolquí, este último compuesto por industrias y fábricas, las cuales utilizan las carreteras para realizar el transporte de sus productos a través del país.

4.7 Mapa de ubicación de los puntos con mayor concentración vehicular

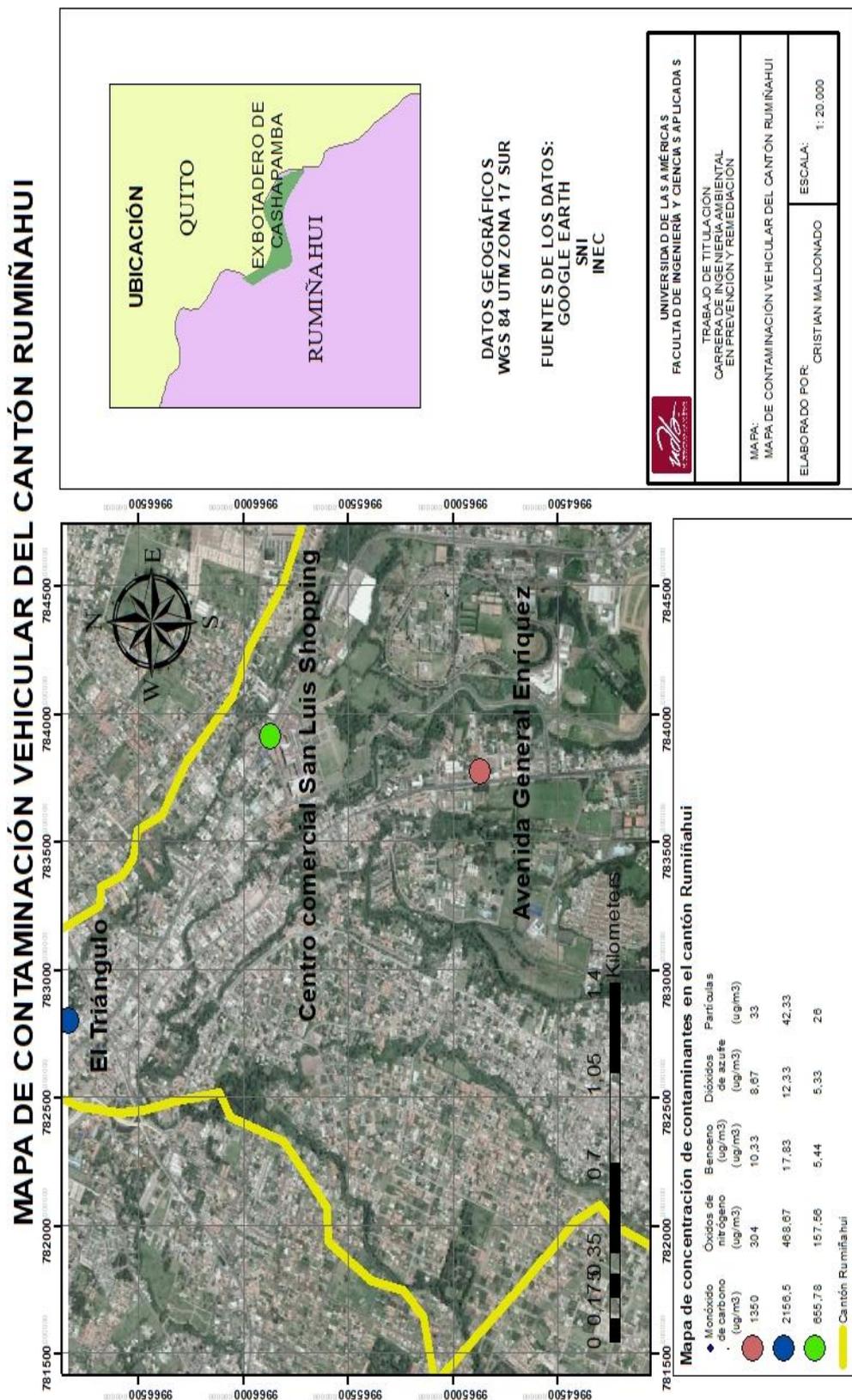


Figura 21. Puntos en donde se realizó el inventario vehicular y las concentraciones de cada contaminante expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.8 Ubicación de los puntos de la red de monitoreo

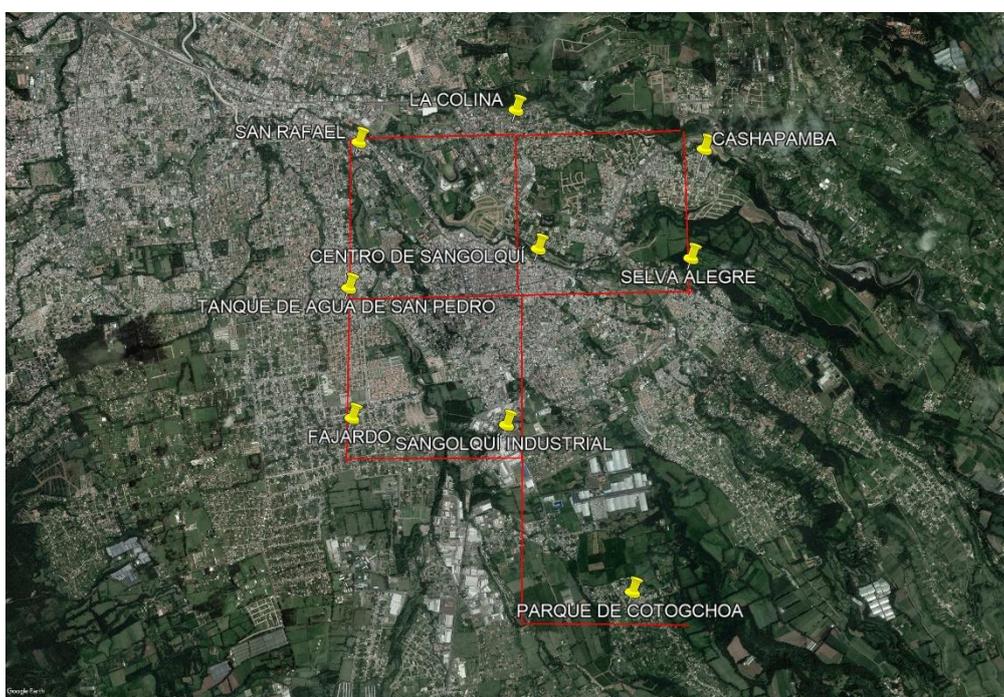


Figura 22. Ubicación de los puntos de monitoreo de la red de monitoreo del cantón Rumiñahui utilizando la metodología de la TA luft de Alemania.

Adaptado de: Google Earth, 2018

Se ubicó un total de 9 puntos de monitoreo, los cuales se distribuyeron dentro del cantón Rumiñahui tomando en cuenta sólo el área urbana, debido a que la población es el principal interés dentro del diseño de una red de monitoreo de calidad de aire. Los sitios seleccionados fueron ubicados en las siguientes coordenadas y con sus respectivos nombres (Tabla 23).

Tabla 23.

Coordenadas geográficas de los puntos seleccionados para la red de monitoreo.

Punto	Nombre	Coordenadas	
		Longitud	Latitud
1	San Rafael	783437.00	9965632.00
2	La Colina	785275.00	9964967.00

Punto	Nombre	Coordenadas	
		Longitud	Latitud
3	Cashapamba	786963.00	9963367.00
4	San Pedro	782401.00	9964174.00
5	Sangolquí centro	784620.00	9963386.00
6	Selva Alegre	786016.00	9960880.00
7	Fajardo	781608.00	9962800.00
8	Sangolquí industrial	783169.00	9961757.00
9	Cotogchoa	783370.18	9959315.20

Tabla 24.

Descripción de la estación “San Rafael”.

Estación “San Rafael”		
Dirección	Av. Avelinda Lasso y Alfredo Dávila	
Coordenadas	9965632.00	9965632.00
Fuentes fijas cercanas	No presenta fuentes fijas	
Distancia a la vía principal	196.24 m	
Tipo de muestreador	Muestreador pasivo	
Contaminantes analizados	Btx, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y Benceno	

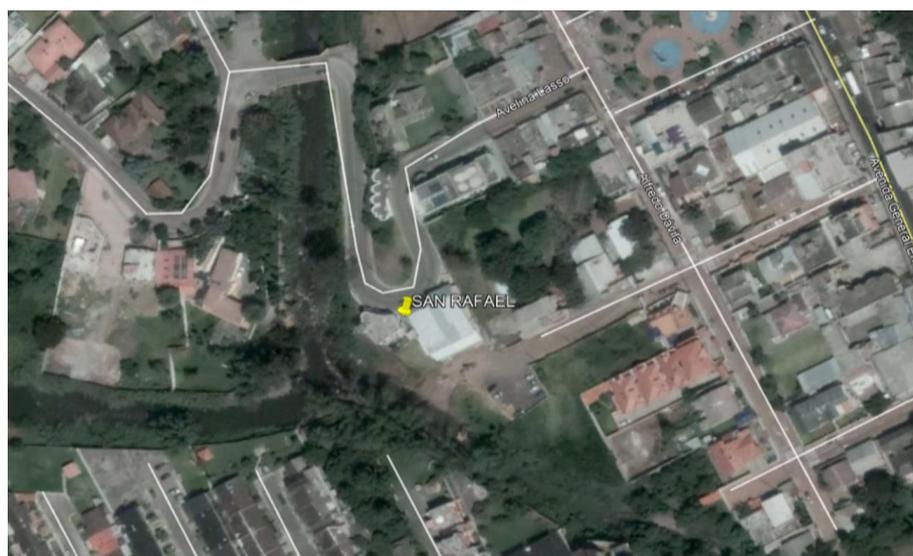


Figura 23. Ubicación de la estación “San Rafael” en el mapa satelital.

Adaptado de: Google Earth, 2018

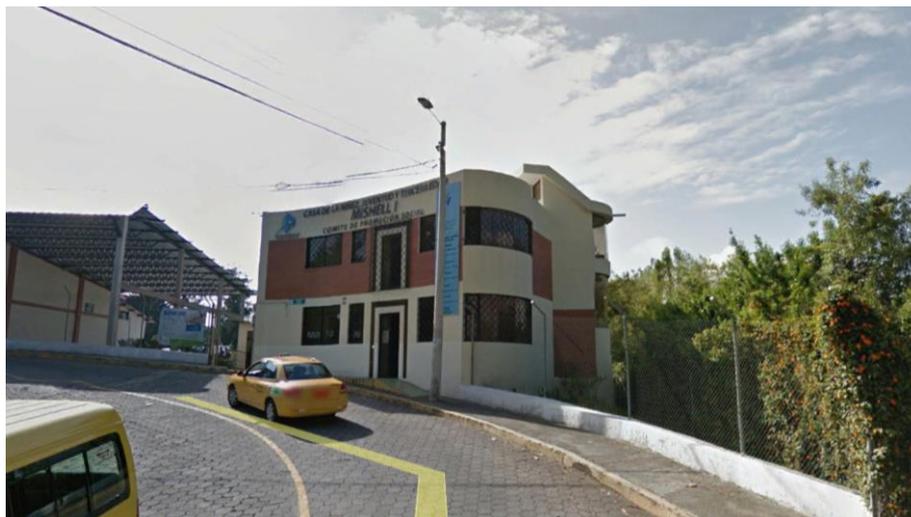


Figura 24. Casa de La Niñez y Juventud, lugar seleccionado para ubicar el equipo Microdust Pro.

Las mediciones de material particulado $PM_{2.5}$ en la estación “San Rafael” presentaron una concentración media de $26.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una velocidad del viento promedio de 0.6 m/s con dirección Noroeste. Debido a que este sector presentó la mayor concentración de material particulado comparándola con las demás estaciones, se debería colocar un equipo de medición de material particulado en este sector ya que en la actualidad no se cuenta con una estación cercana.

La alta concentración encontrada en el sector puede deberse al alto flujo vehicular registrado en la avenida General Rumiñahui, ya que según Tomassetti (2016) el parque automotor genera partículas finas que permanecen en suspensión como resultado de la quema del combustible.

Este sector cuenta en la actualidad con un sistema de monitoreo pasivo por lo que se puede evidenciar que esta estación se encuentra ubicada correctamente.

Tabla 25.

Descripción de la estación “La Colina”.

Estación “La Colina”	
Dirección	Calle Bolívar y calle loja

Coordenadas	785275.00	9964967.00
Fuentes fijas cercanas	No presenta fuentes fijas	
Distancia a la vía principal	568 m	
Tipo de muestreador	Muestreador pasivo	
Contaminantes analizados	Btx, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y Benceno	

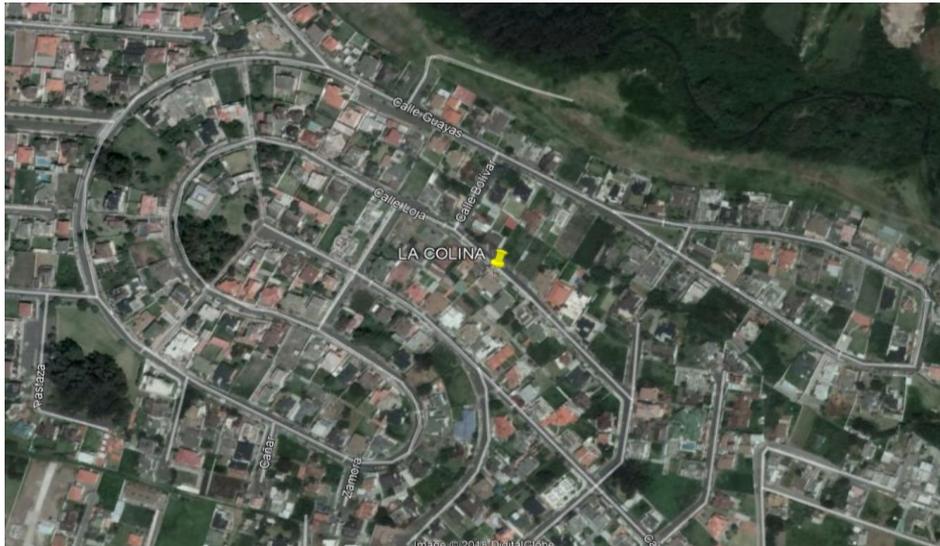


Figura 25. Ubicación de la estación “La Colina” en el mapa satelital.

Adaptado de: Google Earth, 2018



Figura 26. Urbanización “La Colina”, lugar seleccionado para colocar el equipo Microdust Pro.

En este sector se obtuvo una concentración media de PM_{2.5} de 17.18 µg/m³ y una velocidad promedio de 0.46 m/s con dirección noroeste. Los valores obtenidos se encuentran entre el rango medio de las estaciones y tanto su dirección como velocidad del viento no permiten que la contaminación del sector industrial llegue hasta este punto. Esto se debe a que Según Zhang et al (2015) tanto la dirección del viento como su velocidad poseen una gran influencia en la distribución de los contaminantes.

Tabla 26.

Descripción de la estación "Cashapamba".

Estación "Cashapamba"		
Dirección	Conjunto Cashapamba	
Coordenadas	786963.00	9963367.00
Fuentes fijas cercanas	No presenta fuentes fijas	
Distancia a la vía principal	301.16 m	
Tipo de muestreador	Muestreador pasivo	
Contaminantes analizados	Btx, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y Benceno	

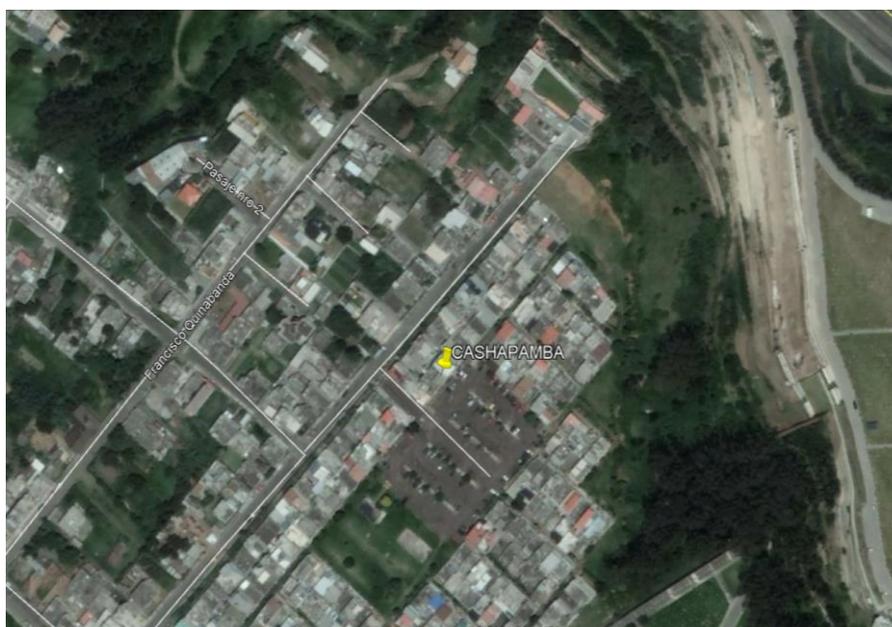


Figura 27. Ubicación de la estación "Cashapamba" en el mapa satelital.

Adaptado de: Google Earth, 2018



Figura 28. Casa ubicada en el conjunto “Cashapamba”, lugar seleccionado para realizar las mediciones con el equipo Microdust Pro.

En la estación Cashapamba se obtuvo una concentración media de $PM_{2.5}$ igual a $11.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una velocidad del viento promedio de 0.88 m/s y con dirección noreste. Este sector obtuvo la concentración más baja de material particulado debido a que se encuentra ubicado cercano al límite con la zona rural del cantón Rumiñahui y gracias a la dirección del viento, el flujo de aire proviene desde la zona rural hacia el sector de Cashapamba.

Debería ubicarse un equipo de monitoreo pasivo en este sector, al igual que un equipo de medición de material particulado ya que no se cuenta con uno en la actualidad.

Tabla 27.

Descripción de la estación “San Pedro”.

Estación “San Pedro”		
Dirección	Manuel Pomboza y Martín Velastegui	
Coordenadas	782401.00	9964174.00

Fuentes fijas cercanas	No presenta fuentes fijas
Distancia a la vía principal	178.64 m
Tipo de muestreador	Muestreador pasivo
Contaminantes analizados	Btx, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y Benceno

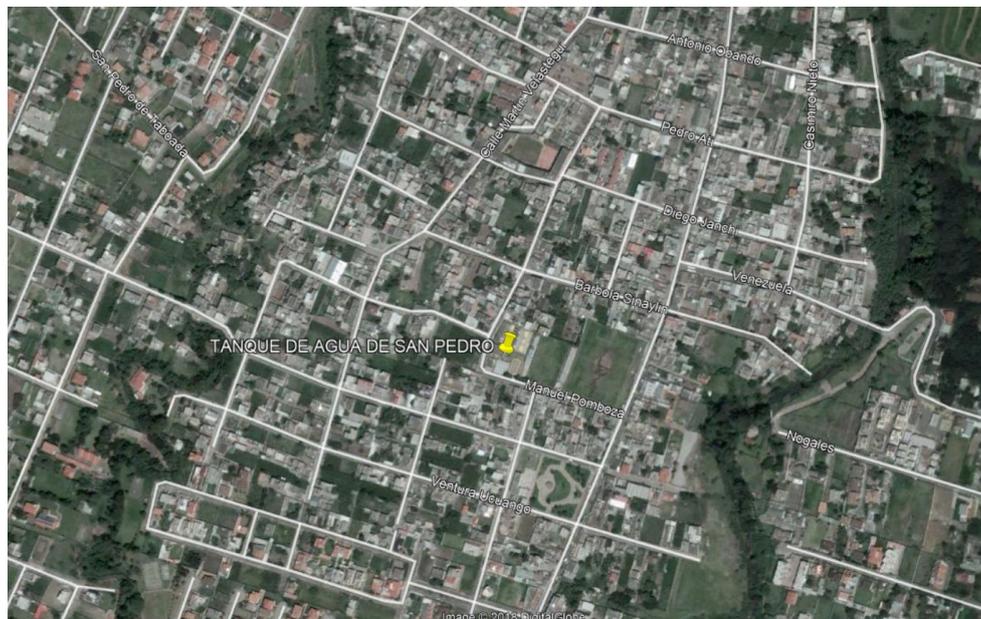


Figura 29. Ubicación de la estación “San Pedro” en el mapa satelital.

Adaptado de: Google Earth, 2018



Figura 30. Tanque de agua de San Pedro, lugar seleccionado para la ubicación del equipo Microdust Pro.

La estación San Pedro obtuvo una concentración media de $12.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una velocidad promedio de 0.80 m/s y con dirección noroeste. En este lugar se obtuvo una concentración baja en comparación a las demás estaciones. La dirección del viento acarrea los contaminantes provenientes de la zona industrial del cantón, sin embargo, debido a la presencia de una hilera de árboles que divide estas dos áreas, ya que según Moreno et al (2016), el material particulado puede sedimentarse en las hojas y de esta manera reducir la concentración que llega a San Pedro.

Tabla 28.

Descripción de la estación “Sangolquí centro”.

Estación “Sangolquí centro”		
Dirección	Avenida Luis Cordero, escuela “gotitas de amor”.	
Coordenadas	784620.00	9963386.00
Fuentes fijas cercanas	No presenta fuentes fijas	
Distancia a la vía principal	50 m	
Tipo de muestreador	Muestreador pasivo	
Contaminantes analizados	Btx, NO_2 , SO_2 , O_3 y Benceno	

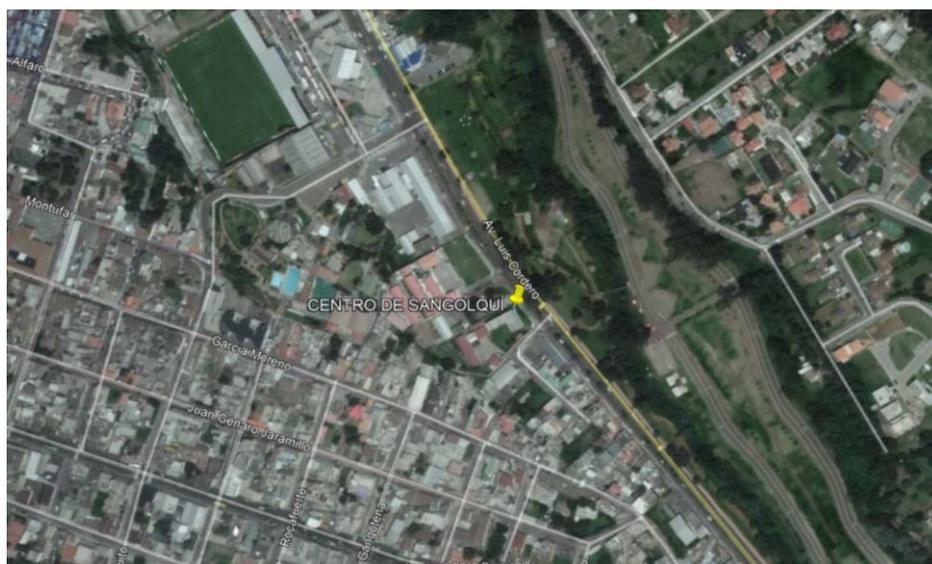


Figura 31. Ubicación de la estación “Centro Sangolquí” en el mapa satelital.

Adaptado de: Google Earth, 2018



Figura 32. Escuela “Gotitas de amor”, lugar seleccionado para la ubicación del equipo Microdust Pro.

En esta estación la concentración media de $PM_{2.5}$ que se obtuvo fue de $21.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una velocidad del viento promedio de 0.55 m/s y con dirección hacia el noreste. En este sector se obtuvo una alta concentración en relación a las demás estaciones, debido a que la dirección del viento acarrea los contaminantes desde la zona industrial de Sangolquí.

Además, el punto de monitoreo es el más cercano a la calla principal de entre los demás, con una distancia de 50 m . Esto permite que el equipo pueda medir una mayor concentración de contaminantes debido a la influencia de los automotores, ya que estos son una de las principales fuentes de emisión producto de la combustión de los combustibles fósiles (Duque, 2017).

Tabla 29.

Descripción de la estación “Selva Alegre”.

Estación “Selva Alegre”		
Dirección	Urbanización “Club Los chillos”, invernadero municipal de Rumiñahui.	
Coordenadas	786016.00	9960880.00
Fuentes fijas cercanas	No presenta fuentes fijas	

Distancia a la vía principal	396.74 m
Tipo de muestreador	Muestreador pasivo
Contaminantes analizados	Btx, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y Benceno

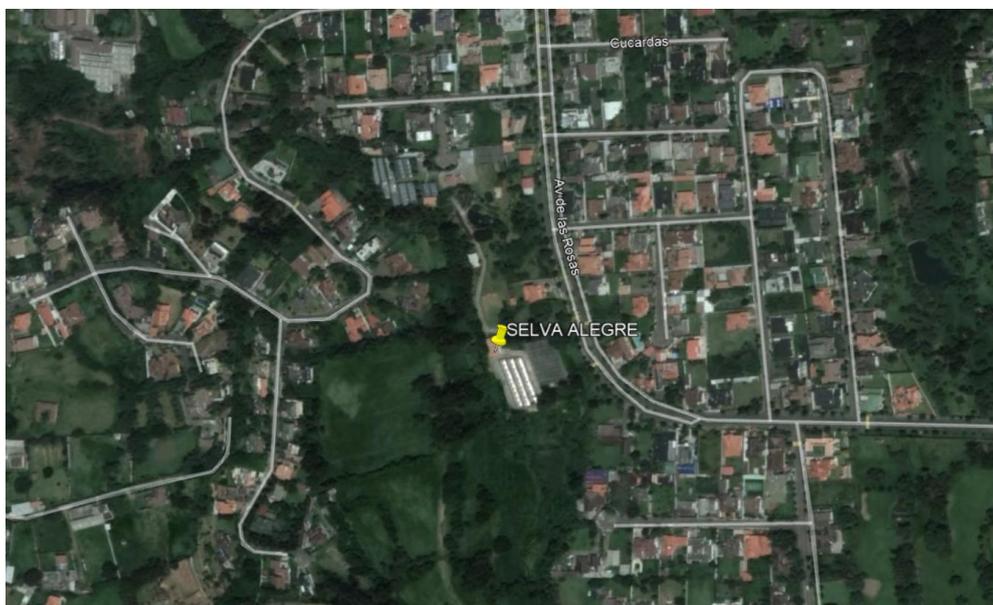


Figura 33. Ubicación de la estación “Selva Alegre” en el mapa satelital.

Adaptado de: Google Earth, 2018



Figura 34. Urbanización “Club Los Chillos”, sitio seleccionado para realizar las mediciones con el equipo Microdust Pro.

La estación “Selva Alegre” presentó una concentración media de $PM_{2.5}$ igual a $17.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una velocidad del viento promedio de 0.66 m/s con dirección al noroeste. En este sector se obtuvo una baja concentración debido a que la dirección del viento permite que el aire que fluye por el lugar provenga desde la zona rural del cantón.

Además, este punto al encontrarse en los linderos con la zona natural no tiene mucho flujo de vehículos y posee un bosque en su cercanía. Esto se debe a que según Dzierzanowski et al (2011) las características tanto fisiológicas como anatómicas de cada planta brindan un servicio ecosistémico al ser humano capturando el material particulado en su superficie, reduciendo de esta forma su concentración en la atmósfera.

Este lugar no cuenta con equipos para el monitoreo de material particulado ni pasivos, se recomienda ubicar equipos en este sector para poder tener un blanco de referencia con los demás puntos.

Tabla 30.

Descripción de la estación “Fajardo”.

Estación “Fajardo”		
Dirección	Santa Rita	
Coordenadas	781608.00	9962800.00
Fuentes fijas cercanas	No presenta fuentes fijas	
Distancia a la vía principal	313.90 m	
Tipo de muestreador	Muestreador pasivo	
Contaminantes analizados	Btx, NO_2 , SO_2 , O_3 y Benceno	

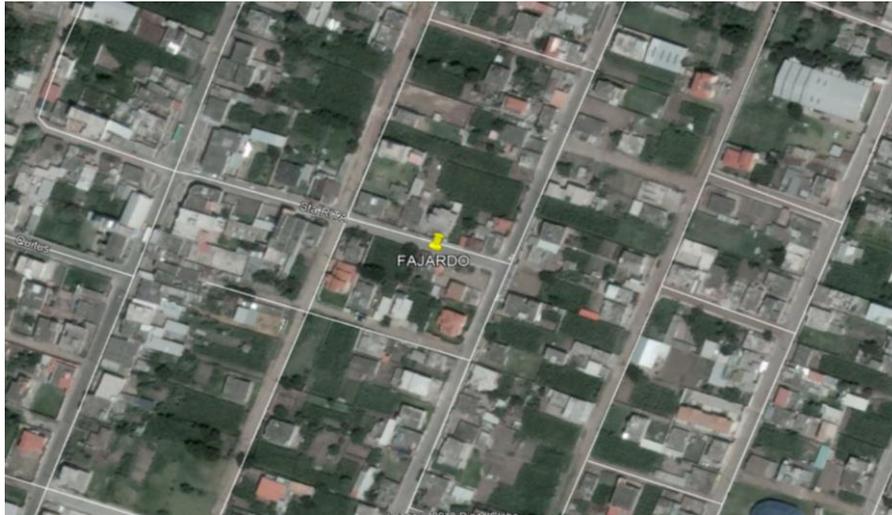


Figura 35. Ubicación de la estación “Fajardo” en el mapa satelital.

Adaptado de: Google Earth, 2018



Figura 36. Vivienda seleccionada para la medición con el equipo Microdust Pro.

La estación “Fajardo” presentó una media de material particulado $PM_{2.5}$ igual a $22.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una velocidad del viento promedio de 1.43 m/s con dirección noroeste.

A pesar de que este sitio presentó una velocidad del viento superior a los demás, la dirección del viento dio lugar a la dispersión de contaminantes desde la zona industrial hacia este punto, además de la cercanía con la misma. Esto permitió una elevada concentración en esta estación. También el sector posee algunas

vías sin pavimentar, las cuales según Méndez et al (2017) dan lugar a la que las partículas sedimentadas puedan volver a suspenderse por efecto del flujo vehicular y los factores meteorológicos. Además, el material particulado puede volver a suspenderse en la atmósfera por efecto del viento (Arciniégas, 2012).

Este punto no cuenta con monitoreo pasivo ni de material particulado, sin embargo, basándose en los resultados que se han obtenido, se debería colocar equipos de monitoreo en este sector.

Tabla 31.

Descripción de la estación “Sangolquí industrial”.

Estación “Sangolquí industrial”		
Dirección	Avenida General Rumiñahui y Avenida General Enríquez.	
Coordenadas	783169.00	9961757.00
Fuentes fijas cercanas	Existen varias fuentes fijas registradas en el sector.	
Distancia a la vía principal	69.63 m	
Tipo de muestreador	Muestreador pasivo	
Contaminantes analizados	Btx, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y Benceno	

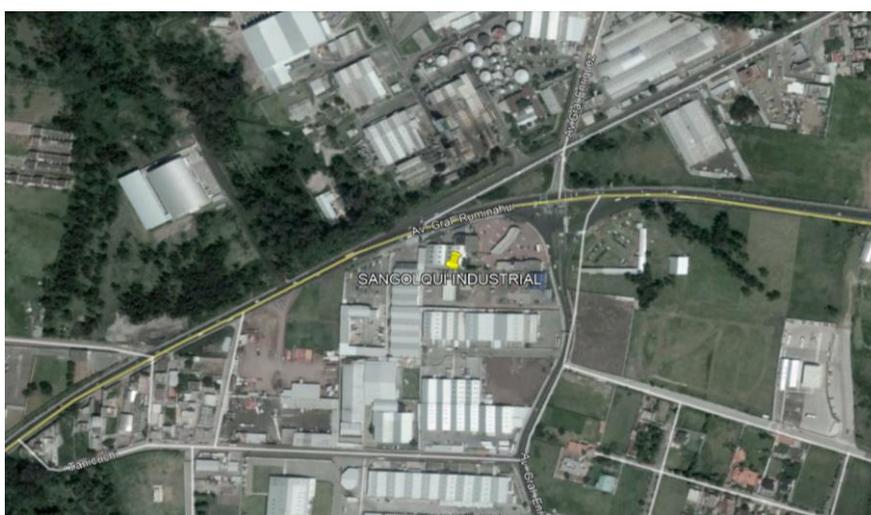


Figura 37. Ubicación de la estación “Sangolquí industrial” en el mapa satelital.

Adaptado de: Google Earth, 2018



Figura 38. Empresa Municipal de Residuos Sólidos del Cantón Rumiñahui, sitio seleccionado para ubicar el equipo Microdust Pro.

La estación “Sangolquí industrial” obtuvo una concentración media de $PM_{2.5}$ igual a $24.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una velocidad del viento igual a 1.33 m/s con dirección noreste. Este lugar obtuvo una concentración elevada, esto se debe a que este punto se encuentra en el corazón de la zona industrial del cantón Rumiñahui y por ende las concentraciones de los contaminantes son altas.

Esto se debe a que la mayor parte de las industrias del lugar utilizan diésel para sus procesos y según Vega et al (2012) los motores que utilizan este tipo de combustible generan material particulado menor a 2.5 micrómetros . También Querol et al (2001) mencionan en su estudio que además de los vehículos, la interacción del ser humano y sus actividades, y las áreas con un bajo flujo de aire, se presenta también la influencia de las industrias en la emisión de material particulado $PM_{2.5}$.

Este punto cuenta con monitoreo de material particulado y monitoreo pasivo, por lo que en base a los resultados obtenidos y la ubicación de la misma, esta estación se encuentra ubicada correctamente y no requiere ser reubicada.

Tabla 32.

Descripción de la estación “Cotogchoa”.

Estación “Cotogchoa”	
Dirección	Calle Julián Quito y calle Quijia
Coordenadas	783370.18 9959315.20
Fuentes fijas cercanas	No presenta fuentes fijas
Distancia a la vía principal	185 m
Tipo de muestreador	Muestreador pasivo
Contaminantes analizados	Btx, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y Benceno

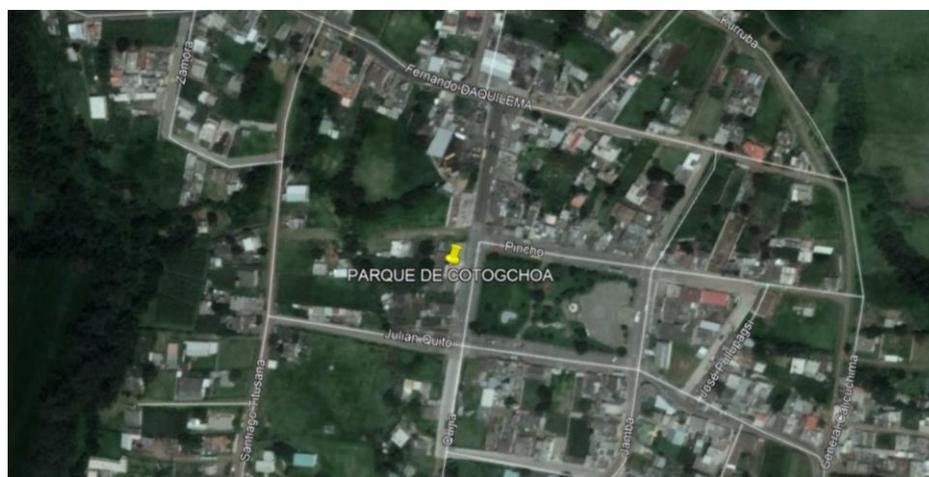


Figura 39. Ubicación de la estación “Parque Cotogchoa” en el mapa satelital.

Adaptado de: Google Earth, 2018



Figura 40. Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotogchoa, sitio seleccionado para la medición con el equipo Microdust.

En la estación “Cotogchoa” la concentración media del contaminante PM_{2.5} alcanzó un valor de 23.30 µg/m³, con una velocidad promedio de 0.72 m/s con dirección suroeste. Este punto alcanzó una de las concentraciones más elevadas a pesar de encontrarse ubicado en los límites con la zona rural. Esto se debe a que la dirección del viento en este sector acarrea los contaminantes desde el parque industrial del cantón hacia Cotogchoa. Además según Arrieta (2016) las condiciones topográficas inciden sobre la dirección y la velocidad del viento, por ende Cotogchoa al ubicarse encerrado en un pequeño valle de montañas, concentra la contaminación en ese sector.

Este punto cuenta con monitoreo pasivo, sin embargo, debería incluirse dentro de la red un analizador de material particulado, ya que en base a los resultados obtenidos en el estudio se requiere del mismo.

4.9 Mediciones de material particulado PM_{2.5}

Mediciones de 24 horas en Agosto y Septiembre

Tabla 33.

Punto 1: sector Cashapamba

Estación Cashapamba		
Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m³)	Septiembre (µg/m³)
0	2,11	8,73
1	0,84	8,82
7	4,05	8,19
8	11,83	14,38
9	22,44	20,74
10	30,92	25,56
11	35,46	29,24
12	38,05	32,58

Estación Cashapamba		
Medición de PM _{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m ³)	Septiembre (µg/m ³)
13	36,59	32,73
14	35,12	26,69
15	29,19	27,18
16	18,32	27,86
17	14,89	21,90
18	10,68	16,14
19	6,11	14,32
20	0,51	12,75
Promedio 24 horas	18,57	20,49

La concentración mínima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 0,51 µg/m³ a comparación del mes de Septiembre que fue 8,19. Mientras que la concentración máxima el mes de agosto fue 38,05 µg/m³ a comparación del mes de septiembre que fue 32,73 µg/m³.

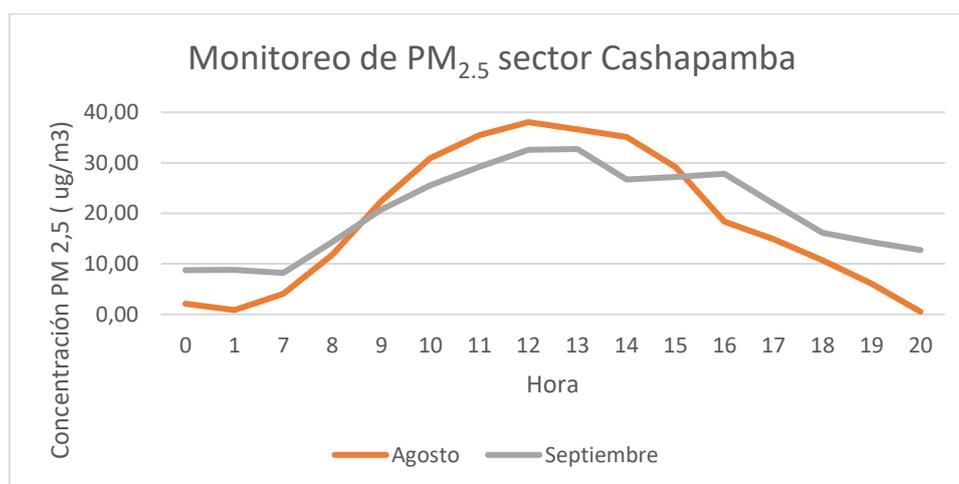


Figura 41. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} entre los meses de agosto y septiembre en el sector de Cashapamba.

Rosa de los vientos estación "Cashapamba".

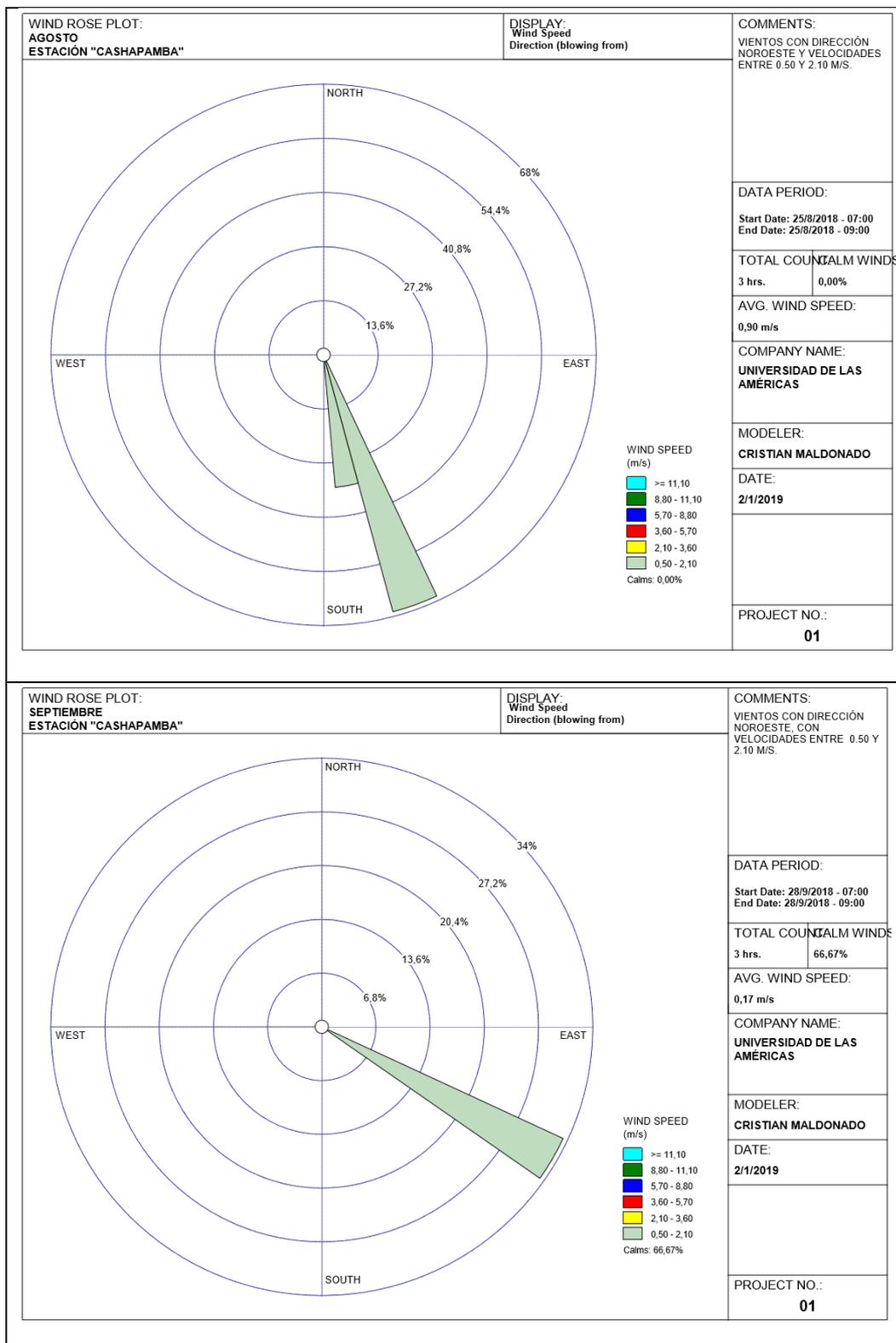


Figura 42. Comparación de las rosas de los vientos de los meses de agosto y septiembre en el sector de Cashapamba.

Durante los meses de agosto y septiembre la dirección del viento predominante provino desde el sureste hacia el noroeste con velocidades entre los 0.50 y 2.10 m/s.

Tabla 34.

Punto 2: sector Fajardo

Estación Fajardo		
Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m³)	Septiembre (µg/m³)
0	18,65	7,83
1	16,07	7,10
8	26,57	13,62
9	34,61	21,66
10	39,12	31,56
11	42,29	16,74
12	40,71	25,37
13	40,24	20,93
14	39,77	17,30
15	37,51	16,20
16	30,69	9,76
17	26,17	9,14
18	20,61	7,26
19	162,21	6,31
20	12,22	6,53
21	15,15	8,83
22	18,17	7,84
23	18,52	8,48
Promedio 24 horas	35,52	13,47

La concentración mínima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 12,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a comparación del mes de septiembre que fue de 6.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentración máxima del mes de agosto fue 162,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a comparación del mes de septiembre que fue 31,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

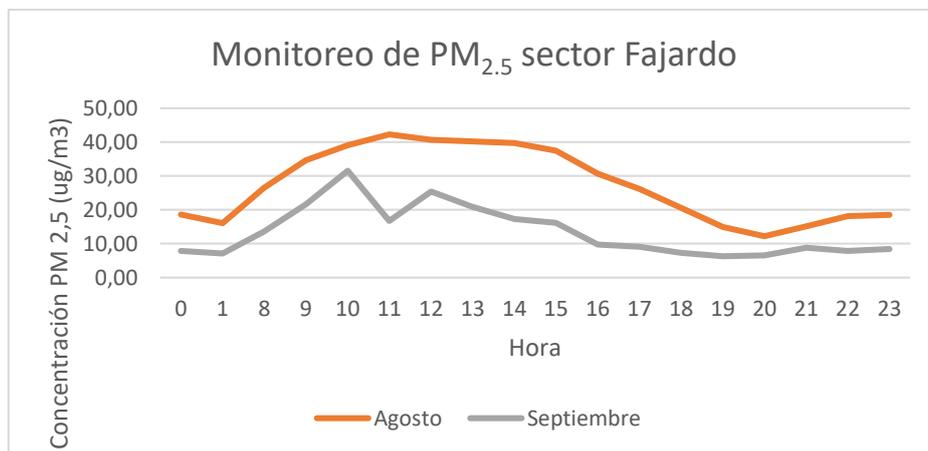
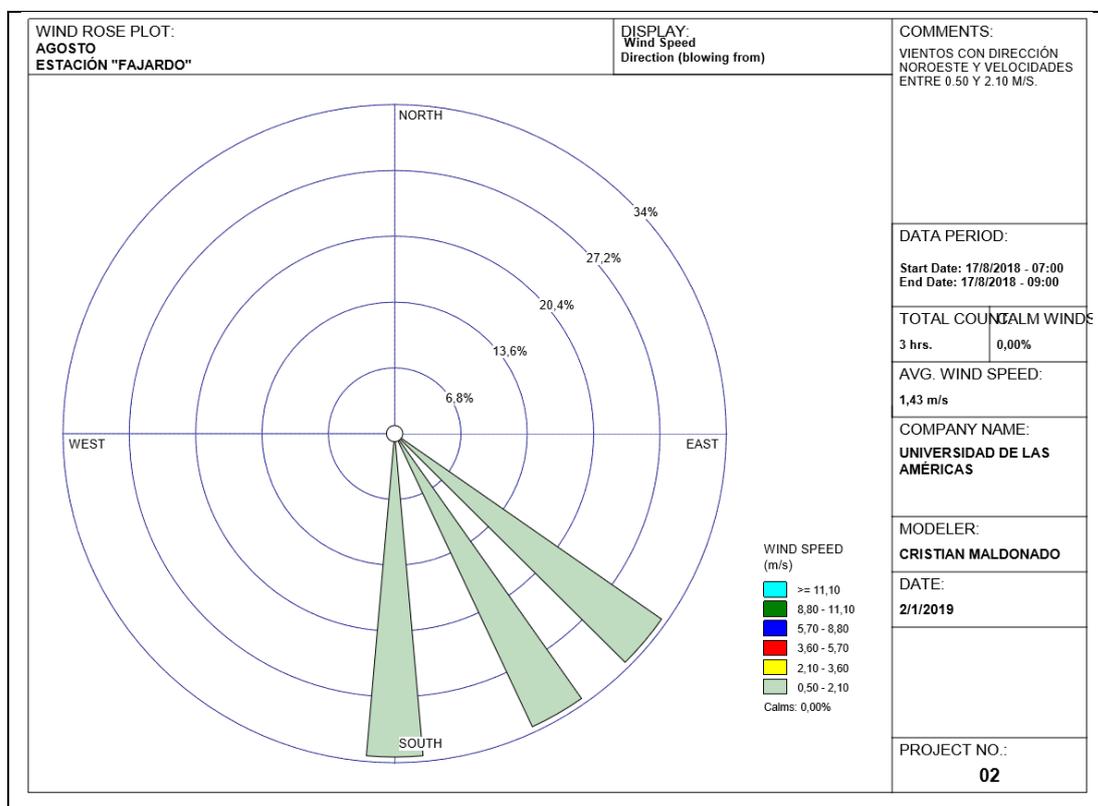


Figura 43. Comparación de las concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ entre los meses de agosto y septiembre en el sector de Fajardo.

Rosa de los vientos estación "Fajardo".



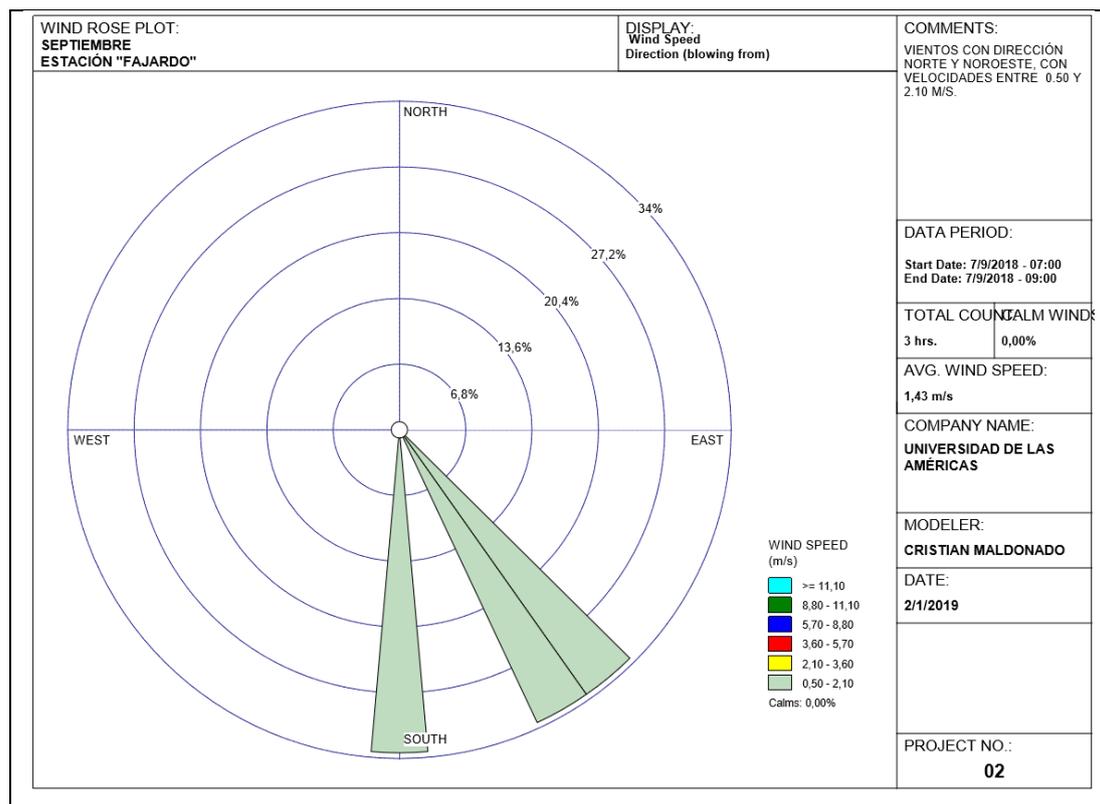


Figura 44. Comparación de las rosas de los vientos de los meses de agosto y septiembre en el sector de Fajardo.

En el mes de agosto y septiembre se mantuvo predominante la dirección del viento proveniente desde el sureste hacia el noroeste con velocidades mayores a 0.50 m/s y menores a los 2.10 m/s.

Tabla 35.

Punto 3: sector Selva Alegre.

Estación Selva Alegre		
Medición de PM _{2.5}		
Hora	Agosto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Septiembre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0	9,77	4,32
1	9,40	5,47
2	8,33	5,41

Estación Selva Alegre		
Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Septiembre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
3	7,75	3,03
6	4,88	0,44
7	4,87	7,32
8	16,73	19,06
9	23,53	28,93
10	35,94	35,41
11	38,55	31,36
12	33,14	16,85
13	29,75	18,17
14	27,76	18,82
15	25,16	16,53
16	23,46	13,56
17	21,87	10,55
18	19,79	7,65
19	16,78	5,91
20	15,12	5,94
21	13,48	2,86
Promedio 24 horas	19,30	12,88

La concentración mínima de material particulado 2.5 durante el mes de agosto fue $4,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a comparación del mes de septiembre que fue $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentración máxima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue $38,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a comparación del mes de septiembre que fue $35,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

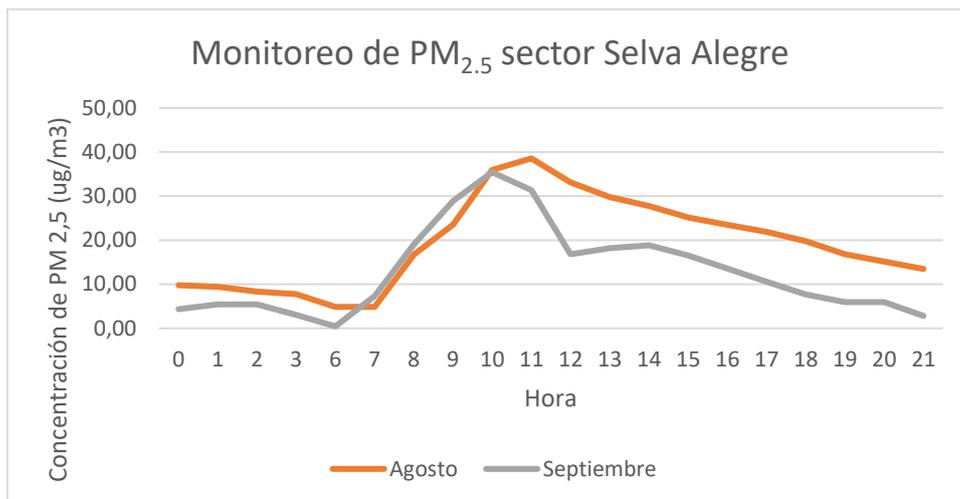
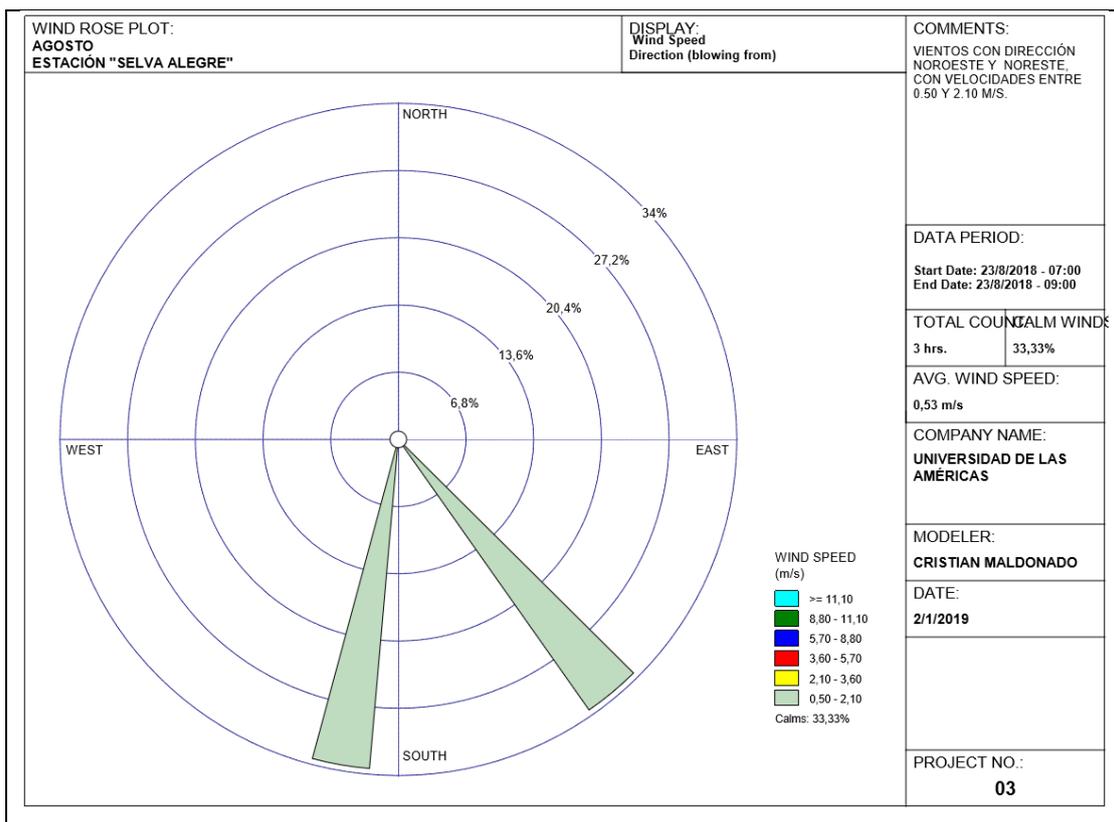


Figura 45. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} entre los meses de agosto y septiembre en el sector de Selva Alegre.

Rosa de los vientos estación "Selva Alegre".



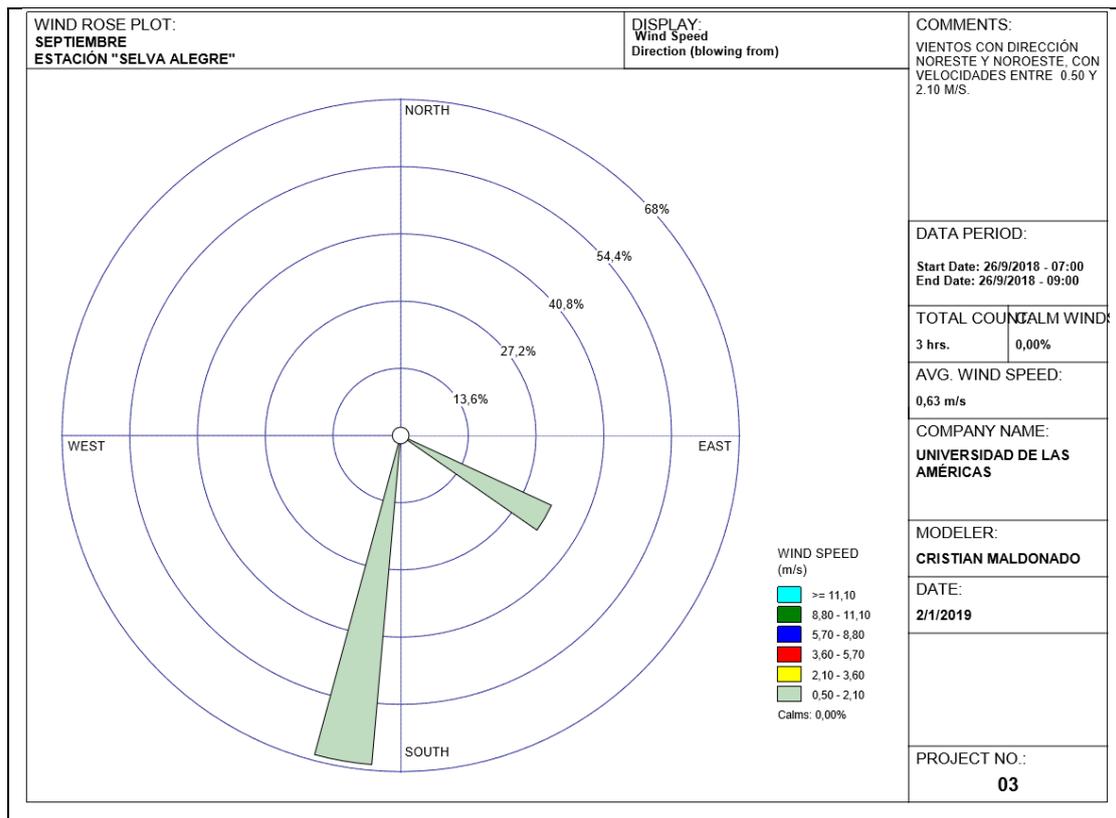


Figura 46. Comparación de las rosas de los vientos entre los meses de agosto y septiembre en el sector de Selva Alegre.

La dirección del viento se mantuvo constante durante ambos meses de agosto y septiembre con velocidades entre 0.50 y 2.10 m/s.

Tabla 36.

Punto 4: sector Sangolquí industrial.

Estación Sangolquí industrial		
Medición de PM _{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m ³)	Septiembre (µg/m ³)
0	16,26	5,36
1	15,29	4,91
2	13,56	4,46
3	14,01	3,10

Estación Sangolquí industrial		
Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m³)	Septiembre (µg/m³)
4	12,94	2,10
5	12,92	2,24
6	10,11	1,61
7	12,93	7,31
8	20,85	15,03
9	36,33	13,62
10	43,07	21,66
11	42,29	31,56
12	40,71	29,51
13	40,24	27,98
14	38,21	28,72
15	35,99	26,84
16	32,95	22,63
17	29,41	16,47
18	25,34	13,20
19	22,98	8,54
20	20,35	6,24
21	15,69	5,45
22	16,45	3,63
23	16,91	3,85
Promedio 24 horas	24,41	12,75

Se registró una concentración de PM_{2.5} de 10,11 µg/m³ durante el mes de agosto, a comparación del mes de septiembre que fue 1,61 µg/m³. La concentración máxima de material particulado 2,5 registrada en el mes de agosto fue 43,07 µg/m³ a comparación del mes de septiembre que fue 31,65 µg/m³.

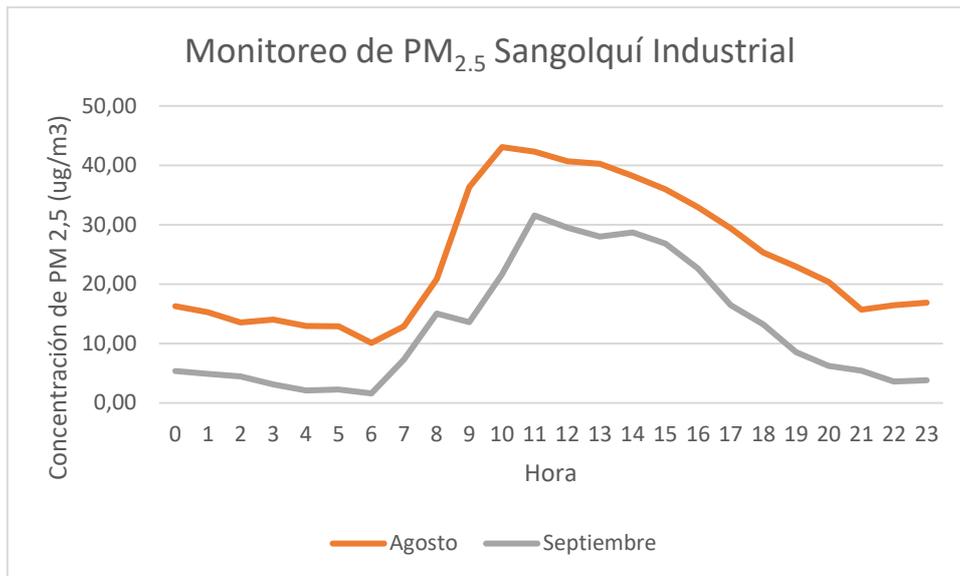
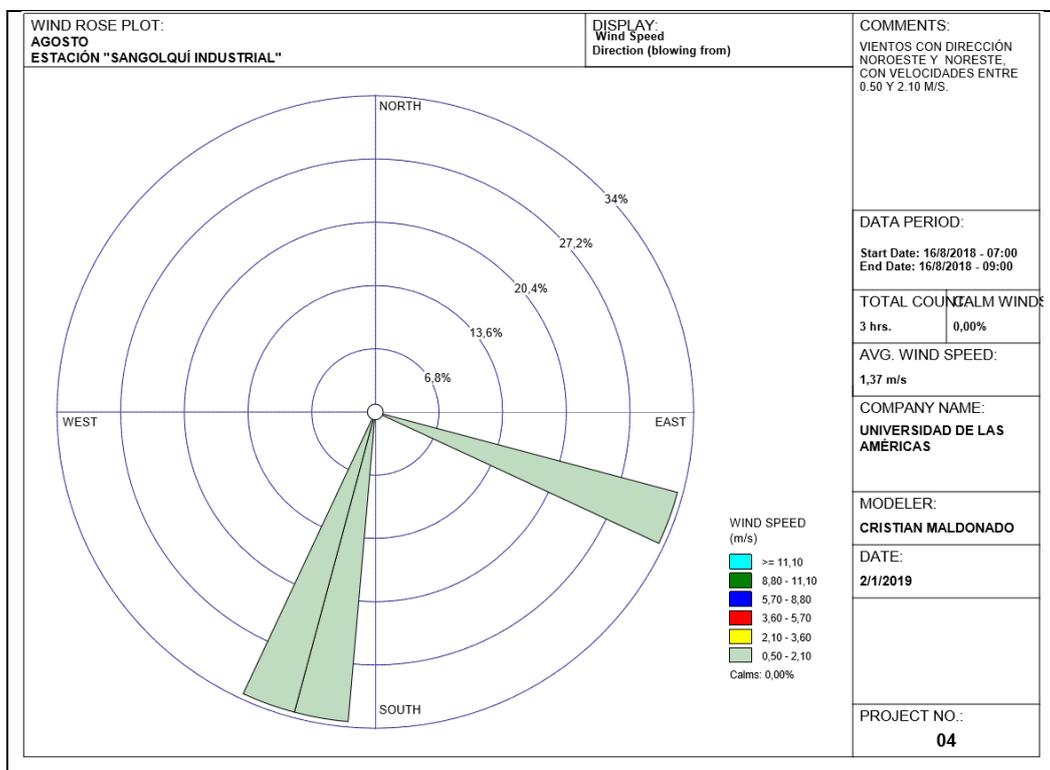


Figura 47. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} entre los meses de agosto y septiembre en el sector de Sangolquí industrial.

Rosa de los vientos estación "Sangolquí industrial".



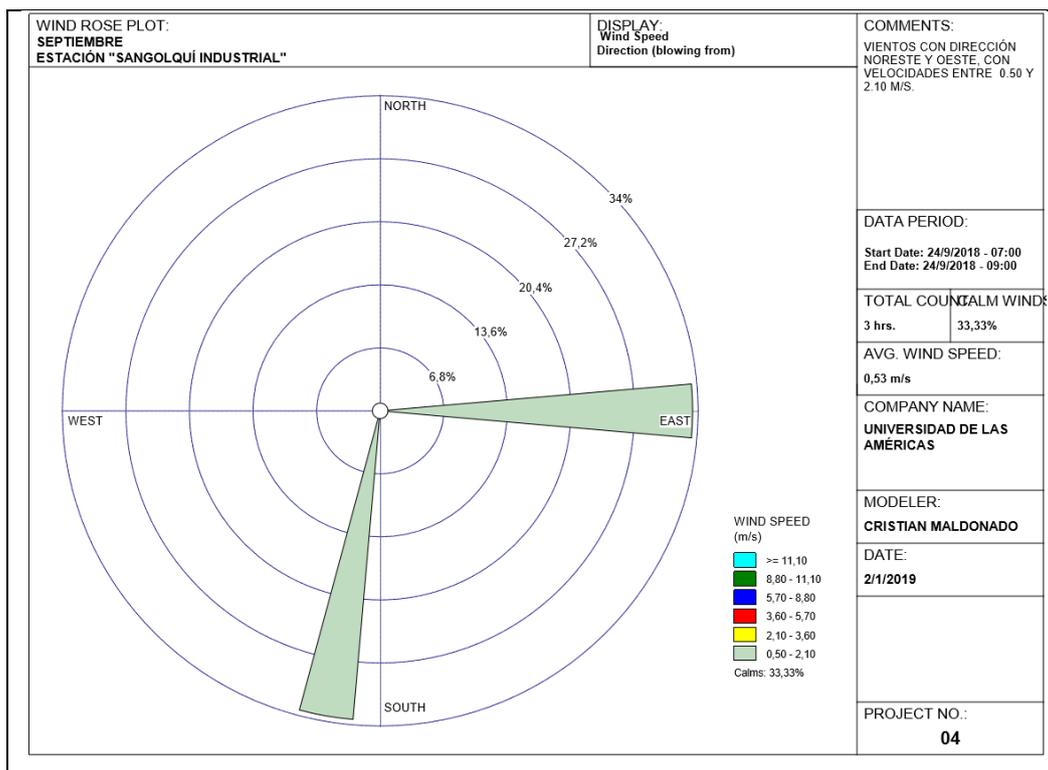


Figura 48. Comparación de las rosas de los vientos entre los meses de agosto y septiembre en el sector de Sangolquí Industrial.

La dirección del viento en los meses de agosto y septiembre se mantuvo constante con una pequeña variación en el segundo mes hacia el este. Las velocidades en los dos meses se mantuvieron mayores a 0.50 m/s y menores a 2.10 m/s.

Tabla 37.

Punto 5: sector La Colina.

Estación La Colina		
Medición de PM _{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m ³)	Septiembre (µg/m ³)
0	7,37	5,00
1	6,99	4,14

Estación La Colina		
Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m³)	Septiembre (µg/m³)
2	8,59	2,87
3	8,54	2,26
4	8,00	1,90
5	6,95	1,96
6	6,58	2,00
7	6,92	7,15
8	15,63	18,72
9	30,28	27,84
10	32,03	33,71
11	33,46	34,67
12	34,88	17,85
13	32,87	17,79
14	31,54	19,50
15	23,79	18,43
16	21,33	17,30
17	19,59	14,96
18	17,39	13,08
19	15,01	7,66
21	11,84	4,65
22	10,53	4,65
23	9,61	5,27
Promedio 24 horas	17,38	12,32

La concentración mínima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 1,90 µg/m³ a comparación del mes de septiembre que fue 6,58 µg/m³.

La concentración máxima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 34,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a comparación del mes de septiembre que fue 34,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

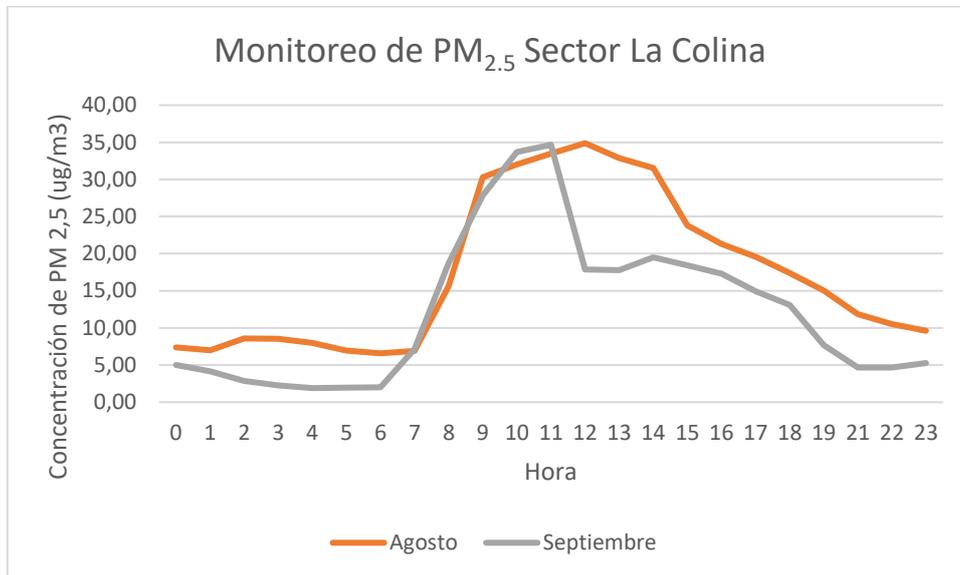
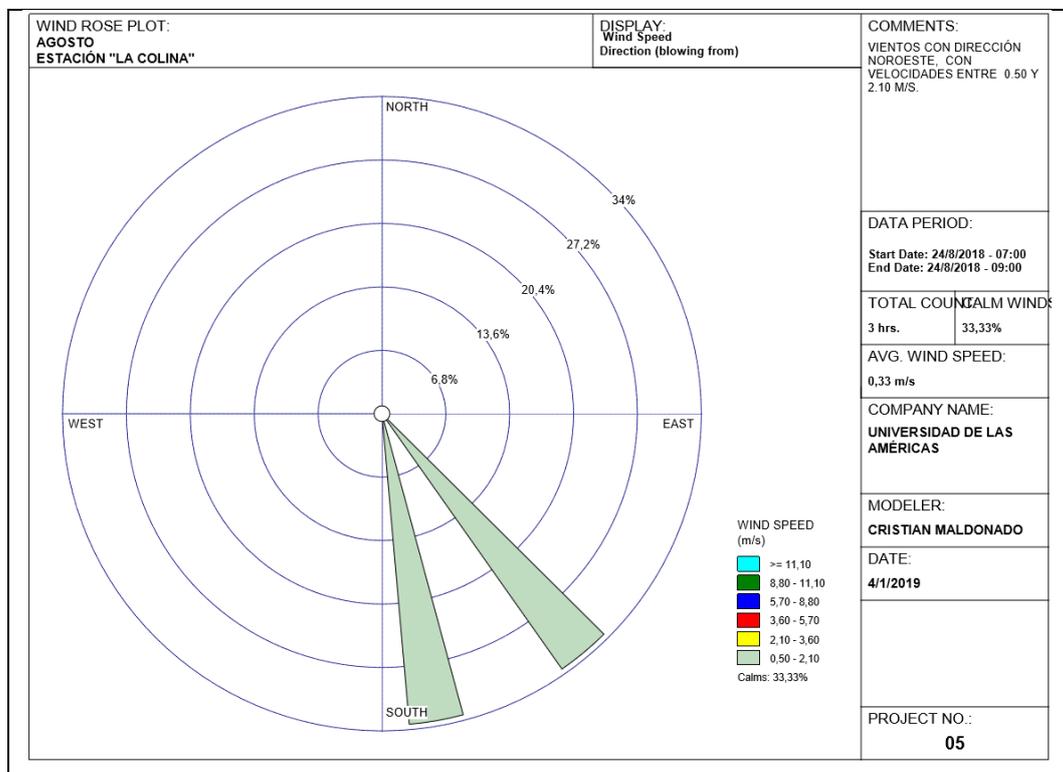


Figura 49. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} entre los meses de agosto y septiembre en el sector de La Colina.

Rosa de los vientos estación “La Colina”.



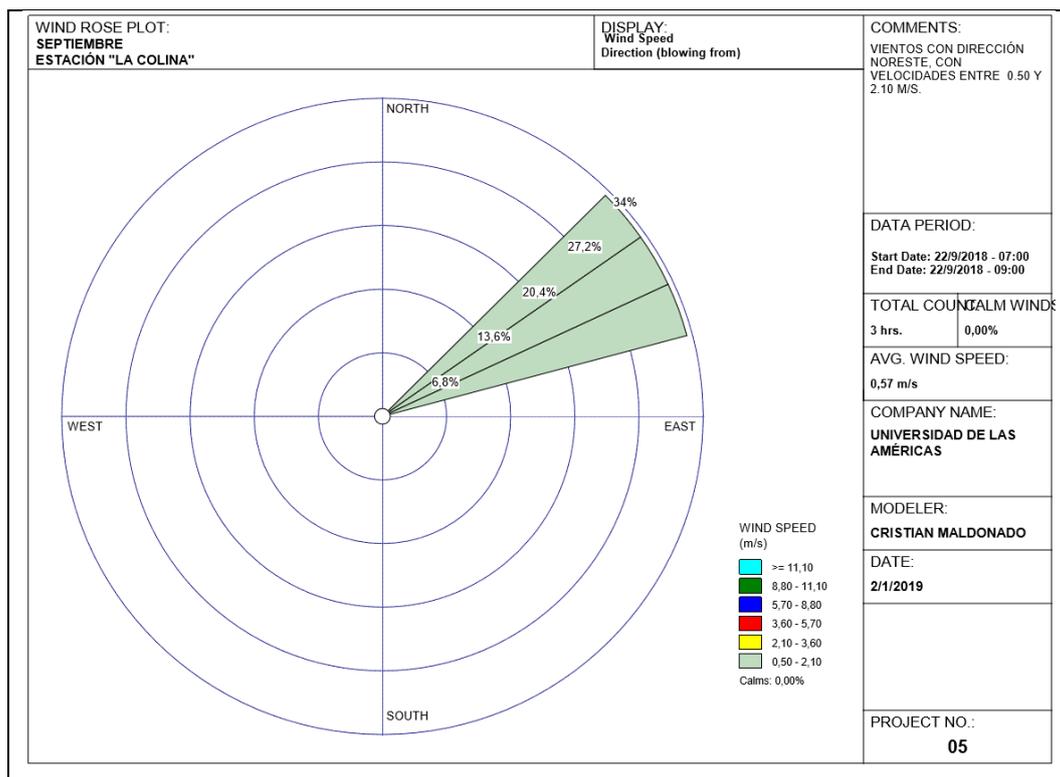


Figura 50. Comparación de las rosas de los vientos entre los meses de agosto y septiembre en el sector de La Colina.

La dirección del viento en el mes de agosto provino desde el sureste hacia el noroeste, con velocidades entre 0.50 y 2.10 m/s. Sin embargo en el mes de septiembre el viento provino desde el noreste hacia el suroeste con velocidades entre 0.20 y 2.10 m/s.

Tabla 38.

Punto 6: sector San Pedro.

Estación San Pedro		
Medición de PM _{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m ³)	Septiembre (µg/m ³)
8	14,32	16,09
9	23,05	19,74
10	34,00	26,58

Estación San Pedro		
Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m³)	Septiembre (µg/m³)
11	37,71	28,09
12	31,21	29,33
13	29,36	30,43
14	27,26	29,15
15	27,59	26,25
16	25,19	24,66
17	17,47	21,37
18	15,51	14,76
19	13,05	11,20
20	9,12	9,46
21	5,84	8,80
22	2,90	8,34
Promedio 24 horas	20,91	20,28

La concentración mínima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 2,90 µg/m³ a comparación del mes de septiembre 8,34 que fue µg/m³.

La concentración máxima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 37,71 µg/m³ a comparación del mes de septiembre que fue 30,43 µg/m³.

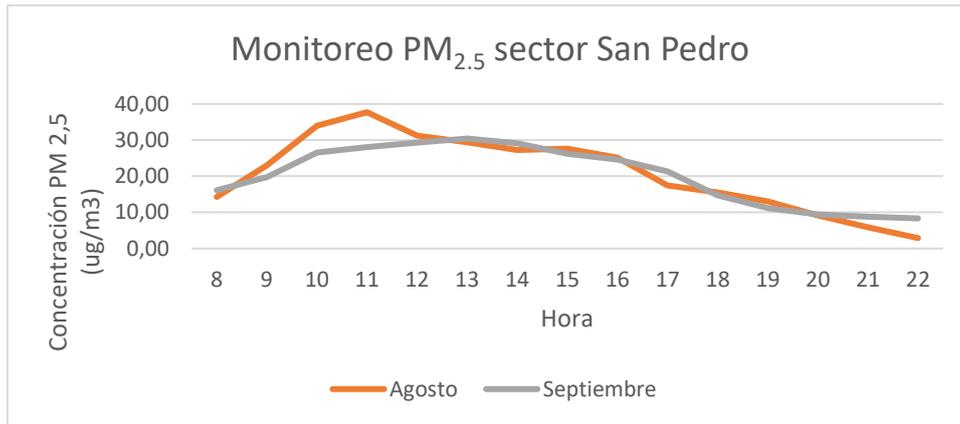
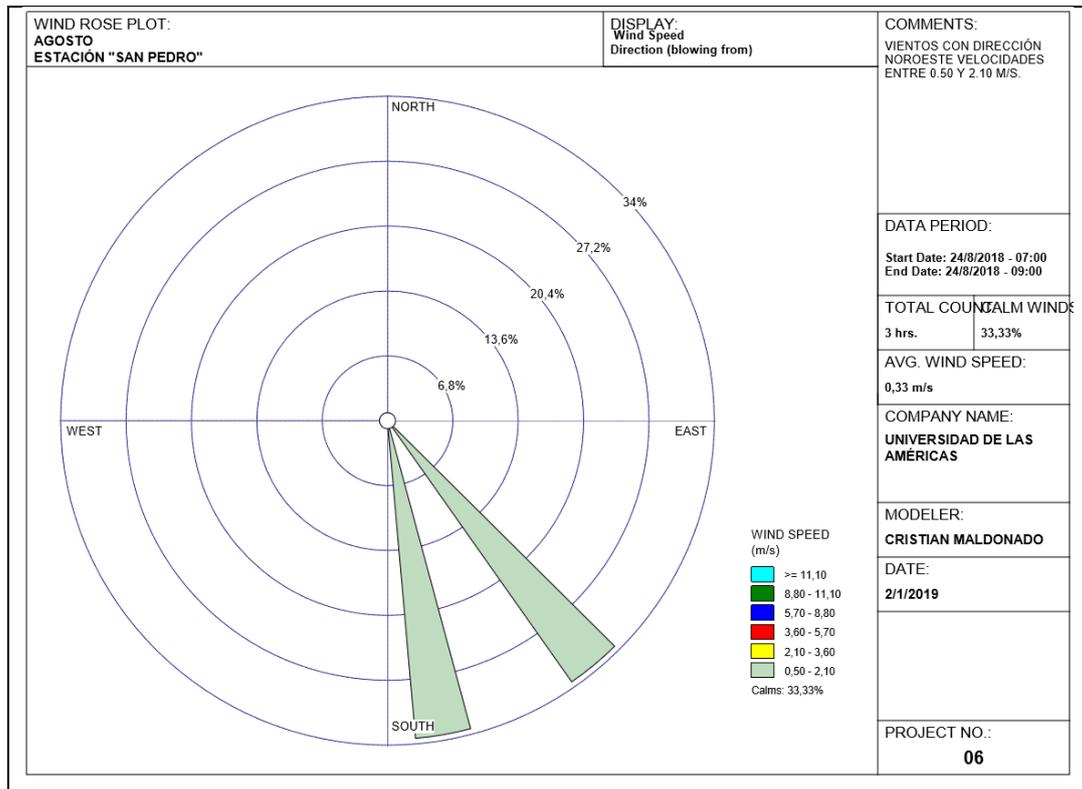


Figura 51. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} entre los meses de agosto y septiembre en el sector de San Pedro.

Rosa de los vientos estación "San Pedro".



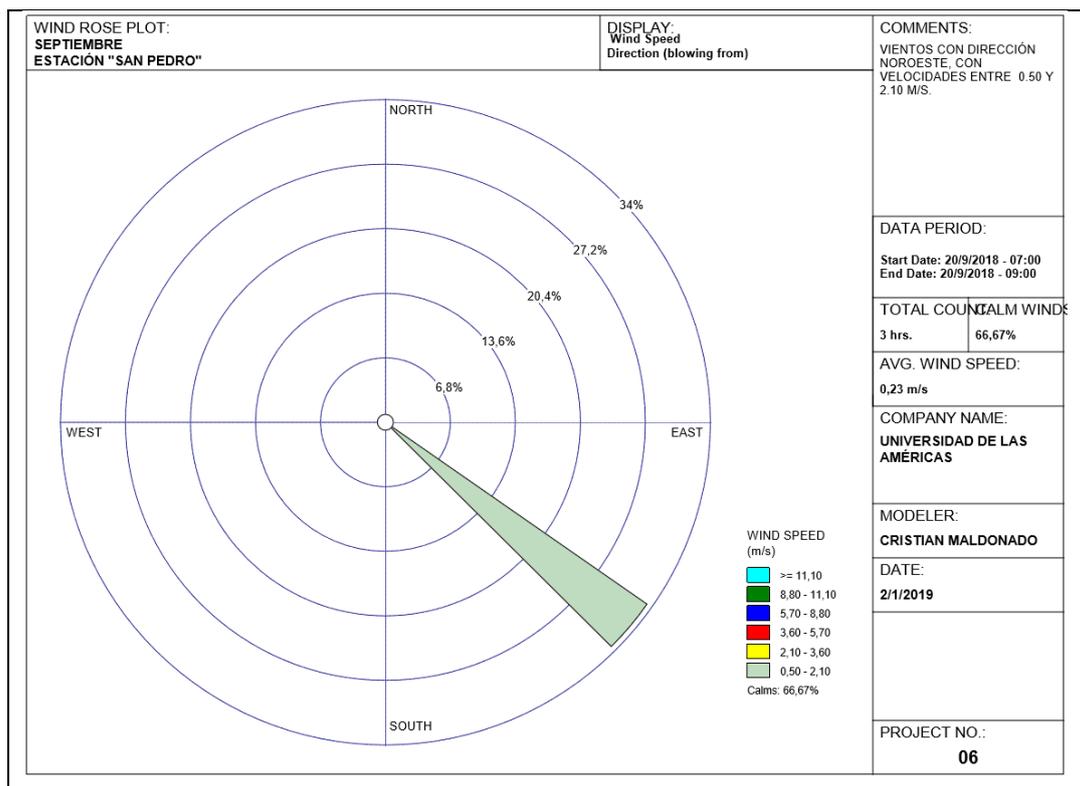


Figura 52. Comparación de las rosas de los vientos entre los meses de agosto y septiembre en el sector de San Pedro.

Durante ambos meses la dirección se mantuvo constante proveniente desde el sureste hacia el noroeste, con velocidades mayores a 0.50 m/s y menores a 2.10 m/s.

Tabla 39.

Punto 7: sector Cotogchoa.

Estación Cotogchoa Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m³)	Septiembre (µg/m³)
0	18,87	8,62
1	18,44	8,06
2	16,12	6,99

Estación Cotogchoa		
Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Septiembre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
3	15,31	6,22
4	14,41	5,28
5	13,16	4,16
6	11,28	1,95
7	12,20	7,96
8	22,95	18,77
9	32,35	26,46
10	32,56	29,20
11	33,57	31,78
12	35,44	35,02
13	36,80	33,19
14	34,58	34,42
15	33,23	33,90
16	32,21	27,34
17	26,34	18,93
18	21,95	15,06
19	20,61	13,88
20	19,86	13,19
21	19,17	8,46
22	18,95	9,95
23	18,96	9,53
Promedio 24 horas	23,30	17,01

La concentración mínima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue $11,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a comparación del mes de septiembre $1,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que fue $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentración máxima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 36,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a comparación del mes de septiembre que fue 35,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

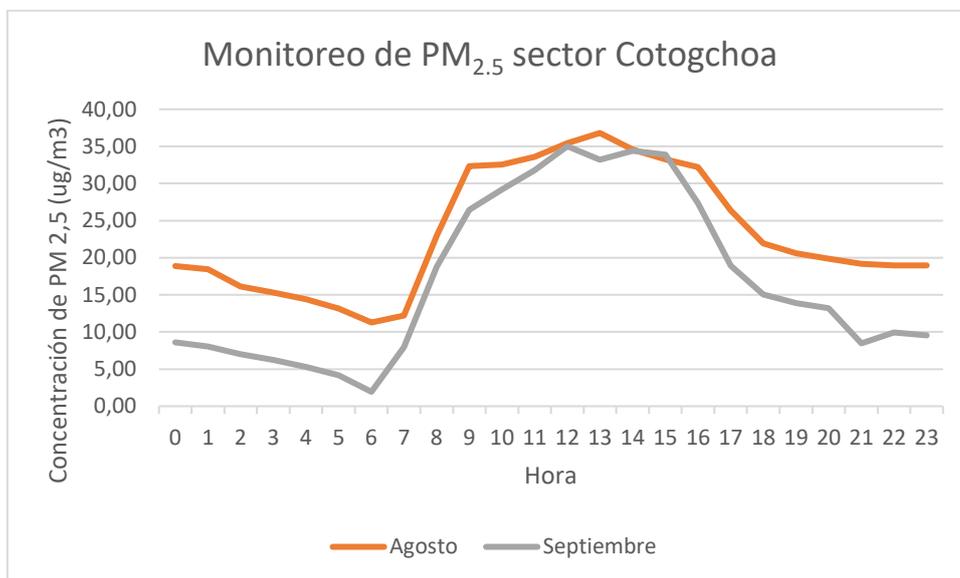
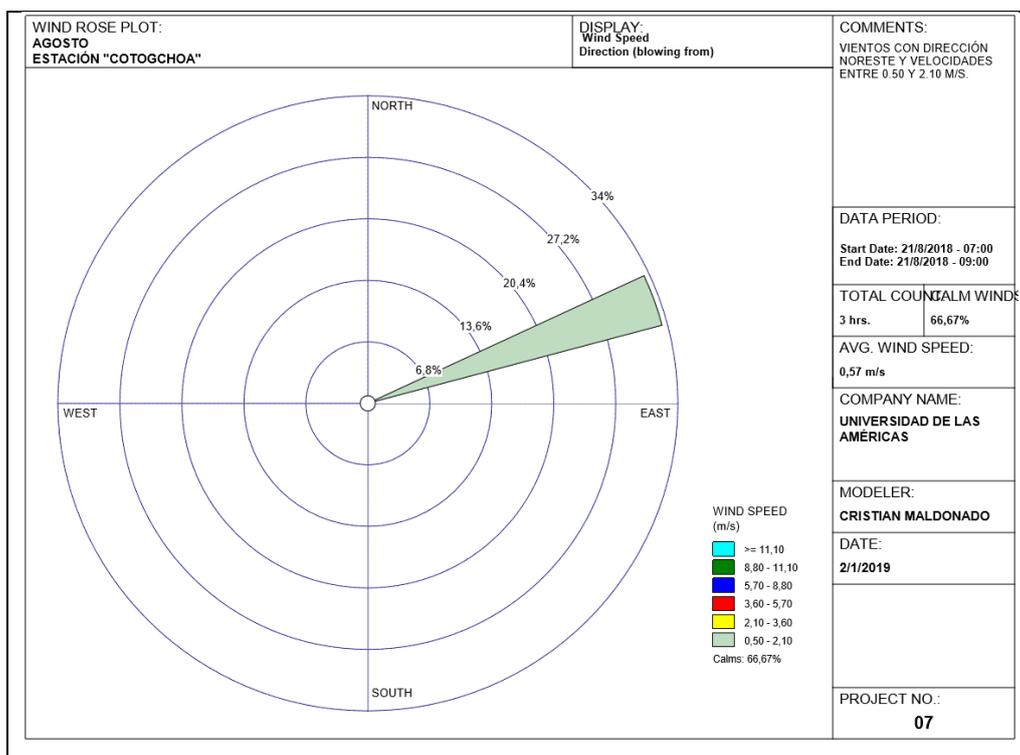


Figura 53. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} entre los meses de agosto y septiembre en el sector de Cotogchoa.

Rosa de los vientos estación "Cotogchoa".



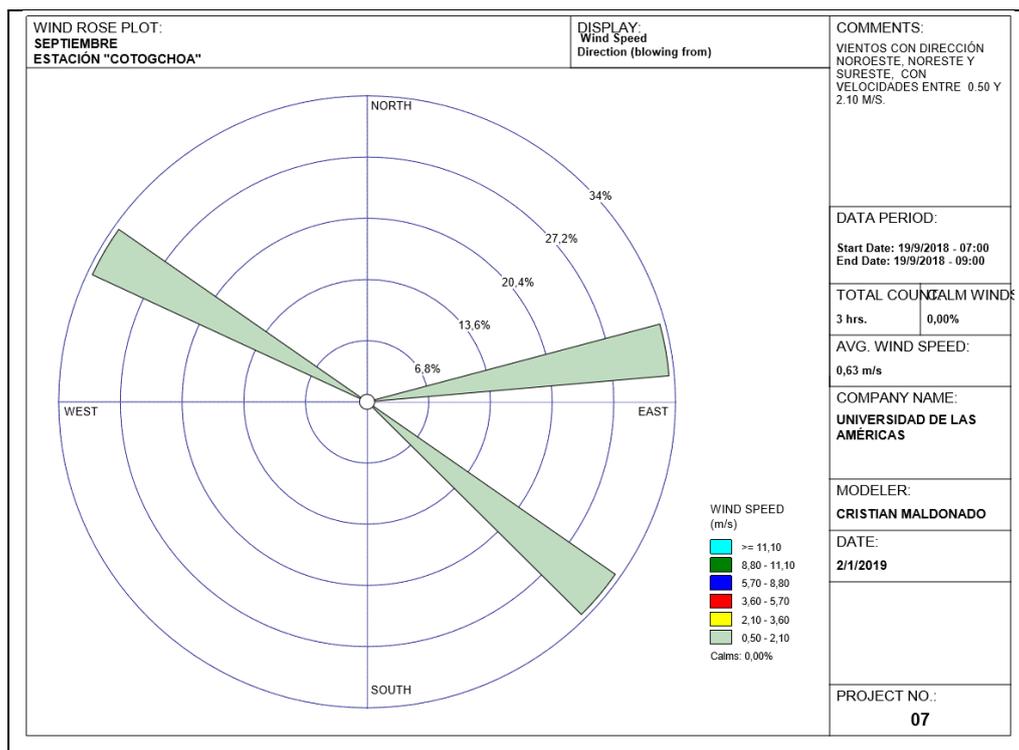


Figura 54. Comparación de las rosas de los vientos entre los meses de agosto y septiembre en el sector de Cotogchoa.

En el mes de agosto la dirección del viento se mantuvo constante proveniente desde el noreste hacia el suroeste, con velocidades entre 0.50 y 2.10 m/s. Mientras que en el mes de septiembre la dirección del viento varió respecto al mes anterior y provino desde el noreste, sureste y noroeste, con velocidades entre 0.50 y 2.10 m/s.

Tabla 40.

Punto 8: sector Centro Sangolquí.

Estación Centro Sangolquí		
Medición de PM _{2.5}		
Hora	Agosto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Septiembre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0	15,45	1,82

Estación Centro Sangolquí		
Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m³)	Septiembre (µg/m³)
7	10,48	2,77
8	19,16	14,45
9	25,29	31,18
10	25,97	35,78
11	36,79	38,14
12	38,72	34,30
13	35,03	26,50
14	32,56	27,69
15	32,90	23,12
16	29,95	21,48
17	28,71	13,33
18	23,95	10,87
19	19,23	11,00
20	13,03	8,76
21	12,25	8,45
22	13,07	5,95
23	14,84	0,75
Promedio 24 horas	24,23	18,50

La concentración mínima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 10,48 µg/m³ a comparación del mes de septiembre 0,75 que fue µg/m³.

La concentración máxima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 38,72 µg/m³ a comparación del mes de septiembre que fue 38,14 µg/m³.

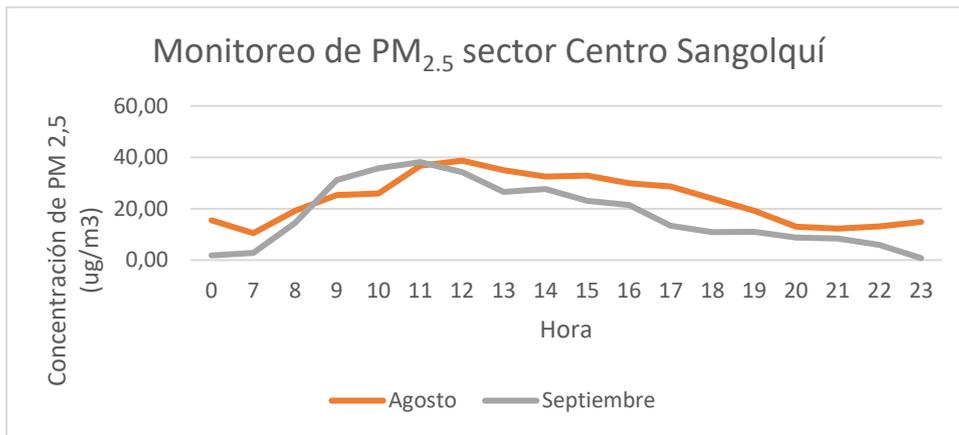
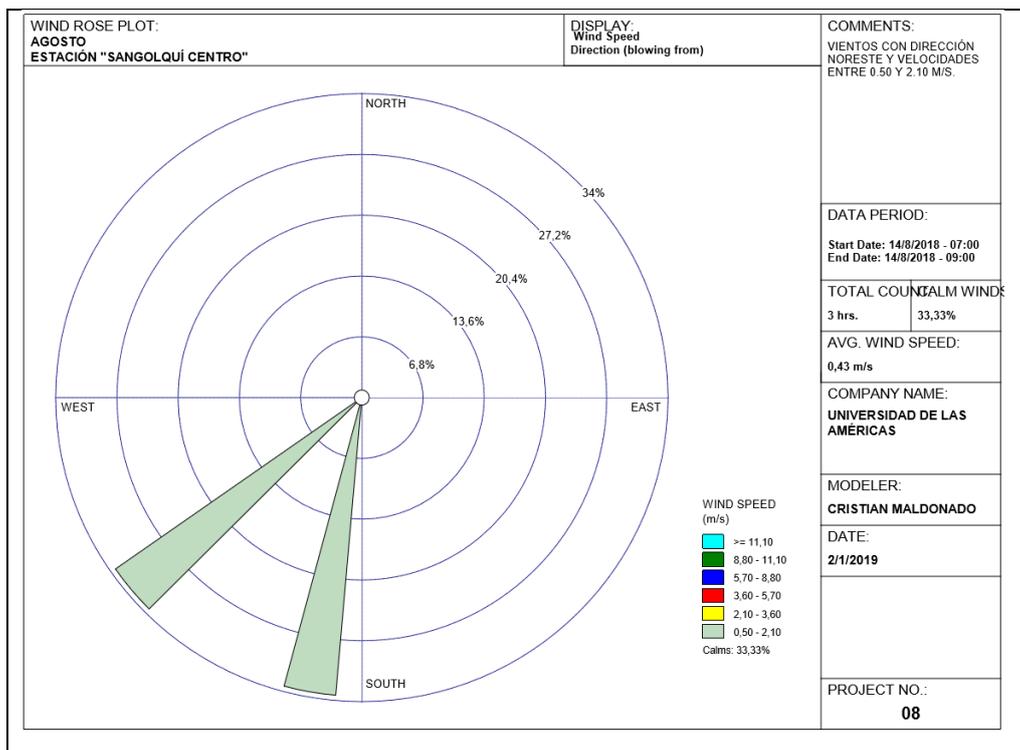


Figura 55. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} entre los meses de agosto y septiembre en el sector Centro Sangolquí.

Rosa de los vientos estación "Centro Sangolquí".



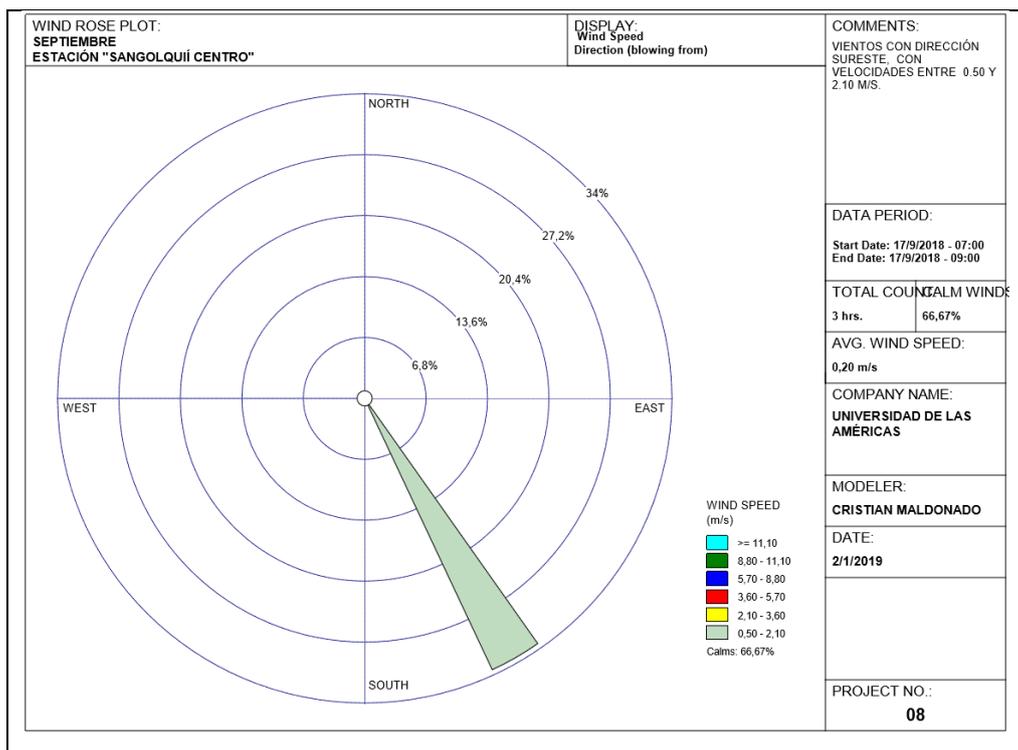


Figura 56. Comparación de las rosas de los vientos entre los meses de agosto y septiembre en el sector Centro Sangolquí.

En el mes de agosto la dirección del viento provino desde el suroeste hacia el noreste, con velocidades mayores a 0.50 m/s y menores a 2.10 m/s. Sin embargo en el mes de septiembre la dirección cambió hacia el noroeste, viniendo desde el sureste.

Tabla 41.

Punto 9: sector San Rafael.

Estación San Rafael		
Medición de PM _{2.5}		
Hora	Agosto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Septiembre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0	16,30	7,35
1	15,46	8,54

Estación San Rafael		
Medición de PM_{2.5}		
Hora	Agosto (µg/m³)	Septiembre (µg/m³)
2	15,41	8,18
3	15,22	7,37
4	15,13	6,44
5	16,65	5,22
6	16,92	2,74
7	19,30	5,13
8	29,95	12,90
9	36,77	16,83
10	41,88	21,42
11	40,73	26,17
12	36,81	29,67
13	42,54	36,95
14	40,90	38,05
15	41,10	36,44
16	37,60	27,09
17	30,65	20,58
18	25,13	16,75
19	22,61	13,90
20	20,16	10,84
21	19,78	7,62
22	19,24	6,97
23	17,85	5,69
Promedio 24 horas	26,86	16,15

La concentración mínima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 15,13 µg/m³ a comparación del mes de septiembre que fue 2,74 µg/m³.

La concentración máxima de material particulado 2.5 registrada en el mes de agosto fue 42,54 µg/m³ a comparación del mes de septiembre que fue 38,05 µg/m³.

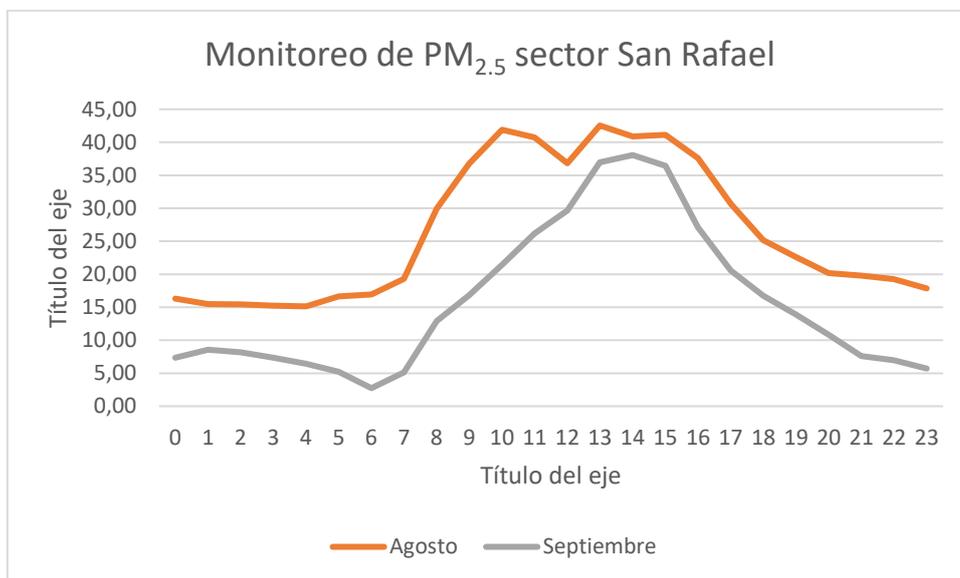
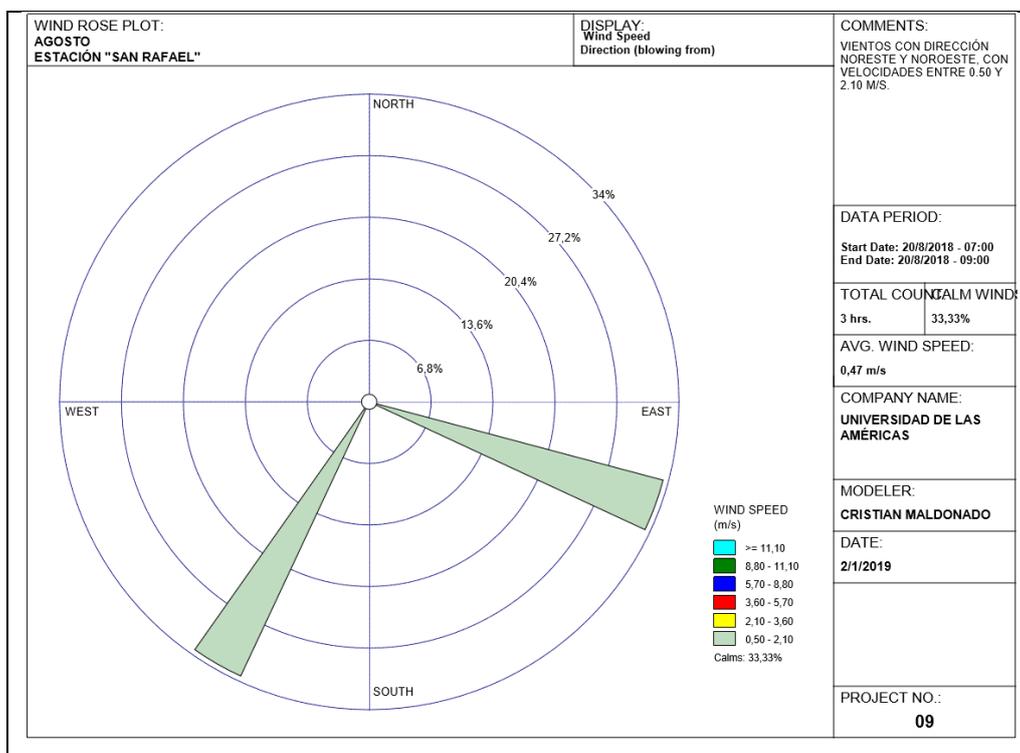


Figura 57. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} entre los meses de agosto y septiembre en el sector de San Rafael.

Rosa de los vientos estación "San Rafael".



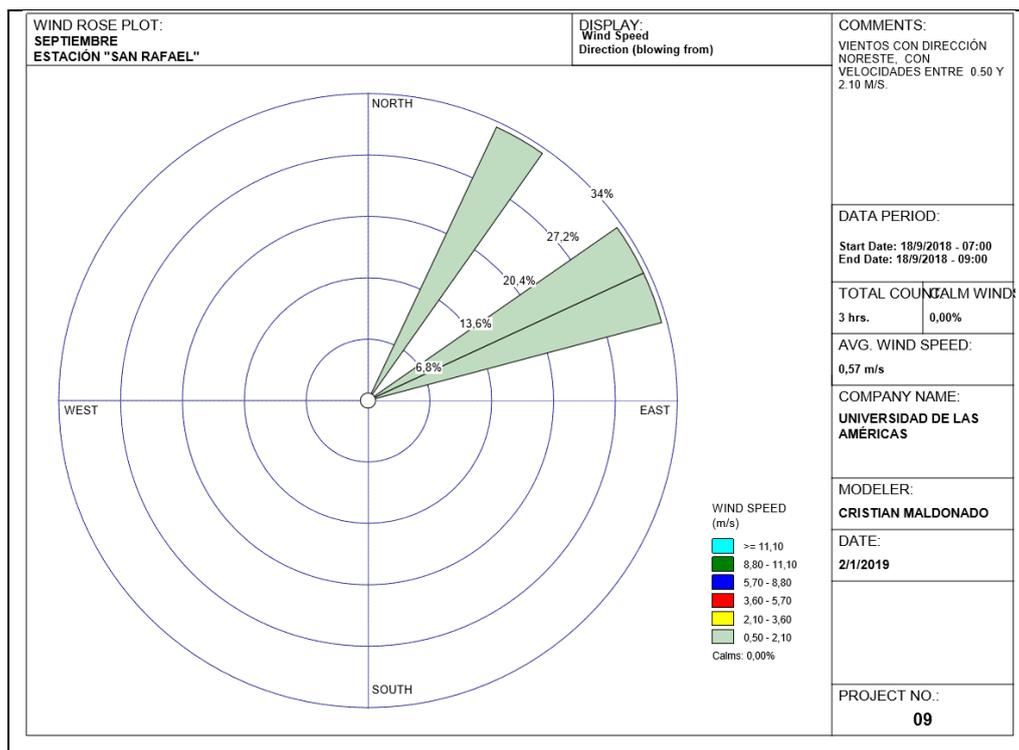


Figura 58. Comparación de las rosas de los vientos entre los meses de agosto y septiembre en el sector San Rafael.

La dirección del viento en el mes de agosto provino desde el sureste y suroeste con velocidades entre 0.50 y 2.10 m/s. En el mes de septiembre la dirección del viento cambió proveniente desde el noreste con velocidades entre 0.50 y 2.10 m/s.

4.10 Comparación de los resultados con la normativa nacional vigente

Mes de Agosto

Tabla 42.

Comparación del promedio de 24 horas de las concentraciones de los 9 puntos de monitoreo de PM_{2.5} del mes de agosto con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire y la Organización Mundial de la Salud.

N°	Puntos de Monitoreo	Concentración (µg/m ³)	NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD DEL AIRE	Conclusión	ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD	Conclusión
1	Centro Sangolquí	21,84	50	sí cumple	25	sí cumple
2	San Rafael	26,86	50	sí cumple	25	no cumple
3	Cotogchoa	23,30	50	sí cumple	25	sí cumple
4	San Pedro	12,14	50	sí cumple	25	sí cumple
5	La Colina	17,18	50	sí cumple	25	sí cumple
6	Sangolquí Industrial	24,41	50	sí cumple	25	sí cumple
7	Selva Alegre	17,58	50	sí cumple	25	sí cumple
8	Cashapamba	11,51	50	sí cumple	25	sí cumple
9	Fajardo	22,69	50	sí cumple	25	sí cumple

Los picos más altos de contaminación en ambos meses se registraron entre las 7 y 10 de la mañana al igual que el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2006), en su estudio Análisis de las concentraciones de contaminantes ambientales en la zona urbana de Salamanca, Gto.

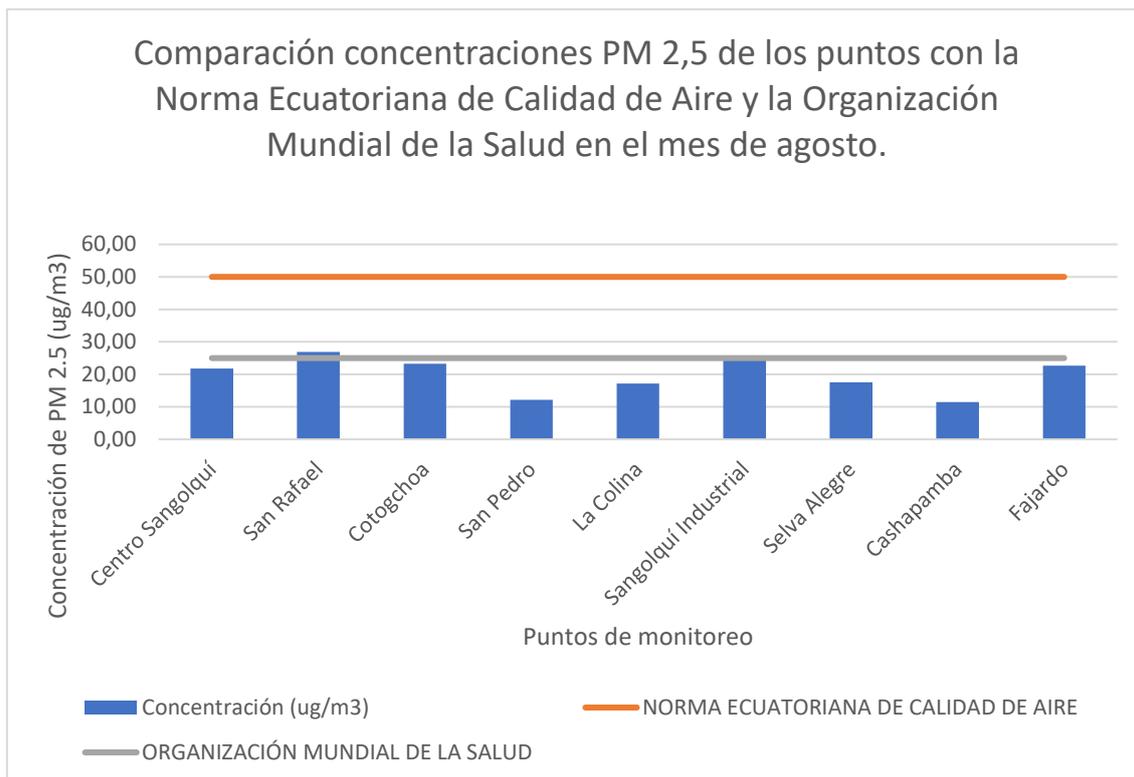


Figura 59. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} del mes de agosto con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire y la OMS.

Las mediciones realizadas de material particulado PM_{2.5} en el mes de agosto, no superaron lo establecido en la Norma Ecuatoriana de Calidad del aire, presentando concentraciones menores a 50 µg/m³, perteneciendo la más alta al sector de San Rafael con 26.86 µg/m³ y la más baja a Cashapamba con 11.51 µg/m³. San Rafael presenta la mayor concentración debido a que es uno de los puntos que presenta mayor congestión y según Linares (2008) los vehículos están relacionados con la presencia de este contaminante, por ende en el mes de agosto al ser un periodo de vacaciones escolares presentó una mayor cantidad de vehículos en las distintas horas.

En lo que respecta al sector de Cashapamba, este se ubica en una zona residencial, en donde por motivos de viaje de los habitantes, arrojó concentraciones bajas durante este mes. Sin embargo, en relación a los valores fijados en las directrices de la OMS, el punto de San Rafael supera el límite máximo para 24 horas igual a 25 µg/m³ con una concentración de 26.86 µg/m³.

Mes de Septiembre

Tabla 43.

Comparación de los 9 puntos de monitoreo de PM_{2.5} del mes de septiembre con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire.

N°	Puntos de Monitoreo	Concentración (µg/m ³)	NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD DE AIRE			Conclusión
			NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD DEL AIRE	Conclusión	ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD	
1	Centro Sangolquí	12,93	50	sí cumple	25	sí cumple
2	San Rafael	16,15	50	sí cumple	25	sí cumple
3	Cotogchoa	17,01	50	sí cumple	25	sí cumple
4	San Pedro	14,26	50	sí cumple	25	sí cumple
5	La Colina	11,79	50	sí cumple	25	sí cumple
6	Sangolquí Industrial	12,75	50	sí cumple	25	sí cumple
7	Selva Alegre	10,36	50	sí cumple	25	sí cumple
8	Cashapamba	16,52	50	sí cumple	25	sí cumple
9	Fajardo	10,59	50	sí cumple	25	sí cumple

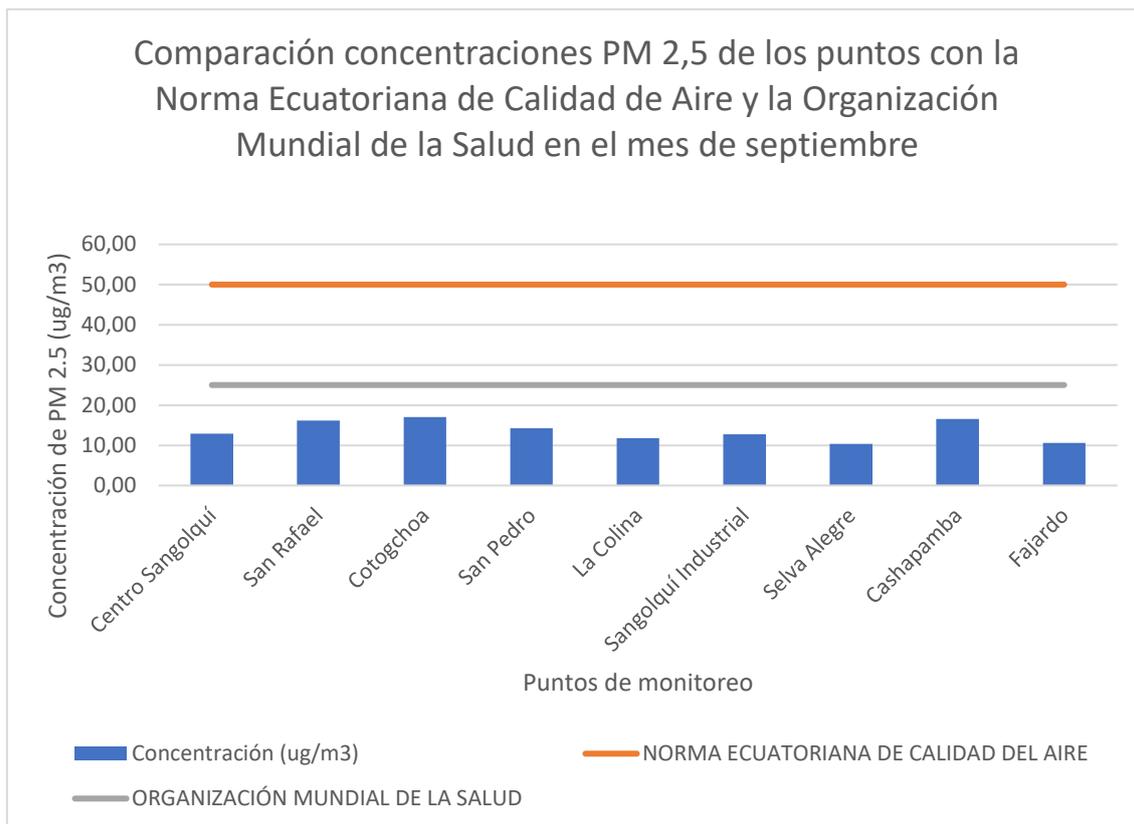


Figura 60. Comparación de las concentraciones de PM_{2.5} del mes de septiembre con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire y la OMS.

En el mes de septiembre, las concentraciones no superaron tanto a la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire como a la OMS, presentando la máxima concentración en el sector de Cashapamba y la mínima en Selva alegre con 10.36 µg/m³.

El sector de Cashapamba al ubicarse cerca de la carretera E 35, durante el mes de septiembre presentó un incremento de flujo vehicular producto del regreso a clases, por lo que las concentraciones aumentaron. Sin embargo en el sector de Selva Alegre las concentraciones se mantuvieron bajas debido a que al estar en una zona natural con presencia de árboles. Según Moreno et al (2016), las plantas contribuyen con la retención del material particulado en su superficie, lo que reduce la concentración de este en el ambiente.

4.11 Construcción de rosas de los vientos

Mes de Agosto

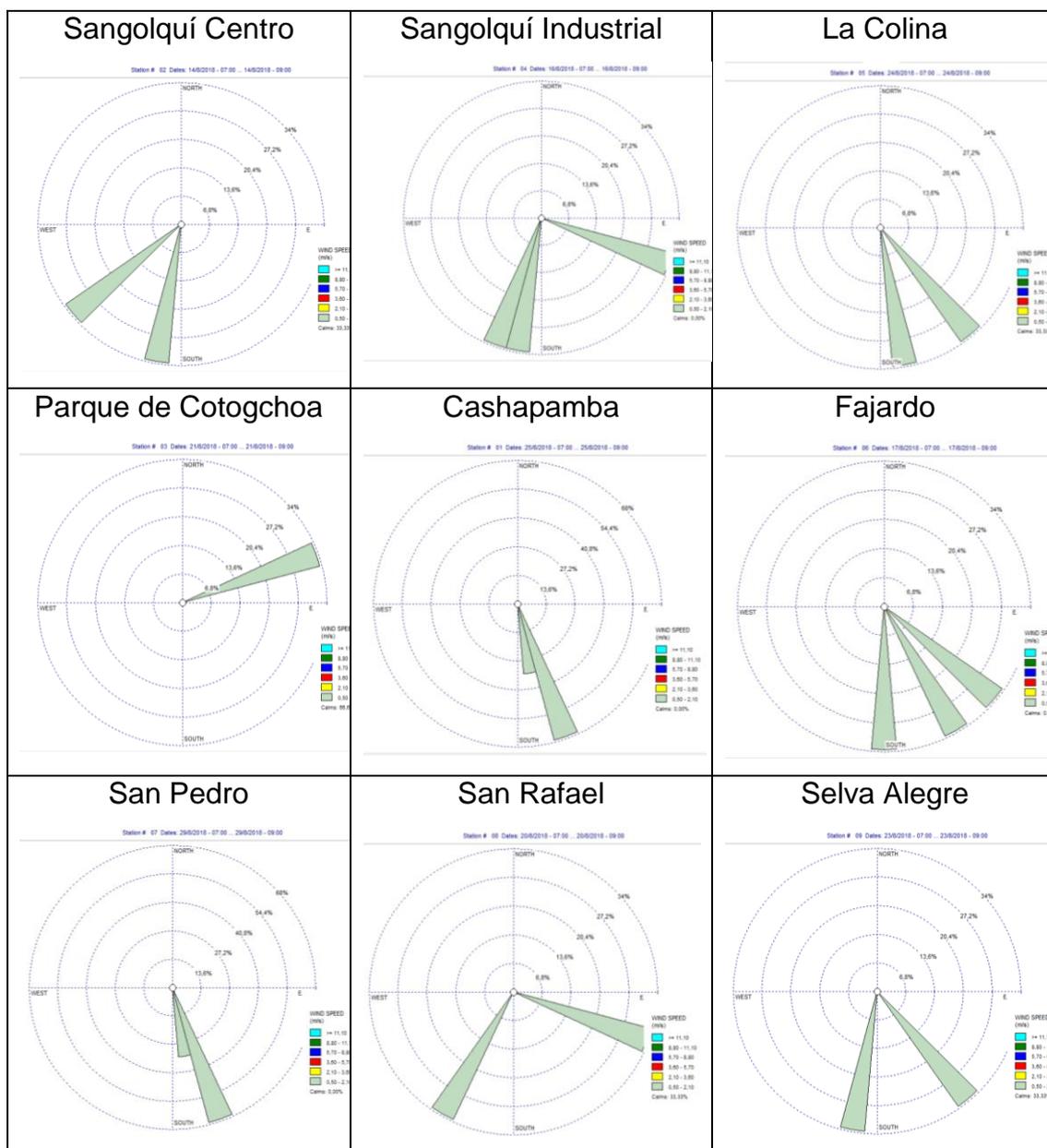


Figura 61. Comparación general de las rosas de los vientos en los 9 puntos de medición durante el mes de agosto.

La dirección del viento durante el mes de agosto se mantuvo predominante viniendo desde el sureste en la mayor parte de las mediciones, lo cual dio lugar

a que los contaminantes se dispersen hacia el noroeste, enviando la contaminación de las zonas industriales hacia los puntos de medición: Sangolquí industrial y San Rafael.

Mes de Septiembre

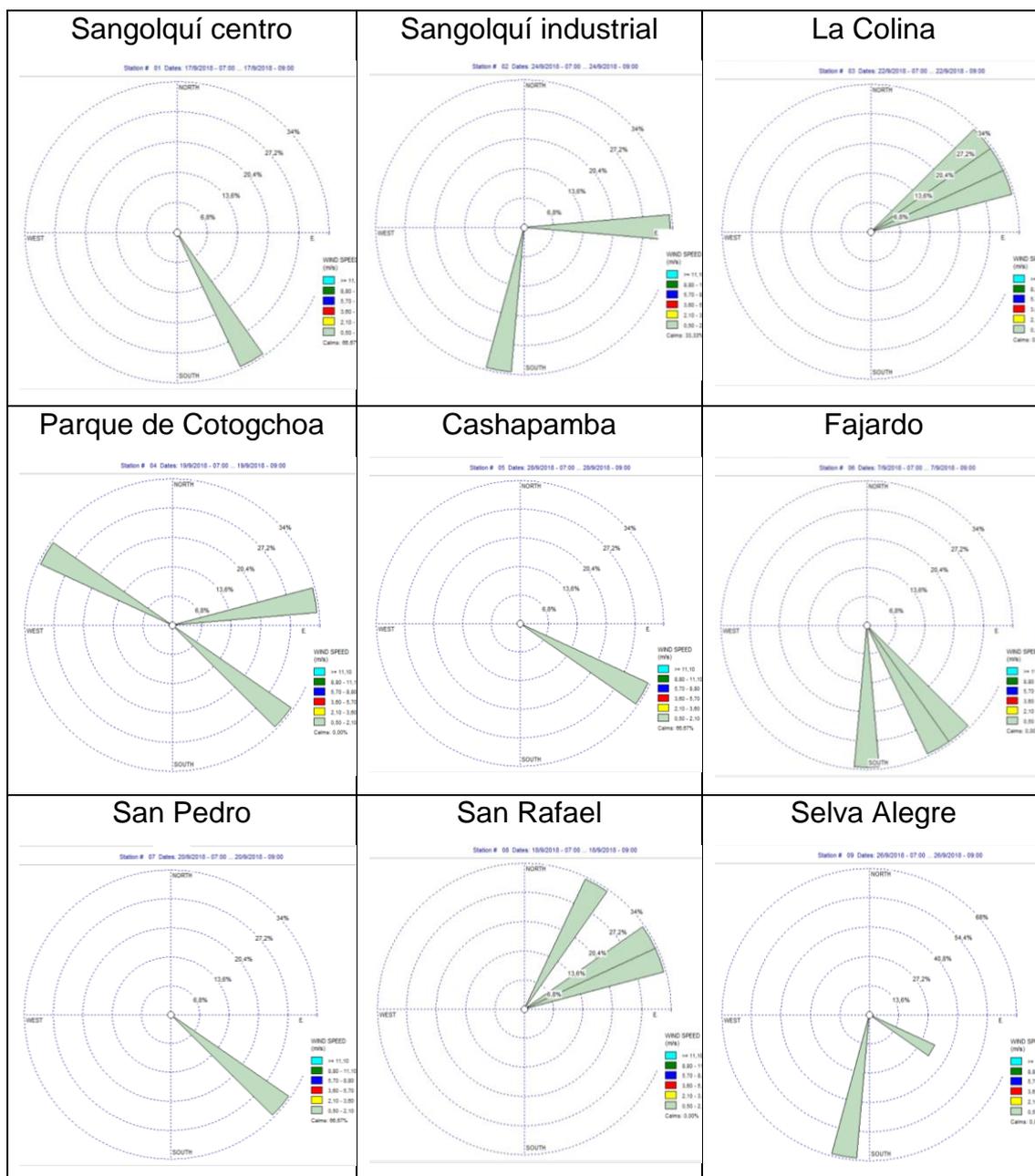


Figura 62. Comparación general de las rosas de los vientos en los 9 puntos de medición durante el mes de septiembre.

La dirección del viento se mantuvo predominante hacia el noroeste durante el mes de septiembre al igual que el mes de agosto, con ligeros cambios hacia el oeste. Enviando la contaminación hacia el sector de Fajardo, Sangolquí industrial y San Rafael.

En los sectores de Sampedro y San Rafael, al presentar velocidades del viento superiores a los demás puntos, sus concentraciones permanecieron estables durante ambos meses de medición, esto se debe a que según Venegas et al (2012) la concentración de un contaminante disminuye al aumentar la velocidad del viento.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El inventario vehicular determinó que en el sector de El Triángulo se obtuvo la mayor concentración de contaminantes con valores de monóxido de carbono igual a $2391.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, óxidos de nitrógeno igual a $497.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, benceno igual a $19.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, partículas $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y dióxidos de azufre igual a $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Con un total de 46 industrias, el inventario industrial dio como resultado que las industrias que generan mayor emisión de gases son: Agrícola San Andrés, Panamericana Vial S.A., Franz Viegener, Reybanc, Testil San Pedro y Juris.

La dirección y velocidad del viento si influyó en las mediciones de material particulado menor a 2.5 micras, debido a que a pesar de que el punto Cotogchoa se encuentra ubicado colindante con él área rural del cantón, registró una concentración de $23.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que en relación a las demás estaciones cuenta con un valor alto, esto se produjo por el arrastre de los contaminantes desde la zona industrial del cantón por efecto de la dirección y velocidad del viento.

De los 5 puntos que existen en la actualidad ubicados por el municipio de Rumiñahui, los punto: Sangolquí centro, San Rafael, Cotogchoa y San Pedro, no requieren ser reubicados debido a que se encuentran correctamente colocados en la dirección y velocidad del viento. Sin embargo se debe tomar en cuenta el punto se Sangolquí industrial ya que se encuentra rodeado de industrias y puede arrojar resultados erróneos en las horas con más actividad industrial ya que la calidad el aire deber ser medida como una inmisión.

5.2 Recomendaciones

Se debería continuar con el monitoreo de los demás contaminantes como el material particulado menor a 10 micras PM_{10} .

Se recomienda analizar las concentraciones del material particulado menor a 2.5 micras a nivel de la calle y la tasa de dosis que reciben los habitantes del sector de Rumiñahui.

Se debería realizar el mismo estudio en otros meses del año para poder comparar las diferencias debido a que el comportamiento de la dirección y velocidad del viento varía en los distintos meses del año.

REFERENCIAS

- Arciniégas, C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10*. Recuperado el 14 de junio de 2018 de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>
- Cambal, L. (2015). *An appraisal of NOx passive sampling*. (Doctoral dissertation, University of Pittsburgh). Recuperado el 16 de junio de 2018 de http://dscholarship.pitt.edu/24489/1/Cambal_Dissertation_ETD_4_2015.pdf
- ChammiReddy, A. K. R., y Karthikeyan, J. (2016). *Development of wind rose diagrams for Kadapa region of Rayalaseema*. International Journal of ChemTech Research Vol, 9, 60-64. Recuperado el 17 de agosto de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/299452660_Development_of_wind_rose_diagrams_for_Kadapa_region_of_Rayalaseema
- Commission for Environmental Cooperation. El mosaico del América del Norte panorama de los problemas ambientales más relevantes. Recuperado el 13 de Junio de 2018 de <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2349north-american-mosaic-overview-key-environmental-issues-es.pdf>
- Dipak, S., y Sayyad, A. (2016). *Weather Monitoring Station: A Review*. Journal of Engineering Research and Application. Recuperado el 2 de julio de 2018 de http://www.ijera.com/papers/Vol6_issue6/Part%20%201/L0606015560.pdf
- Dirección General de Salud Ambiental. (2005). Resultados del Inventario de emisiones de fuentes fijas cuenca atmosférica de la ciudad de LimaCallao. Recuperado el 5 de diciembre de 2018 de http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/inventario_aire/fuentes_fijas/Informe%20Inventario%20FUENTES%20FIJAS%20Lima-Callao1.pdf
- Duque, J. (s.f). Sobre los efectos de la Contaminación Atmosférica en la Salud (Basado en el texto Clean the air for children, UNICEF, 2016). Recuperado el 22 de octubre de 2018 de

<http://www.eafit.edu.co/minisitios/calidadaire/Documents/contaminacion-efectos-salud.pdf>

- Dzierzanowski, K., Popek, R., Gawronska, H., Saebo, A., y Gawronski. (2011). *Deposition of Particulate Matter of Different Size Fractions on Leaf Surfaces and in Waxes of Urban Forest Species*. Recuperado el 22 de octubre de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/51697663_Deposition_of_Particiulate_Matter_of_Different_Size_Fractions_on_Leaf_Surfaces_and_in_Waxes_of_Urban_Forest_Species
- EPA. (2017). *Air quality management process cycle*. Recuperado el 13 de diciembre de 2018 de <https://www.epa.gov/air-quality-managementprocess/air-quality-management-process-cycle>
- EPA. (2018). *Air monitoring measuring and emissions research*. Recuperado el 15 de diciembre de 2018 de <https://www.epa.gov/air-research/airmonitoring-measuring-and-emissions-research>
- Fernández, I. (2015). Estudio de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en la comarca de la Safor (2010-2014): ingresos hospitalarios respiratorios y cardiacos. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 2 de julio de 2018 de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/57910/FERN%C3%81NDEZ%20%20EFECTOS%20DE%20LA%20CONTAMINACI%C3%93N%20A%20TMO%20SF%C3%89RICA%20SOBRE%20LA%20SALUD%20EN%20LA%20COMARCA%20DE%20LA%20SAFOR%3A%20ING....pdf?sequence=3>
- Forbes, P. y Garland, R. (2016). *Outdoor air pollution*. Elsevier. Recuperado el 13 de diciembre de 2018 de <http://researchspace.csir.co.za/dspace/handle/10204/9224>
- García, M., Ulloa, H., Ramírez, H., Fuentes, M., Arias, S., y Espinosa, M. (2014). Comportamiento de los vientos dominantes y su influencia en la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. Recuperado el 19 de octubre de 2018 de <http://www.reibci.org/publicados/2014/julio/2200120.pdf>

- Gobierno Autónomo Descentralizado de Rumiñahui. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012-2015. Recuperado el 14 de junio de 2018 de http://www.ruminahui.gob.ec/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=30:2014-2019&id=2:plan-de-desarrollo-yordenamiento-territorial&Itemid=159&lang=es
- Górecki, T., y Namiesnik, J. (2002). *Passive sampling. TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 21(4), 276-291. Recuperado el 4 de julio de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/256998278_Passive_Sampling/download
- Guevara, j. (2013). Cuantificación del perfil del viento hasta 100 m de altura desde la superficie y su incidencia en la climatología eólica. Universidad Central de Venezuela. Recuperado el 18 de diciembre de 2018 de <https://www.redalyc.org/html/721/72130181006/>
- Hoek, G., Krishnan, R. M., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., y Kaufman, J. D. (2013). *Long-term air pollution exposure and cardiorespiratory mortality: a review*. *Environmental health*, 12(1), 43. Recuperado el 12 de junio de 2018 de <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-12-43>
- Institute for Health Metrics and Evaluation's Global Burden of Disease Project. (2017). *State of Global Air: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and It's*. Recuperado el 5 de julio de 2018 de https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/SOGA2017_report.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2016). Análisis de las concentraciones de los contaminantes ambientales en la zona urbana de Salamanca, Gto. Recuperado el 27 de octubre de 2018 de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/196810/1__Informe_calidad_del_aire_Salamanca__MLEF.pdf
- Instituto Nacional de Ecología. (2012). Manual 1: Principios de Medición de la Calidad del Aire. Recuperado el 5 de julio de 2018 de <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador. Recuperado el 18 de diciembre de 2018 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-censo-2010/>
- Linares, C. y Días, J. (2008). Un buen indicador de la contaminación urbana por causas antropogénicas Las PM 2.5 y su afección a la salud. Recuperado el 4 de octubre de 2018 de https://www.um.es/estructura/servicios/sprevencion/cseguridad/documentos/EE_58_PM25.pdf
- Marínez, A. P., y Romieu, I. (1997). Introducción al Monitoreo Atmosférico. México D.F.
- Méndez, J., Pinto, L., Galvis, B., y Pachón, J. (2017). Estimación de factores de emisión de material particulado resuspendido antes, durante y después de la pavimentación de una vía en Bogotá. Recuperado el 25 de octubre de 2018 de <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v27n1/v27n1a03.pdf>
- Mestre, G., Ruano, A., Duarte, H., Silva, S., Khosravani, H., Pesteh, S., y Horta, R. (2015). *An intelligent weather station*. *Sensors*, 15(12), 31005-31022. Recuperado el 3 de julio de 2018 de <https://www.mdpi.com/14248220/15/12/31005>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Guía Para la elaboración de Inventarios de Emisiones Atmosféricas. Recuperado el 5 de julio de 2018 de http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/documentos_relacionados/GUIA_PARA_LA_ELABORACION_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSFERICAS.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de Operación de Sistemas de la Calidad del Aire. Recuperado el 6 de julio de 2018 de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d4f3d-b210-011a45f3ee88>

- Ministerio de Ambiente. (2013). Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro. Recuperado el 7 de julio de 2018 de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>
- Ministerio del Ambiente de Perú. (s.f.). Guía N°1: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero sector energía. Recuperado el 10 de julio de 2018 de <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-ndeg1elaboracion-reporte-anual-gases-efecto-invernadero-sector>
- Morales, R. G. (2006). Contaminación atmosférica urbana: episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago. Editorial Universitaria. Recuperado el 14 de agosto de 2018 de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=HdeX6SWHBW8C&oi=fnd&pg=PA11&dq=Contaminaci%C3%B3n+atmosf%C3%A9rica+urbana+Episodios+cr%C3%ADticos+de+contaminaci%C3%B3n+ambiental+en+la+ciudad+de+Santiago&ots=SIOBaONx4G&sig=KRAR2j7mT9N5SAGq6MBwqE58BU0#v=onepage&q=Contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20urbana%20Episodios%20cr%C3%ADticos%20de%20contaminaci%C3%B3n%20ambiental%20en%20la%20ciudad%20de%20Santiago&f=false>
- Moreno, G., Martínez, E., Duplancic, A., y Alcalá, J. (2016). Frecuencia de diferentes tamaños de material particulado en hojas de *Morus alba* en el arbolado urbano de Mendoza (Argentina). Recuperado el 14 de octubre de 2018 de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185273292016000100001
- Narvaez, V. M. A., Quiñones-Bolaños, E., Bolaños, M. H., Suárez, C. A., Berdugo, J., y Rivas, I. D. R. (2016). Metodología para la selección de sitios de monitoreo atmosférico en zonas urbanas afectada por las emisiones de fuentes móviles. *Revista UIS Ingenierías*, 15(2), 73-84.

- Recuperado el 7 de diciembre de 2018 de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6299704.pdf>
- Querol, X., Alastuey, A., Rodriguez, S., Plana, F., Mantilla, E., & Ruiz, C. R. (2001). *Monitoring of PM₁₀ and PM_{2.5} around primary particulate anthropogenic emission sources*. *Atmospheric Environment*, 35(5), 845-858. Recuperado el 7 de octubre de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/223381807_Monitoring_of_PM_10_and_PM25_around_primary_particulate_anthropogenic_emission_sources
- Quijano, A. y Orozco, J. A. (2005). Monitoreo de material particulado-fracción respirable (PM 2.5) en Pamplona (Colombia). *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3(2). Recuperado el 11 de junio de 2018 de <https://www.redalyc.org/html/903/90330201/>
- Romero, H., Irarrázaval, F., Opazo, D., Salgado, M., y Smith, P. (2010). Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. *EURE (Santiago)*. Recuperado el 10 de junio de 2018 de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/eure/v36n109/art02.pdf>
- Ruiz, D. (2015). *Mantenimiento calibración y operación de las estaciones de monitoreo instaladas en la ciudad de Antofagasta, para la vigilancia de la calidad del aire de los contaminantes material particulado respirable (mp₁₀), plomo (pb) y material particulado sedimentable*. SERPRAM S.A. Secretaría de Ambiente de Quito. (2015). *Informe Calidad del Aire 2014*. Recuperado el 19 de agosto de 2018 de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/iqca_2014.pdf
- Secretaría de Ambiente de Quito. (2018). *Red de monitoreo atmosférico*. Recuperado el 14 de diciembre de 2018 de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-yplaneacion-ambiental/red-de-monitoreo>
- Secretaría de Ambiente. (2011). *Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire*. Recuperado el 16 de junio de 2018 de

http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). Calidad del aire: una práctica de vida. Recuperado el 10 de junio de 2018 de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>

Shoji, T. (2006). *Statistical and geostatistical analysis of wind: a case study of direction statistics*. Computers & geosciences, 32(8), 1025-1039. Recuperado el 21 de agosto de 2018 de <http://www.isprs.org/proceedings/xxxiv/part4/pdfpapers/401.pdf>

Tomassetti, Z. (s.f). Impacto ambiental del transporte urbano en el Gran Mendoza resultados preliminares sobre los beneficios de descontaminar el aire. Recuperado el 18 de agosto de 2018 de <https://aaep.org.ar/espa/anales/works05/tomassetti.pdf>

TROPOSFERA. (2005). Modelo de Street Canyon. Recuperado el 18 de diciembre de 2018 de <http://www.troposfera.org/herramientas/modelo-destreet-canyon/>

United States Environmental Protection Agency . (2004). *The particle pollution report: current understanding of air quality and emissions through 2003*. Research Triangle Park, NC, US Environmental Protection Agency. Recuperado el 25 de agosto de 2018 de https://www.epa.gov/sites/production/files/201711/documents/pp_report_2003.pdf

United States Environmental Protection Agency. (2014). *Passive Samplers for Investigations of Air Quality: Method Description, Implementation, and Comparison to Alternative Sampling Methods*. Engineering Issue. Recuperado el 27 de agosto de 2018 de <https://clu.in.org/download/issues/vi/VI-passive-samplers-600-R-14-434.pdf>

United States Environmental Protection Agency. (2015). *Criteria Air Pollutants*. Recuperado el 2 de septiembre de 2018 de

https://www.epa.gov/sites/production/files/201510/documents/ace3_criterio_air_pollutants.pdf

United States Environmental Protection Agency. (2018). *Particulate Matter (PM) Pollution*. Recuperado el 5 de diciembre de 2018 de <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Vaca, C. (2011). Informe Final Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio. Obtenido el 17 de diciembre de 2018 de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/phocadownload/cambio_climatico/infor_final_ie_criterio_dmq2011_1.pdf

Vernaza, W., Vélez, P., y Parra, R. (2018). Efecto en la calidad del aire de Quito por el paro de buses del 25 de agosto de 2017. Recuperado el 14 de octubre de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/324672976_Efecto_en_la_calidad_del_aire_de_Quito_debido_al_paro_de_buses_del_25_de_agosto_de_2017

Villamizar, L. A. R., López, A. B. H., Ortiz, H. C., Velázquez, J. N., y Cala, L. M. V. (2010). Incidencia de síntomas respiratorios y su asociación con contaminación atmosférica en preescolares: un análisis multinivel. *Cadernos de Saúde Pública*, 26, 1411-1418. Recuperado el 13 de junio de 2018 de https://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0102311X2010000700020&script=sci_arttext

Winberry, J., Henning, L., y Crume, R. (1998). Plan para una Red de Monitores del Aire Ambiental en Ciudad Acuña y Piedras Negras, Coahuila, México. Midwest Research Institute. Recuperado el 15 de agosto de 2018 de https://www3.epa.gov/ttnca1/cica/files/ambmon_s.pdf

World Health Organization. (1999). *Monitoring ambient air quality for health impact assessment*. Recuperado el 15 de diciembre de 2018 de http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/119674/E67902.pdf

World Health Organization. (2018). *What is air pollution?*. Recuperado el 8 de diciembre de 2018 de

http://www.searo.who.int/topics/air_pollution/whatis-air-pollution.pdf?ua=1

World Health Organization. (2018). WHO Global Ambient Air Quality Database. Recuperado el 7 de febrero de 2018 de <https://www.who.int/airpollution/data/en/>.

Zalakeviciute, R., López, J., y Rybarczyk, Y. (2018). *Contrasted Effects of Relative Humidity and Precipitation on Urban PM_{2.5} Pollution in High Elevation Urban Areas*. Recuperado el 4 de febrero de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/325832718_Contrasted_Effects_of_Relative_Humidity_and_Precipitation_on_Urban_PM25_Pollution_in_High_Elevation_Urban_Areas

Zalakeviciute, R., Rybarczyk, Y., López, J., y Díaz, M. (2017). *Quantifying decade-long effects of fuel and traffic regulations on urban ambient PM_{2.5} pollution in a mid-size South American city*. Recuperado el 5 de febrero de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1309104216305803>

Zhang, H., Xu, T., Zong, Y., Tang, H., Liu, X., y Wang, Y. (2015). *Influence of Meteorological Conditions on Pollutant Dispersion in Street Canyon*. Recuperado el 3 de octubre de 2018 de https://ac.elscdn.com/S1877705815028751/1-s2.0-S1877705815028751main.pdf?_tid=ed13f0cb-f265-4fcd-8b16a941dc429dc6&acdnat=1546617586_c00427cea002fdc03a383ced2ea4713a

ANEXOS

Anexo 1. Filtros de PM 2.5 del mes de agosto y septiembre del equipo Microdust Pro.



Anexo 2. Instalación del equipo Microdust Pro en la estación "Fajardo".



Anexo 3. Instalación del equipo Microdust Pro en la estación “Sangolquí industrial”.



Anexo 4. Instalación del equipo Microdust Pro en la estación “San Pedro”.



Anexo 5. Instalación del equipo Microdust Pro en la estación “Cotogchoa”.



Anexo 6. Instalación del equipo Microdust Pro en la estación “San Rafael”.



Anexo 7. Instalación del equipo Microdust Pro en la estación “Sangolquí centro”.



Anexo 8. Instalación del equipo Microdust Pro en la estación “Cashapamba”.



Anexo 9. Medición de PM 2.5 con equipo Microdust Pro en la estación meteorológica El Camal .



Anexo 10. Equipo Microdust Pro junto a muestreador Thermo Scientific de material particulado PM 2.5 de la Secretaría de Ambiente de Quito.



Anexo 11. Medición de la velocidad y dirección del viento con el equipo anemómetro TSI Airflow TA 430.



