



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} A NIVEL DE CALLES,
PARQUES Y DOMICILIOS EN LOS BARRIOS DE LA JOYA 1, LA JOYA 2, EL
TAMBO, UBICADOS EN LA PARROQUIA DE CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA,
PROVINCIA PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: LINDA GENESIS BUÑAY YAGUACHE

TUTOR: CARLOS ANDRÉS ULLOA VACA

Quito-Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Linda Genesis Buñay Yaguache con documento de identificación N° 1722703962 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 23 de marzo del año 2022

Atentamente,



Linda Genesis Buñay Yaguache
1722703962

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Linda Genesis Buñay Yaguache con documento de identificación N° 1722703962, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo Experimental: “Exposición A Material Particulado Pm2,5 A Nivel De Calles, Parques Y Domicilios En Los Barrios De La Joya 1, La Joya 2, El Tambo, Ubicados En La Parroquia De Cutuglagua, Cantón Mejía, Provincia Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de marzo del año 2022

Atentamente,



Linda Genesis Buñay Yaguache

1722703962

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Andrés Ulloa Vaca con documento de identificación N° 1716457971 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO PM2,5 A NIVEL DE CALLES, PARQUES Y DOMICILIOS EN LOS BARRIOS DE LA JOYA 1, LA JOYA 2, EL TAMBO, UBICADOS EN LA PARROQUIA DE CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA PICHINCHA, realizado por Linda Genesis Buñay Yaguache con documento de identificación N° 1722703962, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de marzo del año 2022

Atentamente,



B.q.F. Carlos Andrés Ulloa Vaca, M.Sc.

1716457971

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la oportunidad de poder terminar un proceso más en mi vida el cual no ha sido fácil, además de mis padres que me dieron la oportunidad de crecer como persona y me permiten culminar con mi investigación.

Agradezco a mis hermanos, por la colaboración que me han brindado a lo largo de mis estudios y las palabras de aliento que me han brindado.

Agradezco al M.Sc. Carlos Ulloa por el acompañamiento en la elaboración de esta investigación y la paciencia para realizar de la misma.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Problema.....	1
1.2 Delimitación.....	2
1.3 Pregunta de Investigación.....	2
1.4 Objetivos.....	2
1.4.1 Objetivo General:.....	2
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	2
1.5 Hipótesis.....	3
2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
2.1 Contaminación del aire.....	3
2.2 Fuentes de contaminación.....	4
2.3 Material Particulado.....	5
2.4 Monitoreo Atmosférico.....	7
2.4.1 Material Particulado y sus efectos en la Salud.....	8
2.4.2 Afectación del material particulado al sistema respiratorio.....	8
2.5 Calidad del aire de acuerdo a la OMS.....	11
2.6 Normativa Ecuatoriana con respecto a la Calidad del Aire.....	11
2.7. Índice de calidad del aire.....	12
2.8. Sensores de bajo costo.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14

3.1 Equipos y Materiales.....	14
3.2. Fase de campo	14
3.3. Monitoreo y Obtención de datos (<i>PM2.5</i>)	15
3.4. Puntos de monitoreo.....	15
3.5 Población.....	16
3.6. Análisis de datos.....	18
3.7 Medidas de tendencia central	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1 Índice de calidad del aire de los barrios y lugares de medición.....	21
4.2 Análisis de la calidad del aire en los diferentes barrios en los meses de octubre a diciembre del 2021.	23
4.3 Percepción ciudadana acerca del material particulado PM 2.5	32
4.4. Discusión.....	40
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
5.1Conclusiones.....	41
5.2 Recomendaciones.....	43
6. BIBLIOGRAFÍA.....	44
7. ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de la OMS para material particulado.	11
Tabla 2. Equipos y materiales	14
Tabla 3. Aplicación utilizada para las mediciones de material particulado.....	14
Tabla 4. Puntos de monitoreo en las casas de los barrios.	15
Tabla 5. Puntos de monitoreo en las calles de los barrios.....	16
Tabla 6. Puntos de monitoreo en las calles de los barrios.....	16
Tabla 7. Horario para las mediciones.....	18
Tabla 8. Barrios, lugares y días de las mediciones.	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Afectación pulmonar por material particulado.....	9
Figura 2. Escala colorimétrica del índice de calidad del aire para PM _{2,5}	13
Figura 3. Comparación de los valores de Material Particulado PM 2,5 entre la REMAAQ y los barrios del cantón mejía.	18
Figura 4. Índice de calidad del aire de las mediciones del barrio el Tambo.....	21
Figura 5. Índice de calidad del aire del barrio la Joya 2	22
Figura 6. Índice de calidad del aire del barrio la joya 1.....	23
Figura 7. Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Tambo	24
Figura 8. Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Tambo.	25
Figura 9 Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Joya 2	26
Figura 10. Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Joya2	27
Figura 11. Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Joya 1.....	28
Figura 12. Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Joya 2.....	29
Figura 13. Caja de Bigotes del Barrio el Tambo.	30
Figura 14. Caja de Bigotes del Barrio el Joya 2.	31
Figura 15. Caja de Bigotes del Barrio el Joya 1 de las tres semanas de mediciones.....	32
Figura 16. Nivel de estudio.....	33
Figura 17. Cual opción relación con "calidad del aire"	33

Figura 18. El tema es importante para usted.....	34
Figura 19. Cuando considera que la calidad del aire es mala	334
Figura 20. Como cree que es la calidad del aire en su barrio	35
Figura 21. Cree que la calidad del aire puede afectar su salud.....	35
Figura 22. Cual/es de las siguientes enfermedades se pueden producir por la exposición diaria a la contaminación del aire	36
Figura 23. Ha tenido o tiene alguna enfermedad relacionada con la contaminación del aire .	37
Figura 24. Conoce algo acerca del contaminante material particulado 2,5	37
Figura 25. Cual considera usted que son las principales fuentes de contaminación del aire..	38
Figura 26. Conoce alguna acción que realice el gobierno y/o municipio con lo que respecta el preservar la calidad del aire	38
Figura 27. Cree usted que vive en un área muy contaminada	39
Figura 28. Cuál es la mayor fuente de contaminación de aire en su barrio	39

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Media.....	20
Ecuación 2. Mediana.....	20
Ecuación 3. Desviación estándar.....	20

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Media, mediana y desviación estándar Tambo 6:30 a 9:35	48
Anexo 2. Media, mediana y desviación estándar Tambo 10:00 a 13:05	48
Anexo 3. Media, mediana y desviación estándar Joya 2 6:30 a 9:35	49
Anexo 4. Media, mediana y desviación estándar Joya 2 10:00 a 13:05	49
Anexo 5. Media, mediana y desviación estándar Joya 1 6:30 a 9:35	50
Anexo 6. Media, mediana y desviación estándar Joya 1 10:00 a 13:05	50
Anexo 7. Mapa de índice de calidad del aire 6h300 a 9h35	51
Anexo 8. Mapa de índice de calidad del aire 10h00 a 13h05	51
Anexo 9. Casa Tambo.....	52
Anexo 10. Calle Tambo.....	52
Anexo 11. Parque Tambo	52
Anexo 12. Casa Joya 2.....	53
Anexo 13. Calle Joya 2.....	53
Anexo 14. Casa Joya 1.....	54
Anexo 15. Calle Joya 1	54
Anexo 16. Parque Joya 1	54
Anexo 17. Sensorian sps 30.....	55

RESUMEN

En la presente investigación, se evaluó el nivel de exposición a material particulado PM 2,5 a la que está expuesta la población de tres diferentes barrios de la parroquia Cutuglagua perteneciente al Cantón Mejía, este contaminante es uno de los más importantes al evaluar la contaminación del aire debido a que son diversas fuentes fijas y móviles las que emiten este tipo de material y además por su probado efecto en problemas de salud.

Para desarrollar este estudio, en el barrio el Tambo se seleccionó tres puntos de muestreo, uno en la casa (sala), una en la calle y otro en el parque así mismo se lo hizo en el barrio la joya 1, mientras que en el barrio joya 2 se seleccionó dos puntos de muestreo, una en la casa (sala) y el otro en la calle. Para el monitoreo de los puntos se lo realizo con dos puntos fijos, en la casa y en la calle, mientras que para el parque se usaron puntos móviles lo cual se lo hizo recorriendo el parque.

Las mediciones se realizaron con un monitor de PM 2,5 construido de forma casera, el mismo que contiene un sensor de bajo costo “sensorian sps30”. Con este equipo se realizó las medias de los datos durante 3 meses y con lo cual se puede obtener las comparaciones de los diferentes lugares y horas de exposición al contaminante en cada barrio.

Los valores obtenidos durante el tiempo en el que se ha realizaron el monitoreo muestran que en general el índice de calidad del aire se mantiene entre “Bueno” y “Regular”, esta información guarda armonía con la percepción ciudadana de la calidad del aire en el sector, que obtuvo una apreciación también de “regular” a “Buena” según la ciudadanía encuestada.

Palabras clave: sensor de bajo costo, material particulado PM 2,5, índice de calidad del aire

ABSTRACT

In the present investigation, the level of exposure to particulate material PM 2.5 to which the population of three different neighborhoods of the Cutuglagua parish belonging to the Mejía Canton is exposed was evaluated, this pollutant is one of the most important when evaluating contamination from the air due to the fact that there are various fixed and mobile sources that emit this type of material and also because of its proven effect on health problems.

To develop this study, in the Tambo neighborhood, three screen points were selected, one in the house (living room), one in the street and another in the park. jewel neighborhood 2 two polling points were selected, one in the house (living room) and the other in the street. For the monitoring of the points, it was carried out with two fixed points, in the house and in the street, while for the park, mobile points were used, which was done by going through the park.

The detected ones were made with a homemade PM 2.5 monitor, the same one that contains a low-cost "sensorian sps30" sensor. With this equipment, the data exposure averages were made for 3 months and with which comparisons of the different places and hours of the pollutant in each neighborhood can be obtained.

The values obtained during the time in which the monitoring has been carried out show that in general the air quality index remains between "Good" and "Fair", this information is in harmony with the citizen's perception of air quality in the area. sector, which also obtained an appreciation from "regular" to "Good" according to the citizens surveyed.

Keywords: low-cost sensor, PM 2.5 particulate matter, air quality index

SIGLAS Y ABREVIATURAS

OMS

Organización Mundial de la Salud

TULSMA

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

ICA

Índice de calidad del aire

DMQ

Distrito Metropolitano de Quito

PDOT

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

La contaminación del aire se caracteriza por la presencia de varias sustancias en la atmosfera que son emitidas por industrias y vehículos automotores. Debido a ello las enfermedades relacionadas a la contaminación atmosférica han ido en aumento. En la mitad del siglo XX, se hallaron varios estudios que apuntan a altos niveles de contaminación del aire debido a emisiones de gases elevados, estos están relacionados con la quema de combustibles fósiles y se les adjudicó enfermedades respiratorias que involucran problemas de salud pública. (Gaviria F et al., 2011)

Se sabe que la contaminación atmosférica es más grande es las zonas urbanas, ya que estas contienen fuentes de contaminación fijas y móviles. Además, las ciudades cuentan con una población creciente y que se urbaniza con mayor rapidez, en donde a su vez también crece la demanda energética, el transporte y otros servicios que utilizan recursos naturales como fuente de energía. En las zonas rurales la contaminación se puede dar por el funcionamiento de fuentes fijas como hornos, parrillas que son alimentadas a base de leña, también es común la quema agrícola, y en menor grado el transporte.

El material particulado ha causado varios problemas de salud, la mayor parte relacionados con enfermedades al sistema respiratorio como: asma, sinusitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, fibrosis, incluso cáncer al pulmón, lo que ha llevado a considerar a la contaminación del aire un problema de salud pública, según la OMS.

A nivel nacional, las únicas ciudades que cuentan con una red de monitoreo del aire son Quito y Cuenca, ayudando a la generación de información rápidamente disponible sobre la contaminación de aire, sin embargo, no existe un sistema epidemiológico que realice un rastreo y determine la etiología de las enfermedades pulmonares.

El objetivo de esta investigación es determinar cuál es lugar y horario de mayor exposición al material particulado PM_{2,5} en los diferentes barrios de la parroquia de Cutuglagua.

1.2 Delimitación

El presente trabajo de investigación estará vinculado con la contaminación del aire por material particulado PM 2,5 en la parroquia de Cutuglagua en los barrios del Tambo, Joya 1 y Joya 2, durante los meses de octubre a diciembre del 2021 para comparación de lugares y hora de mayor contaminación en el periodo de monitoreo predeterminado, lo cual se lo hará con el sensor de bajo costo “sensorian sps30”

1.3 Pregunta de Investigación

¿Cuál es el lugar y día de mayor contaminación de los lugares ha muestrear?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Determinar el nivel de exposición de PM_{2,5} a nivel de calles, parques y domicilios, en el Sector de Cutuglagua, utilizando sensores de bajo costo para determinar la calidad del aire en el sector.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Determinar el índice de calidad del aire respecto al PM 2.5 en los lugares definidos para monitoreo
- ✓ Conocer la percepción ciudadana acerca de la calidad del aire en los barrios que se van a analizar en el presente trabajo.
- ✓ Identificar los lugares y horarios de mayor contaminación en las zonas estudiadas en base a datos obtenidos.

1.5 Hipótesis

Ho: El promedio de los valores de material particulado PM 2 obtenidos, es diferente en cada barrio y lugar de medición.

Ha: El promedio de los valores de material particulado PM 2 obtenidos, es igual en cada barrio y lugar de medición

2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Contaminación del aire

La contaminación del aire se refiere a las alteraciones que existen en este recurso las mismas que pueden ser de origen natural o causadas por el hombre. La disminución de calidad del aire ha venido acentuándose desde el siglo pasado con el crecimiento económico e industrial y todas las actividades que están relacionadas, por ejemplo, generación de energía ante la demanda cada vez más creciente, transporte en ciudades cada vez más pobladas y con cada vez más población habitando las zonas urbanas. La degradación del aire es causada por una o varios contaminantes los cuales varían de acuerdo al tiempo de exposición y los niveles de concentración de los mismos. (BOLETÍN DE LA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DE MÉXICO, 2015)

La contaminación del aire se caracteriza por varias sustancias que están presentes en la atmosfera y en gran manera son emitidas por las industrias y vehículos automotores. Hay que considerar que la contaminación del aire depende de las condiciones meteorológicas de las zonas donde se emitan y la geografía de estas, permitiendo el traslado de los contaminantes desde los lugares donde se emiten hasta lugares muy lejanos, lo que hace que los niveles de exposición a los polulantes afecten a un mayor número de personas en las zonas urbanas y rurales. Por esto las enfermedades relacionadas a la contaminación han ido en aumento, en la mitad del siglo XX se hallaron varios estudios que apuntan a altos niveles de contaminación

del aire debido a emisiones de gases elevados. Estos están relacionados con los combustibles fósiles y se les adjudicó enfermedades respiratorias que se han convertido en problemas de salud pública. (Gaviria F et al., 2011).

2.2 Fuentes de contaminación

Estas provienen de varias fuentes por eso pueden clasificarse según el origen como son: fuentes naturales y fuentes antropogénicas.

- **Fuentes naturales:** estas son relacionadas a fenómenos naturales tales como las erupciones volcánicas, incendios forestales, tormentas de arena entre otros. Además, se recalca que es prácticamente imposible reducir este tipo de emisiones a corto plazo.
- **Fuentes antropogénicas:** estas son relacionadas a la actividad del ser humano por ello hay distintos compuestos que van a la atmosfera, estas fuentes contaminantes están principalmente en los sectores urbanos y áreas industriales. Las principales emisiones de contaminantes se dan por el parque automotor, calefacciones domesticas e instalaciones de combustión para generar calor y electricidad, así como también ciertos procesos industriales. Se menciona además que en este tipo de fuentes si existe mayor probabilidad de un control de las mismas pudiendo dar alternativas de prevención y/o correctivas

Las fuentes antropogénicas se dividen en fuentes fijas y móviles:

✓ **Fuentes móviles**

Son cualquier máquina, aparato o algún dispositivo que emita contaminación a la atmósfera, agua y suelo los cuales no tienen lugar fijo como por ejemplo son vehículos, barcos, aviones, motocicletas, entre otros. En la ciudad la principal contaminación se da por el parque automotor ya estos producen cantidades altas de monóxido de carbono (CO), óxidos de

nitrógeno (NO_x), COVs y partículas finas y ultrafinas, es decir, especialmente material particulado PM_{2.5} y PM₁₀.

✓ **Fuentes fijas**

Aquí se hace referencia a todo lugar donde se desarrolla alguna operación o procesos industriales, comerciales o de cualquier tipo de servicio que genere contaminación a la atmosfera, como lo es las centrales térmicas, industria petrolera, química, metalúrgica, alimentaria, entre otros. A nivel mundial el sector de generación de energía es el más preocupante ya que en este se involucran procesos de combustión fósiles emitiendo dióxido de azufre (SO₂) y material particulado a la atmosfera.

✓ **Tipos de contaminantes atmosféricos**

Los contaminantes emitidos pueden clasificarse en primarios o secundarios de acuerdo a las interacciones químicas que puedan o no darse en la atmósfera

Primarios: son aquellos contaminantes los cuales son emitidos directamente de una fuente al aire.

Secundarios: son aquellos contaminantes no emitidos directamente como tal, ya que se forman por la reacción entre contaminantes primarios en la atmósfera. (Ferraro, 2016)

2.3 Material Particulado

En el TULSMA, anexo 3 del libro VI, denota que el material particulado “Está constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera en condiciones normales”. (MAE, 2015)

El material particulado es una mezcla compleja de partículas sólidas y líquidas de diferentes tamaños y composiciones, los cuales incluyen hidrocarburos aromáticos policíclicos

(HAP), carbono elemental, compuestos de carbono orgánico, metales entre otros. (Rojas & Díaz Fonseca, 2018)

Se puede señalar que hay dos tipos de fuentes para el material particulado las cuales pueden ser naturales eso quiere decir que no están influenciadas por el hombre, como erupciones volcánicas, sismos, tormentas de arenas, entre otros; además también están las fuentes antropogénicas estas si están vinculadas con las actividades del hombre su principal emisión se debe a las emisiones vehiculares debido al tipo de gasolina que utilizan, las actividades industriales, agrícolas y ganaderas, entre otros” (Nuñez Blanco, 2019)

“El material particulado $PM_{2.5}$ consiste en varios compuestos comúnmente asociados con partículas ácidas, por la combustión de combustibles fósiles, producción manufacturera y quema agrícola.” (Gaviria, et al 2011, p 242).

✓ **Partículas Suspendidas Totales (PST)**

Las partículas varían dependiendo de tamaño, composición y origen. Las más grandes son llamadas fracción gruesa son de 1 micrómetro y se da por la ruptura de partículas sólidas grandes las cuales pueden provenir de polvo arrastrado de procesos agrícolas, suelo descubierto, caminos no óptimos (sin pavimentar) u operaciones mineras. Las fracciones finas se forman en su materia a partir de gases y tienen un tamaño menor a 1 micrómetro, se dan por la condensación de sustancias a bajo presión de vapor o se da por reacciones químicas en la atmosfera lo cual formas nuevas partículas las cuales se les denomina núcleos los cuales pueden producir metales pesados, carbono elemental, carbono orgánico, sulfatos y nitratos. (OMS, 2003)

✓ **Material particulado PM10**

Son partículas con un diámetro menor a 10 micrómetros, las cuales se generan a partir de procesos de combustión los cuales no están controlados principalmente se da con las fuentes antropogénicas móviles y fijas. (RUBIO BAUSTISTA, 2019)

✓ **Material Particulado PM 2,5**

Son partículas las cuales son particularmente acidas las cuales también contienen hollín y otros derivados de emisiones del sector vehicular e industrias, estas partículas están compuestas de metales pesados y compuestos orgánicos los cuales se los asocia con el cáncer además de que estas partículas por ser pequeñas son muy agresivas para el sistema respiratorio del ser humano ya que son respirables al 100%. (Quijano Parra et al., 2010)

2.4 Monitoreo Atmosférico

Un monitoreo atmosférico es aquel que usa metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar de manera secuencial las concentraciones presentes en el aire en un lugar, hora y fecha establecidos. (Guayasamín Pilco, 2018). Es importante ya que con esto se podrá identificar y hacer frentes a problemas de salud y ambiente causados por la contaminación atmosférica.

El monitoreo de la calidad del aire a diferencia de otras matrices ambientales se lo puede realizar con equipos portátiles que registran por métodos ópticos la concentración másica o por número de partículas en el medio analizado. Es decir, basta con dejar un equipo encendido en algún lugar para obtener mediciones en tiempo real y estas pueden ser guardadas en alguna base de datos interna que incluye el equipo. Incluso hay que señalar, que estos equipos a diferencia de los descritos en los métodos oficiales o de referencia son muy económicos. En los últimos años, han ido apareciendo colectivos sociales interesados en la calidad del aire y de otros recursos, agrupados en organizaciones de “Ciencia Ciudadana” que utilizan con mayor

frecuencia métodos no normados de medición de calidad del aire. La academia como no puede ser de otra manera, en consonancia a esta expectativa de la sociedad, ha trabajado en la investigación de la calidad de los sensores utilizados para determinar los contaminantes, facilitando la elección de los equipos que se puedan utilizar.

2.4.1 Material Particulado y sus efectos en la Salud

La relación del material particulado y los efectos de la salud son varios y en su mayoría están relacionados con alergias, congestión nasal, sinusitis, tos entre otros.

Los efectos en la salud son amplios, unos están en las vías respiratorias superiores las cuales se reaccionan con alergias, congestión nasal, sinusitis, irritación de los ojos entre otros. Además, hay síntomas en las vías respiratorias inferiores e incluye riesgos cardiovasculares, mientras más están expuestos al material particulado, más aumenta el riesgo.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, se estima que una de cada nueve personas muere con afecciones relacionadas a la contaminación atmosférica, por ello, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó a la contaminación del aire como carcinogénica para los humanos. (Rojas & Díaz Fonseca, 2018)

En el estudio realizado por (Orellano et al., 2020), se estima que hay alrededor de 4,2 millones de muertes totales a las cuales se les atribuye la contaminación del aire con partículas menores a 2,5 μm (PM_{2,5}), este estudio lo realizó Global Burden of Disease (GBD).PM_{2,5}. Además, de conocer que impactos se generan en el clima, la calidad del aire y la salud humana.

2.4.2 Afectación del material particulado al sistema respiratorio

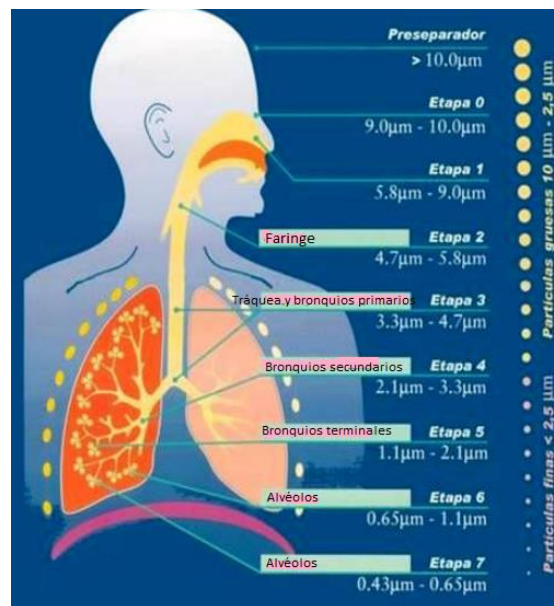
El principal acceso de material particulado en las personas es el sistema respiratorio, el cómo ingresen las partículas al cuerpo humano dependerá del tamaño, forma y densidad de los mismos así también será con la respiración de cada individuo. Las partículas menores a 10 μm (micrómetros) que debido a su tamaño pueden penetrar hasta lo más profundo del sistema

respiratorio, es decir, tráquea, pulmones y bronquios mientras que las partículas mayores a 10 μm (micrómetros) no van más allá de la nariz ya que se quedan en las paredes de la nariz lo que protege al sistema respiratorio (Quijano Parra & Orozco M, 2005)

El material particulado PM 2.5 puede alcanzar la cavidad alveolar lo cual provoca daños en la salud de las personas. Al ser inhalado el material particulado se depositan directamente a los alveolos, lo cual provoca la alteración de fagocitos alveolar y eso hace que se disminuya la viabilidad de los macrófagos alveolares, por ello si se está expuesta a material particulado menor a 2,5 micrómetros se aumenta la susceptibilidad a las infecciones. Cabe mencionar que la exposición al material particulado afecta también en la función cardiovascular el cual causa un daño directo al endotelio. (Sandoval D. et al., 2019)

Figura 1.

Afectación pulmonar por material particulado



Nota: La figura muestra las afectaciones que pueden provocar los tamaños de material particulado en el sistema pulmonar. Fuente: Ferraro (2016)

Por lo expuesto de que el material particulado causa diferentes afectaciones en la salud existe varios estudios donde nos indican la exposición a la que estamos expuestos dependiendo del lugar, o tipo de transporte que utilicemos y a su vez a niveles de calle.

En base a información Díaz Fonseca et al. (2018) se señala que existe un estudio realizado en 2016 en el cual se detalla que hay transportes pasivos y activos entre ellos está la bicicleta en la cual se investigó tres rutas diferentes en donde se midió concentraciones de PUF, BC y PM 2.5 encontrándose con que la concentración de PM2.5 y BC podrían ser seis veces mayor que en el transporte público en comparación a usuarios de bicicletas, dependiendo de la ruta de los ciclistas y las calles que se usan esto significa que en una calle abierta independientemente del tráfico vehicular se puede esperar reducciones de los contaminantes.

De acuerdo al estudio de Barría et al. (2016,343-350) la contaminación de material particulado PM 2.5 que se genera dentro de las casas de los recién nacidos oscilo entre 13,8 y 373,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, teniendo una mediana de 107,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Además, se registró 193 hogares los cuales usaban calefacción: 158 uso leña, 13 usa leña más otro combustible, 11 uso gas, 3 electricidad y 3 carbón. Los hogares que no usaran menos artefactos registraron menor concentración mediana del material particulado PM2.5 (58,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), en los hogares donde se usó el carbón fueron de os hogares que más tuvo niveles elevado (mediana de 162,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sin embargo, en el estudio también se analizó el consumo del tabaco intradomiciliario el número de tabacos en las casas oscilo entre uno y doce cigarrillos, pero en su mayoría esta cifra fue menor a 5; la mediana entre las casas en donde se fuma y las que no se fuma no fue tan significativa, 102,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vs 108,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Según Chuquer Solá et al. (2018) la contaminación del aire en las calles guayaquil y espejo en la ciudad de Quito el horario de mayor contaminación de material particulado PM 10 se da entre las 6:00 am-8:00 am debido a que existe mayor tráfico vehicular además se estima que debido a las bajas temperaturas estas no permiten que haya una dispersión eficiente de los contaminantes. Además de que se ha evidenciado que en las zonas de mayor tráfico vehicular existen mayor cantidad de metales pesados como es el Pb, As y Zn en comparación a zonas con menor tráfico vehicular.

2.5 Calidad del aire de acuerdo a la OMS

La OMS realiza pruebas para el material particulado y saber sus afectaciones a la salud y cuál es la cantidad a la que se expone actualmente la población. Se realizaron pruebas epidemiológicas para entender los efectos que se pueden provocar al estar expuestos al contaminante PM 2,5 tanto en exposiciones a corto y largo tiempo, sin embargo, cabe destacar que a pesar de estas pruebas no se sabe con exactitud cuál es el rango exacto el cual es perjudicial a la población ni que esta ofrezca una protección completa.(OMS, 2005).

Tabla 1.

Parámetros de la OMS para material particulado.

MP_{2,5}	10 µg/m ³ , media annual
	25 µg/m ³ , media de 24 horas
MP₁₀	20 µg/m ³ , media annual
	50 µg/m ³ , media de 24 horas

Nota. Fuente: (OMS, 2005)

2.6 Normativa Ecuatoriana con respecto a la Calidad del Aire

En el TULSMA, Libro VI indica que contaminante del aire es todo tipo de sustancia o material que sea emitido hacia la atmosfera, esto puede ser por alguna actividad del ser humano o causado por la naturaleza los cuales llegan a afectar en la salud pública o en el ambiente. Se sabe que:

El promedio aritmético de la concentración de PM 2,5 de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico (15 µg/m³).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m³). Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM 2,5 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un

período anual en cualquier estación monitora sea mayor o igual a ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

(MAE, 2015, pp 312-313)

2.7. Índice de calidad del aire

El índice de calidad del aire se lo utiliza para reportar la calidad del aire, la representación por colores es clave para poder comunicar a la ciudadanía la contaminación a la que está expuesta, tiene una escala numérica que va desde 0 a 500, además este tipo de índice sirve para el ozono (O_3), material particulado (PM 2,5 y PM 10), dióxido de azufre (SO_2) y monóxido de carbono (CO).

Este índice se aplicó por primera vez 1976 de acuerdo a la Ley de Aire Limpio la cual obligo a la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA) de Estados Unidos que establezca un índice a nivel nacional para medir la calidad del aire, por ello se introdujo el índice de niveles de contaminantes (Pollutant Standards Index – PSI) el cual se usaba para la medición del ozono (O_3) a nivel de suelo, material particulado (PM), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2) los cuales eran valores estandarizados para todos los contaminantes. Sin embargo, en 1999 la EPA cambio el nombre de PSI por AQI (Índice de calidad del aire) además se le agrego normas para el ozono y material particulado; norma promedio del ozono 8 horas, norma promedio material particulado PM 2,5 24 horas. Este índice ha sido usado en diversos países. (Johnson & Chan, 2009)

Figura 2.

Escala colorimétrica del índice de calidad del aire para PM2,5

AQI	Nivel de contaminación del aire	Implicaciones para la salud	Declaración de precaución (para PM2.5)
0 - 50	Bueno	La calidad del aire se considera satisfactoria y la contaminación del aire presenta poco o ningún riesgo.	Ninguna
51 -100	Moderar	La calidad del aire es aceptable; sin embargo, para algunos contaminantes puede haber un problema de salud moderado para un número muy pequeño de personas que son inusualmente sensibles a la contaminación del aire.	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias, como asma, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
101-150	Nocivo para grupos sensibles	Los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos sobre la salud. No es probable que el público en general se vea afectado.	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias, como asma, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
151-200	Insalubre	Todos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud; los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos de salud más graves	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias, como asma, deben evitar el esfuerzo prolongado al aire libre; todos los demás, especialmente los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre
201-300	Muy insalubre	Advertencias sanitarias de situaciones de emergencia. Es más probable que toda la población se vea afectada.	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias, como asma, deben evitar todo esfuerzo al aire libre; todos los demás, especialmente los niños, deben limitar el esfuerzo al aire libre.
300+	Peligroso	Alerta de salud: todos pueden experimentar efectos de salud más graves	Todos deben evitar todo esfuerzo al aire libre

Nota. Tomado de: AQICN (2016)

2.8. Sensores de bajo costo

Los sensores de bajo costo representa una gran ventaja por su precio, y tamaño ya que estos tipos de sensores varían entre los \$100 y \$500 dólares sin embargo eso también puede variar ya que en algunos casos los sensores pueden costar un poco sin embargo no se comparara con otros tipos de sensores, estos sensores se los usa para monitoreo de la calidad del aire ya que pueden presentar la información en tiempo real a través de aplicaciones en línea y de libre acceso como es la plataforma CanAirIO. Los SBC que se encuentran en el mercado nos permiten considerar dos tipos de variable una variable meteorológica (temperatura, humedad relativa y presión) y la otra propia de calidad del aire estas incluyen varios contaminantes como es el ozono(O3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO2) y material particulado (PM 2,5 Y PM 10). (García Navarrete & Rico Soto, 2019)

✓ **Sensorian spsp 30**

El sensor realiza las mediciones en base a una dispersión laser, su vida útil esta alrededor de 10 años, a su vez utiliza algoritmos los cuales permiten que se tengan una mayor

precisión superior en cuanto al material particulado PM 2,5 y son más fáciles de utilizar gracias al tamaño que tienen de 41 x 41 x 12 mm³. (Sensirion, 2020)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Equipos y Materiales

Para la presente investigación se utilizó un monitor de PM 2,5 que contiene un sensor de bajo costo (sensorian sps 30) encargado de medir el material particulado $PM_{2.5}$. El monitoreo se realizó instalando el monitor en una casa seleccionada por cada sector, y además se monitoreo los Parques “Tambo y Joya 1” utilizando un cargador portátil de energía para el suministro de energía del monitor portátil. De la misma forma la conectividad se la hizo wi fi en las casas y en el parque se pudo compartir megas al equipo monitor de aire desde un móvil.

3.2. Fase de campo

Tabla 2.

Equipos y materiales

Equipo y materiales para monitoreo	Marca	Modelo
Sensor para PM_{2,5}	Sensirion	SPS30
GPS (móvil)	-----	-----
Cargador portátil	-----	-----
Dispositivo móvil (wi fi)	-----	-----

Nota. Descripción de los materiales y equipos utilizado para las mediciones. Fuente la autora

Tabla 3.

Aplicación utilizada para las mediciones de material particulado

Plataforma utilizada	Nombres
App para Android	CanAirIO

Nota. Fuente: La autora

3.3. Monitoreo y Obtención de datos ($PM_{2.5}$)

Se recopiló los datos de material particulado $PM_{2.5}$ con el sensor “sensorian sps30”, los datos obtenidos del sensor se cargaron en la plataforma Canair.io la cual es una plataforma que ofrece a la ciudadanía medir la calidad del aire ya sea con teléfonos celulares y/o con tecnología de bajo costo los cuales pueden tener sensores móviles o fijos. Esta página puede acceder todas las personas que lo requieran y con ello poder determinar el lugar de mayor exposición a material particulado.

3.4. Puntos de monitoreo

En esta fase se escogió un punto de monitoreo para las casas (sala), un punto para nivel de calles y cuatro puntos para los parques, esto para tener mayores criterios en cuanto a un espacio más grande y con mayor cantidad de personas.

Georreferenciación de los puntos de monitoreo de los respectivos lugares de cada barrio.

Tabla 4.

Puntos de monitoreo en las casas de los barrios.

Puntos de Monitoreo	Ubicación	Coordenadas	
		X	Y
$PM_{2.5}$ Tambo	Panamericana Sur, Km 12	772530,04	9958810,23
$PM_{2.5}$ Joya 2	Panamericana sur barrio joya 2 calle d	772594,18	9958390,04
$PM_{2.5}$ Joya 1	Panamericana sur barrio Joya 1 calle a y b	772295,11	9957370,14

Nota. Se encuentran las coordenadas de las casas en las que se realizó las mediciones del material particulado. Fuente: La autora

Tabla 5.*Puntos de monitoreo en las calles de los barrios*

Puntos de Monitoreo	Ubicación	Coordenadas	
		X	Y
<i>PM</i>_{2.5} Tambo	Panamericana Sur	772518,71	9958820,12
<i>PM</i>_{2.5} Joya 2	Panamericana sur barrio joya 2 calle d	772599,26	9958352,27
<i>PM</i>_{2.5} Joya 1	Panamericana sur barrio Joya 1 calle a y b	772299,23	9958352,27

Nota. Se encuentran las coordenadas de las calles en las que se realizó las mediciones del material particulado. Fuente: La autora

Tabla 6.*Puntos de monitoreo en las calles de los barrios*

Puntos de Monitoreo	Ubicación	Coordenadas	
		X	Y
<i>PM</i>_{2.5} Tambo	Panamericana Sur Km 12	772601,45	9958611,29
		772653,27	9958601,59
		772677,68	9958709,2
		772621,78	9958720,13
<i>PM</i>_{2.5} Joya 1	Panamericana sur barrio Joya 1 calle a y b	772265,08	9957684,36
		772286,08	9957574,03
		772234,11	9957567,59
		772238,78	9957680,98

Nota. Se encuentran las coordenadas de las casas en las que se realizó las mediciones del material particulado. Fuente: La autora

3.5 Población

El cantón Mejía se encuentra ubicado al sur oriente de la provincia de pichincha, limita al norte con el cantón Rumiñahui y el DMQ, consta de 8 parroquias:

Parroquias urbanas: Machachi

Parroquias rurales: Alóag, Aloasí, Cutuglagua, El Chaupi, Manuel Cornejo Astorga.

(Prefectura de Pichincha, 2017)

De acuerdo al PDOT de Cutuglagua la parroquia cuenta con 21 561 habitantes sin embargo no existen datos de cuantos habitantes hay por barrio, la parroquia está conformada por los siguientes barrios:

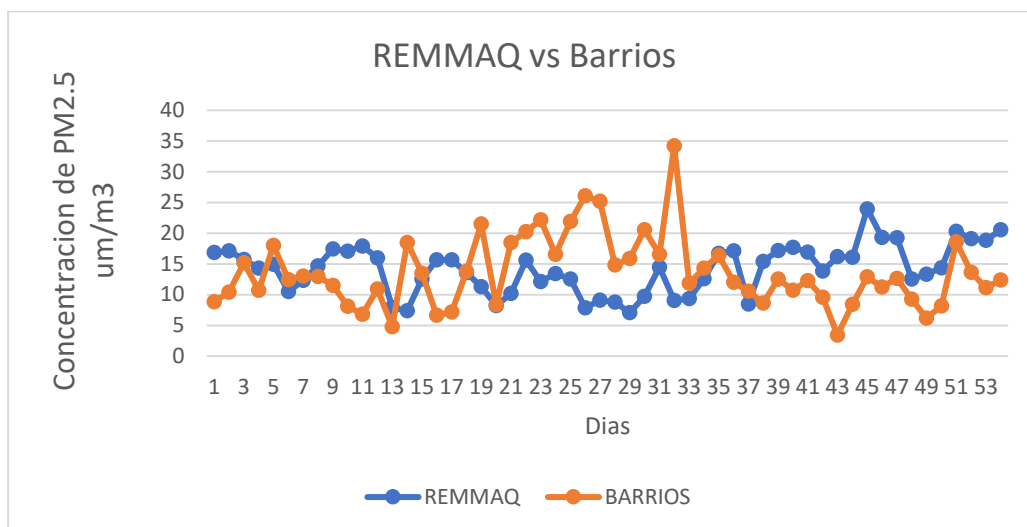
25 de noviembre, Aída Palacios, Alisuco, Aymesa, Central, El Belén, El Manzano, Los Rosarios, El Tejar, Florencia de Carapungo, Génova, La Joya I, La Joya II, La Merced, La Unión, Lourdes, San Alfonso, San Francisco I, San Francisco II, San Francisco III, San Ignacio, San José I, San José II, San José III, 3 San Miguel de Cutuglagua, Santa Catalina, Santa Isabel, Santiago Roldós, Santo Domingo II y III, Santo Domingo Saguanchi, Tambo I, Tambo II, Tambo III, La Isla y Los Pinos. (GAD CUTUGLAGUA, 2020, p.94)

El cantón Mejía no dispone de ninguna red para realizar un monitoreo ambiental, sin embargo, de acuerdo al informe sobre el estado del medio ambiente del año 2008, la red de monitoreo de Quito REMMAQ que ha realizado un inventario desde el año 2003 el cual se dice que tiene una longitud de 110 Km el cual abarca toda el área del DMQ, pero además se incluye total o parcialmente ciertos cantones:

Antonio Ante (Imbabura), Cayambe (Pichincha), Cotacachi (Imbabura), Ibarra (Imbabura), El Chaco (Napo), Mejía (Pichincha), Otavalo (Imbabura), Pedro Moncayo (Pichincha), Pedro Vicente Maldonado (Pichincha), Quijos (Napo), Rumiñahui (Pichincha), San Miguel de los Bancos (Pichincha), Santo Domingo de los Colorados (Santo Domingo de los Tsáchilas) y Sigchos. (Flacso et al, 2008, p. 45).

Por lo cual se ha hecho una comparación figura 3. de los datos obtenidos en los barrios y la estación de monitoreo Guamaní de la REMMAQ la cual es la más cercana al cantón.

Figura 3. Comparación de los valores de Material Particulado PM 2,5 entre la REMAAQ y los barrios del cantón mejía.



Nota. Los datos son de la red de monitoreo de quito en los meses de octubre a diciembre del año 2021 y los datos obtenidos en la investigación en los meses de octubre a diciembre del 2021 para hacer una comparación entre ambos Fuente: La autora

3.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron acomodados de manera diaria y por hora de cada uno de los días y meses que fueron monitoreados obteniendo una lectura promedio por hora de: PM 2,5.

Se hará la toma de datos en tres distintos horarios en los diferentes lugares respectivos.

Tabla 7.

Horario para las mediciones

Horario LUNES A SÁBADO			
Primer Horario		Segundo Horario	
6:30	7:30	10:00	11:00
7:30	8:30	11:00	12:00
8:35	9:35	12:05	13:05

Nota. Horario para la toma de datos en los respectivos barrios y lugares. Fuente: La autora

Tabla 8.*Barrios, lugares y días de las mediciones.*

Barrio	Mes	Lugar	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	Octubre	Casa, calle y parque	18	19	20	21	22	23
Tambo	Octubre	Parque, casa, calle	25	26	27	28	29	30
	Noviembre	Calle, parque, casa	1	2	3	4	5	6
	Noviembre	Calle, casa	8	9	10	11	12	13
Joya 2	Noviembre	Casa, calle	15	16	17	18	19	20
	Noviembre	Calle, casa	22	23	24	25	26	27
	Diciembre	Casa, calle y parque	29	30	1	2	3	4
Joya 1	Diciembre	Calle, parque, casa	6	7	8	9	10	11
	Diciembre	Parque, casa, calle	13	14	15	16	17	18

Nota. Fuente: La autora

3.7 Medidas de tendencia central

En esta fase con las mediciones realizados y ya con los datos obtenidos finalizados, se procede a aplicar la tendencia central de los mismos, es decir, el cálculo de la media se utilizó la ecuación 1, medianas se utilizó la ecuación 2 y medidas de dispersión se utilizó la ecuación 3 como la desviación estándar. Además, se utilizará una calculadora online para el cálculo del índice de calidad del aire [AQI Calculator - US EPA Scale convertor](#)

La ciudad de cuenca tiene a disposición una red de monitoreo de la calidad del aire la cual indica datos estadísticos de los diferentes contaminantes que se tiene entre ellos el material particulado en el cual se puede observar el comportamiento mensual de este contaminante y estos datos los representan mediante graficas en las cuales se encuentran los promedios de concentraciones del material particulado PM 2,5 por lo cual es fundamental sacar estos valores

para realizar las representaciones y ver el comportamiento del contaminante en ese período de tiempo. (IERSE-Universidad del Azuay, 2021)

✓ **Media**

“Se calcula sumando todos los valores de las observaciones y se divide para el total de las mismas. Se expresa en las mismas unidades que la variable”. (Galindo, 2015, p 21)

$$\bar{x} = \frac{X_1+X_2+X_3+X_4+X_n}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

✓ **Mediana**

“Es el valor que se encuentra en el punto medio, cuando se ordenan los valores de menor a mayor”. (Galindo, 2015, p 23)

$$Med = L_{i-1} + \frac{\frac{n}{2} - N_{i-1}}{n_i} * A \quad (2)$$

✓ **Desviación estándar**

“Nos indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media de los valores que obtenidos”. (Galindo, 2015, p 33)

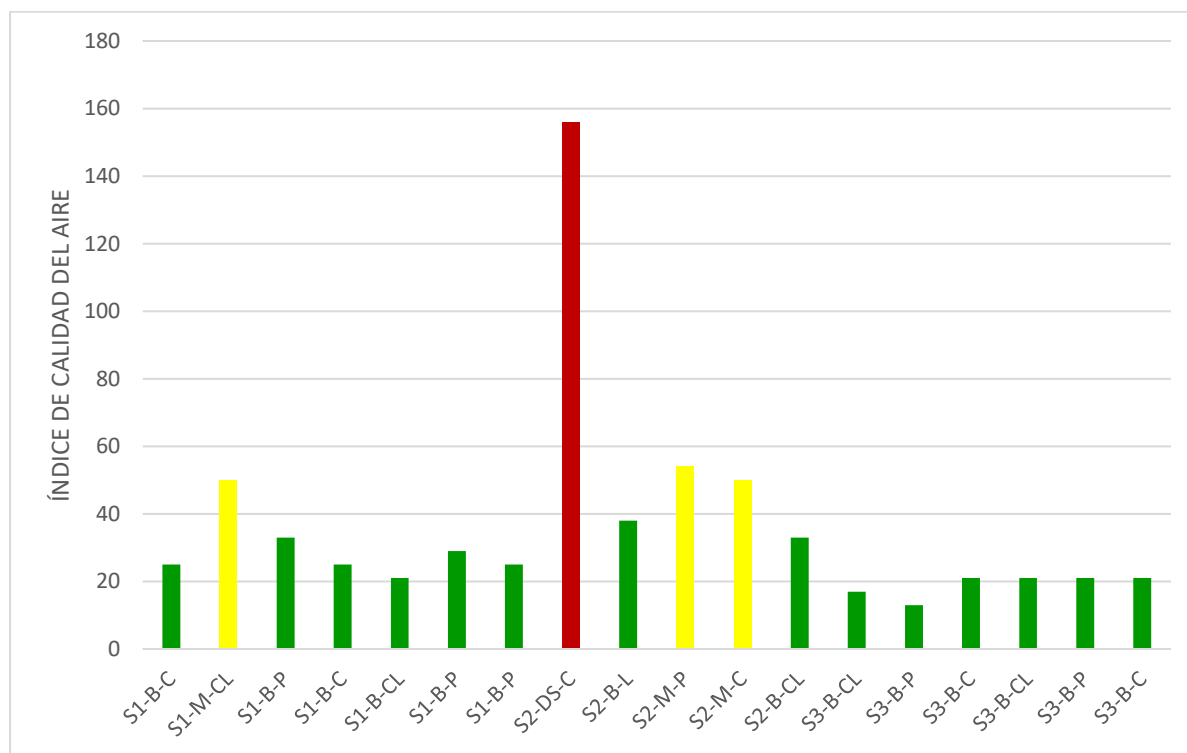
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Índice de calidad del aire de los barrios y lugares de medición

Figura 4.

Índice de calidad del aire de las mediciones del barrio el Tambo

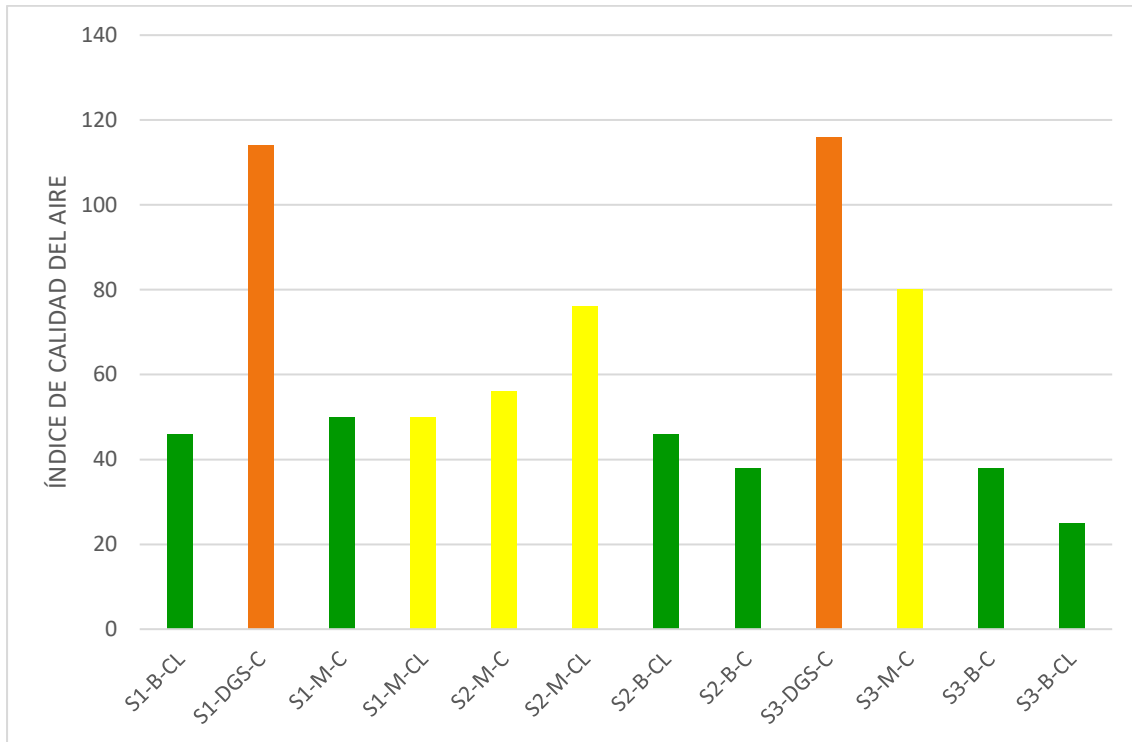


Nota. Representación del índice de calidad del barrio el tambo de las tres semanas de mediciones (C: Casa, CL: Calle, P: Parque, S1:Semana1, S2:Semana2, S3:Semana3, B: Bueno, M: Moderado, DGS: Dañino a la salud a grupo sensitivos, DS: Dañino a la salud, SBC: Sensores de bajo costo). Fuente: La autora

En la figura 4 se puede observar que en la semana 2 hubo el mayor valor del ICA en la casa y está en la categoría de “Dañino para la salud en grupo sensitivos”, además en la semana 1 en la calle, y en la semana 2, tanto en el parque (P) como en la casa (C), hubo rangos “Moderados” del ICA.

Figura 5.

Índice de calidad del aire del barrio la Joya 2

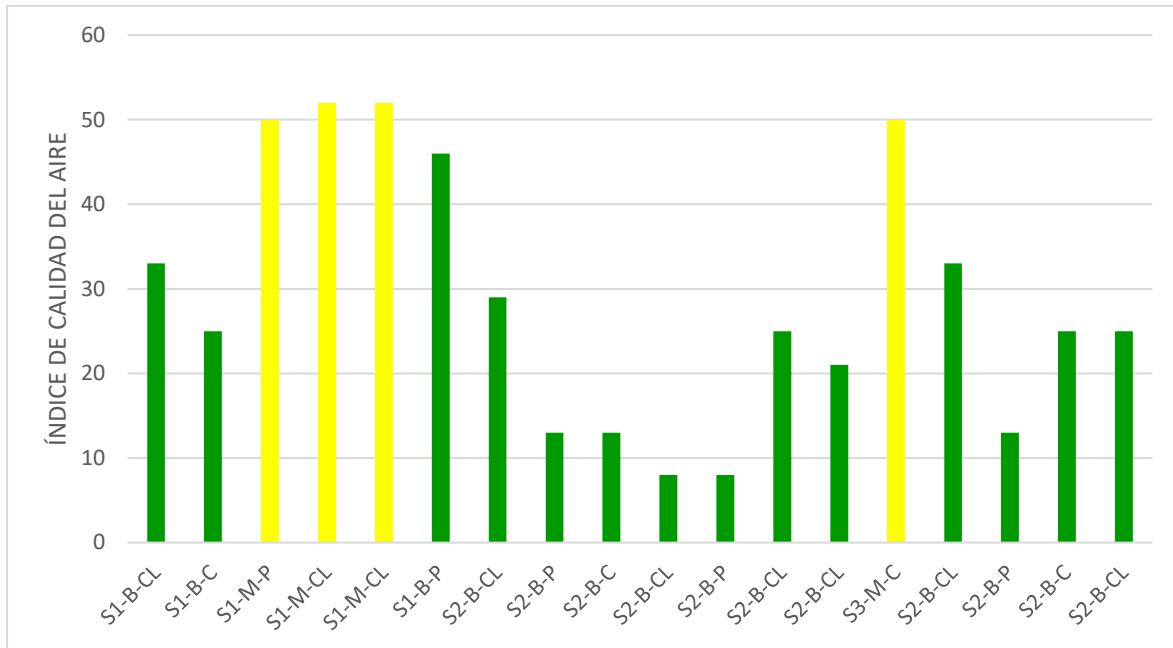


Nota. Representación del índice de calidad del barrio la joya 2 de las tres semanas de mediciones. (**C:** Casa, **CL:** Calle, **P:** Parque, **S1:**Semana1, **S2:**Semana2, **S3:**Semana3, **B:** Bueno, **M:** Moderado, **DGS:** Dañino a la salud a grupo sensitivos, **DS:** Dañino a la salud, **SBC:** Sensores de bajo costo) Fuente: La autora

En la figura 5 se puede observar que en la semana 2 hubo el mayor valor del ICA para el barrio ya que está en la categoría de “Dañino para la salud en grupo sensitivos”, además en la semana 1 y 2 hubo rango moderados del ICA.

Figura 6.

Índice de calidad del aire del barrio la joya 1



Nota. Representación del índice de calidad del barrio la joya 1 de las tres semanas de mediciones. (C: Casa, CL: Calle, P: Parque, S1:Semana1, S2:Semana2, S3:Semana3, B: Bueno, M: Moderado, DGS: Dañino a la salud a grupo sensitivos, DS: Dañino a la salud, SBC: Sensores de bajo costo) Fuente: La autora

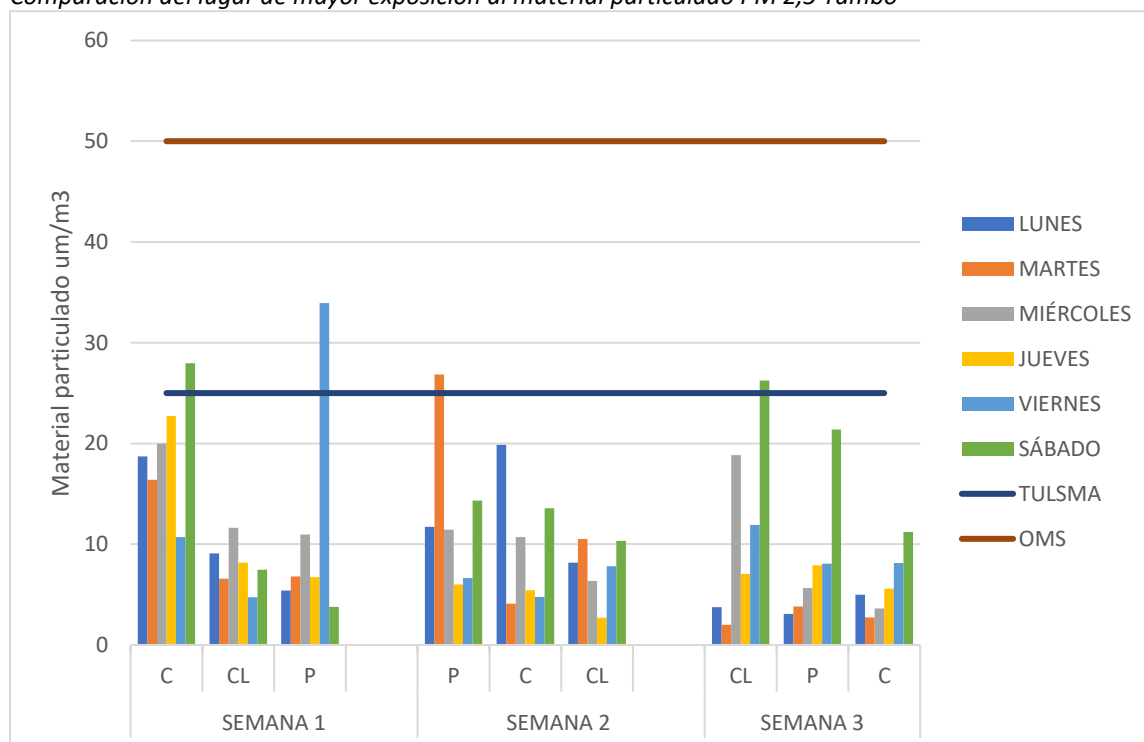
En la figura 6 se puede observar que en la semana 1 hubo 3 lugares parque (P), calle (CL) en los que el ICA fue “Moderado” mientras que en la semana 3 en la casa (C) también tuvo el ICA moderado lo restante mantuvo un ICA “Bueno”.

4.2 Análisis de la calidad del aire en los diferentes barrios en los meses de octubre a diciembre del 2021.

Se representará los datos en las diferentes figuras haciendo comparaciones entre las distintas semanas, lugares, pero en el mismo horario.

Figura 7.

Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Tambo



Nota. Representación de las medias del barrio el tambo en el horario de 6:30 a 9:35 por día.

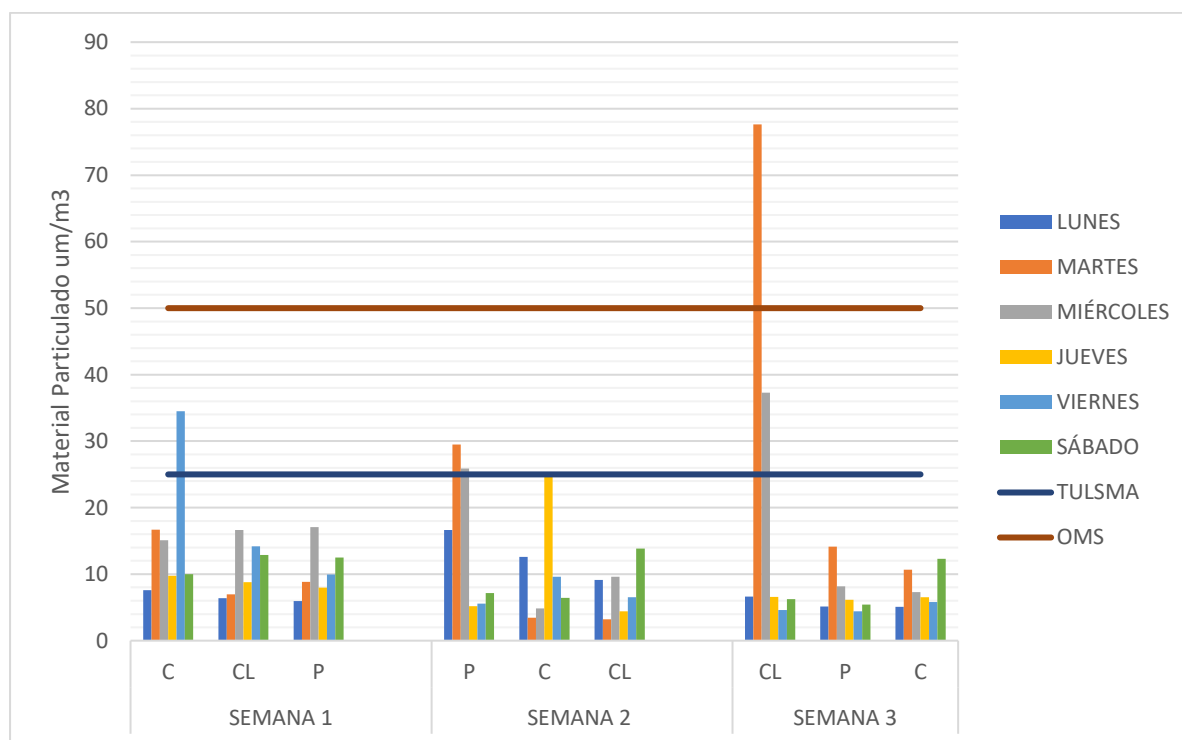
Fuente: La autora

En la figura 7 indica la media del barrio el tambo de cada uno de los lugares, de acuerdo al cronograma de toma de datos.

Por lo cual se puede observar que el lugar de mayor contaminación en el horario de 6:30 a 7:30 es el día martes en el parque y en la semana 2, el cual pasa el límite de la norma de la OMS, sin embargo, no sobrepasa los límites estimados dentro de la norma ecuatoriana TULSMA. En el horario de 7:30 a 8:30 el lugar que obtuvo mayor valor es el día sábado en el parque en la semana 3. Además, en el horario de 8:35 a 9:35 el lugar que obtuvo mayor valor fue el día viernes en el parque en la semana 1 el cual también sobre paso la norma de la OMS, pero no sobrepaso la norma ecuatoriana TULSMA.

Figura 8.

Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Tambo.



Nota. Representación de las medias del barrio el tambo en el horario de 10:00 a 13:05 por día.

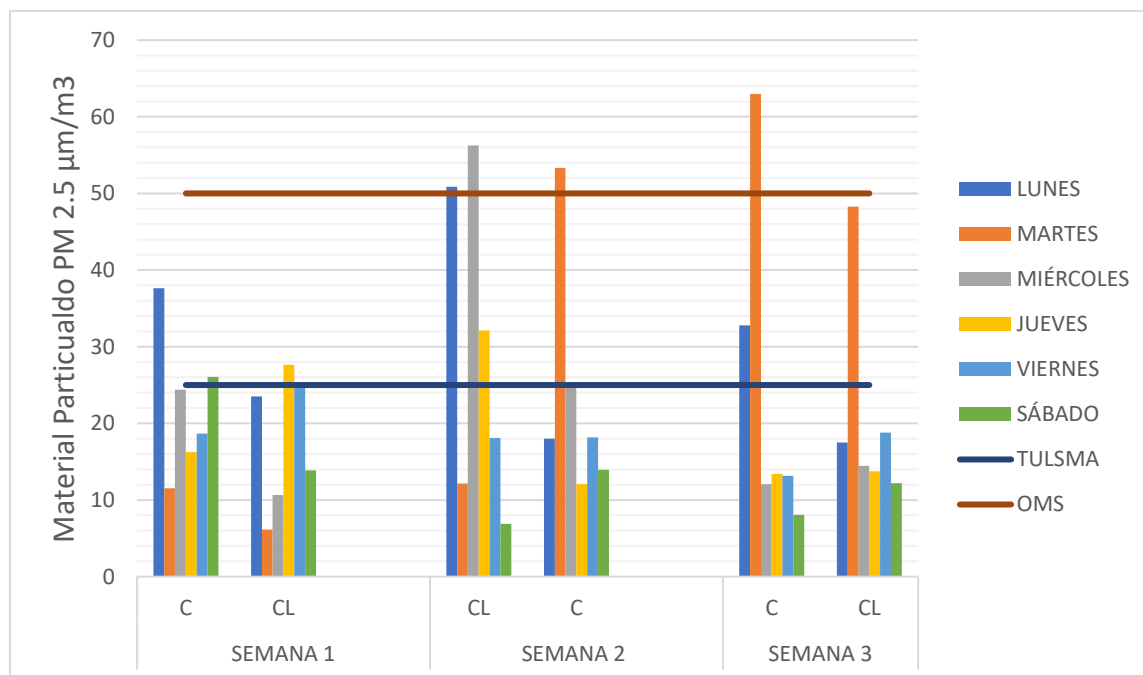
Fuente: La autora

En la figura 8 indica el promedio del barrio el tambo de cada uno de los lugares, de acuerdo al cronograma de toma de datos.

Se puede observar que el lugar de mayor contaminación en el horario de 10:00 a 11:00 es el día martes en la calle y en la semana 3, el cual pasa el límite de la norma de la OMS e incluso sobrepasa los límites máximos permisibles dentro de la norma ecuatoriana TULSMA. En el horario de 11:00-12:00 el lugar que obtuvo mayor valor es el día jueves en la casa en la semana 2 no sobrepasa ninguna norma. Además, en el horario de 12:05 a 13:05 el lugar que obtuvo mayor valor fue el día miércoles en el parque en la semana 1 el cual también no sobrepaso ningún límite permisible.

Figura 9

Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Joya 2



Nota. Representación de las medias del barrio joya 2 en el horario de 6:30 a 8:30 por día.

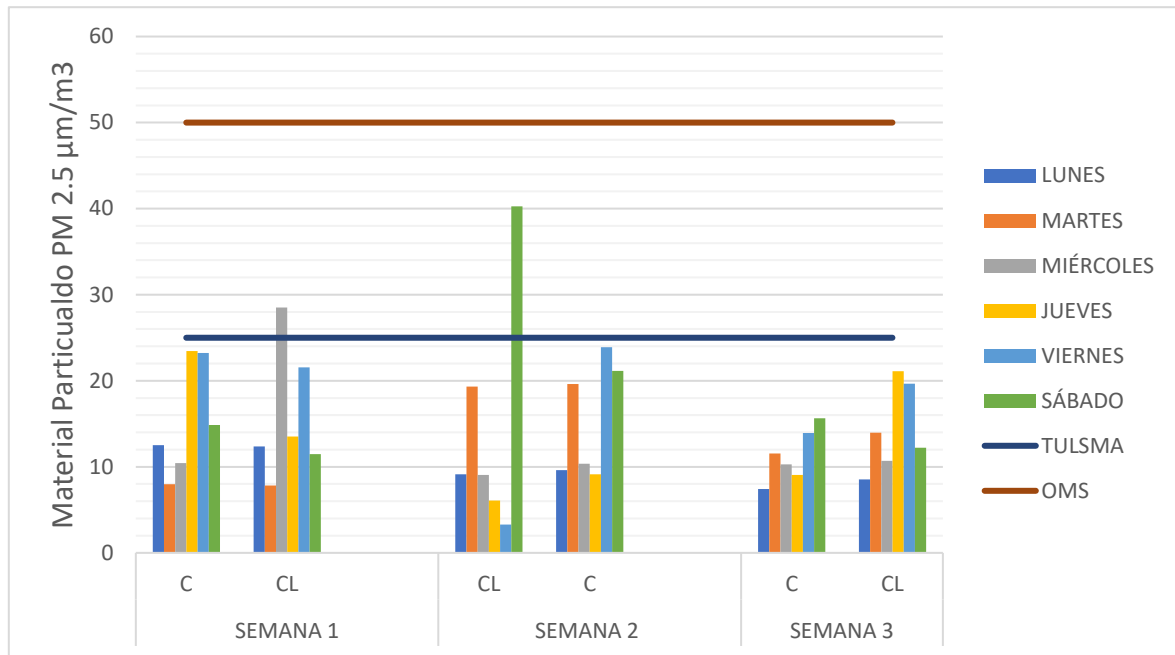
Fuente: La autora

En la figura 9 indica el promedio del barrio la joya 2 de cada uno de los lugares, de acuerdo al cronograma de toma de datos.

Se puede observar que el lugar de mayor contaminación en el horario de 6:30 a 7:30 es el día martes en la casa y en la semana 3, el cual pasa el límite de la norma de la OMS e incluso sobrepasa los límites estimados dentro de la norma ecuatoriana TULSMA. En el horario de 7:30 a 8:30 el lugar que obtuvo mayor valor es el día martes la casa y en la semana 2 sobrepasando la norma de la OMS y el TULSMA.

Figura 10.

Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Joya 2



Nota. Representación de las medias del barrio el tambo en el horario de 10:00 a 12:00 por día.

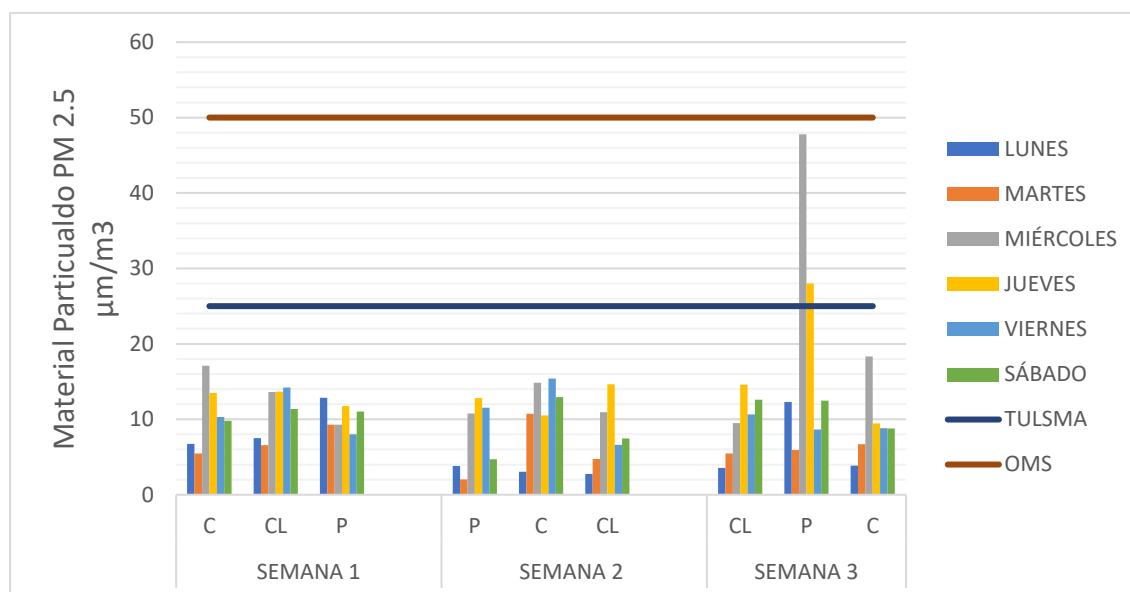
Fuente: La autora

En la figura 10 indica el promedio del barrio la joya 2 de cada uno de los lugares, de acuerdo al cronograma de toma de datos.

Se puede observar que el lugar de mayor contaminación en el horario de 10:00 a 11:00 es el día sábado en la calle y en la semana 2, el cual pasa el límite de la norma de la OMS sin embargo no sobrepasa los límites máximos permisibles dentro de la norma ecuatoriana TULSMA. En el horario de 11:00-12:00 el lugar que obtuvo mayor valor es el día miércoles en la calle en la semana 1 el cual sobre pasa la norma de la OMS, pero no el TULSMA.

Figura 11.

Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Joya 1



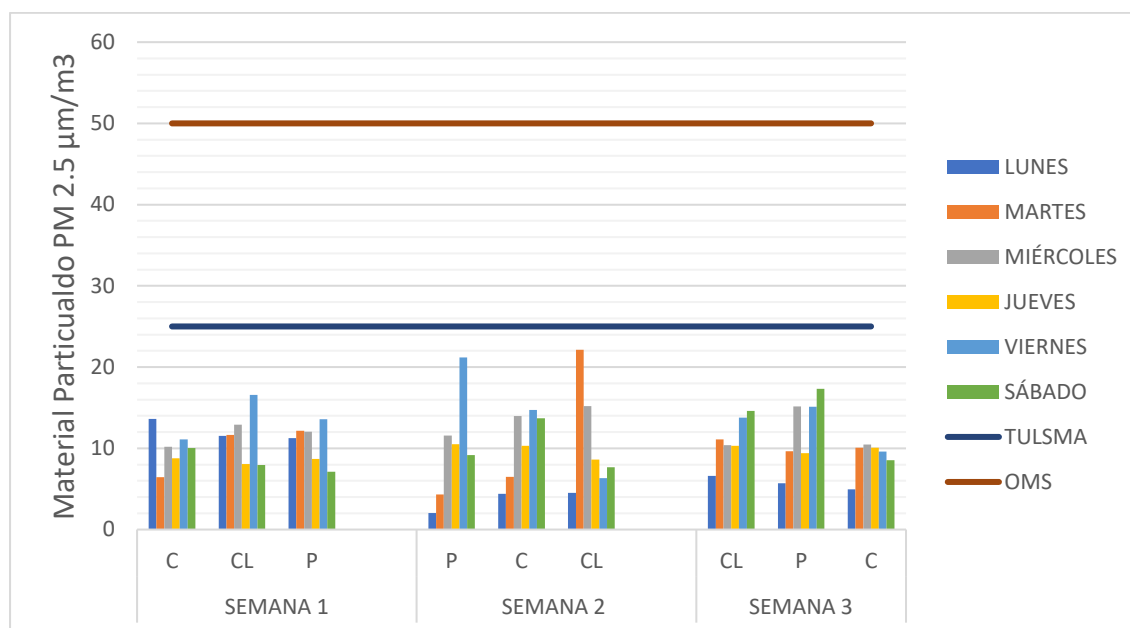
Nota. Representación de las medias del barrio joya 1 en el horario de 6.30 a 9:35 por día. Fuente: La autora

En la figura 11 indica el promedio del barrio la joya 1 de cada uno de los lugares, de acuerdo al cronograma de toma de datos.

Por lo cual se puede observar que el lugar de mayor contaminación en el horario de 6:30 a 7:30 es el día miércoles en la casa y en la semana 1, en el cual se observa que no se sobrepasa ningún límite máximo permisible tanto de la OMS y el TULSMA. En el horario de 7:30 a 8:30 el lugar que obtuvo mayor valor es el día miércoles en el parque en la semana 3 el cual sobrepaso los límites máximos permisibles de la OMS, pero no del TULSMA. Además, en el horario de 8:35 a 9:35 el lugar que obtuvo mayor valor fue el día miércoles en la casa en la semana 3 el cual no sobrepaso la norma de la OMS ni tampoco sobrepaso la norma ecuatoriana TULSMA.

Figura 12.

Comparación del lugar de mayor exposición al material particulado PM 2,5 Joya 2



Nota. Representación de las medias del barrio el tambo en el horario de 10:00 a 13:05 por día.

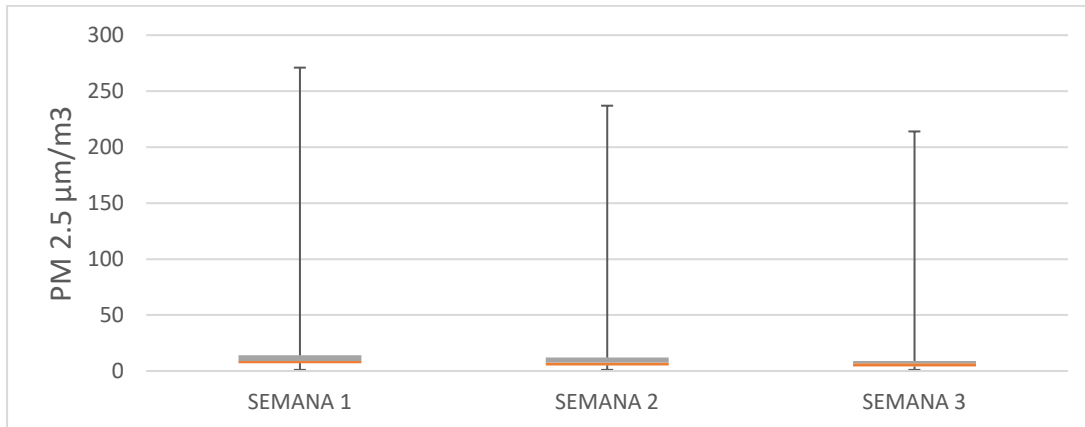
Fuente: La autora

En la figura 12 indica el promedio del barrio la joya 1 de cada uno de los lugares, de acuerdo al cronograma de toma de datos.

Se puede observar que el lugar de mayor contaminación en el horario de 10:00 a 11:00 es el día viernes en el parque y en la semana 2, el cual no sobrepasa el límite de la norma de la OMS ni la norma ecuatoriana TULSMA. En el horario de 11:00-12:00 el lugar que obtuvo mayor valor es el día sábado en la casa en la semana 3 no sobre pasa ninguna norma. Además, en el horario de 12:05 a 13:05 el lugar que obtuvo mayor valor fue el día martes en la calle en la semana 2 el cual también no sobre paso ningún límite permisible.

Figura 13.

Caja de Bigotes del Barrio el Tambo.

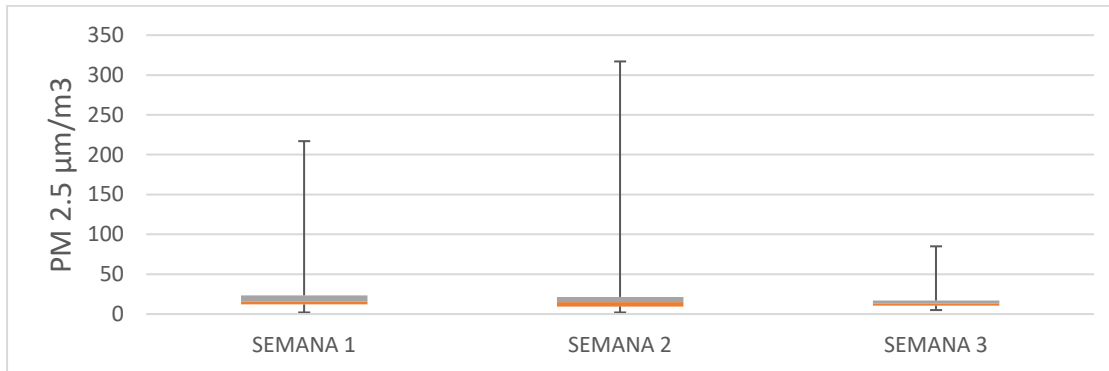


Nota. Fuente: La autora

En la figura 13 se muestra los valores máximos de las tres semanas de mediciones en el barrio el tambo, en el cual se observa que en la semana 1 es donde llego el valor máximo de material particulado de $271 \mu\text{g}/\text{m}^3$ además el resto de semana nos indican valores similares. El diagrama de cajas nos permite ver que existen valores atípicos por lo que existe una gran distancia entre las medianas ($s_1=9$, $s_2=7,5$ y $s=7,5$) y los valores máximos. Esto se debe a que existieron factores externos en lo cuales se realizaron las mediciones, estacionamiento de transporte pesado, limpieza en las viviendas y el polvo existente. Sin embargo, se observa que la mayoría de sus datos no están dispersos.

Figura 14.

Caja de Bigotes del Barrio el Joya 2.

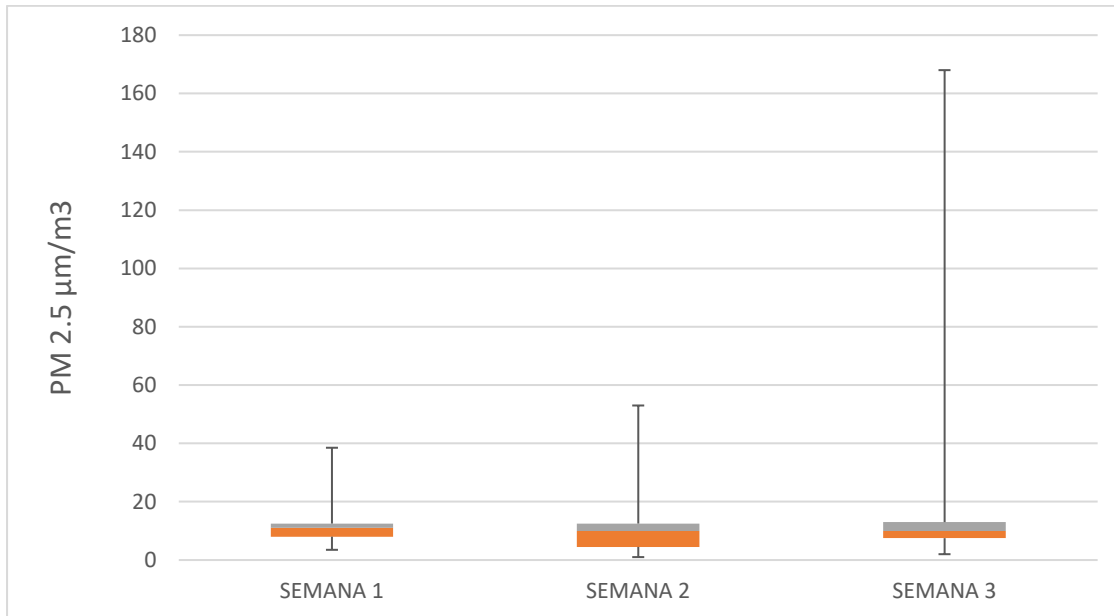


Nota. Fuente: La autora

En la figura 14 se muestra los valores máximos de las tres semanas de mediciones en el barrio la joya 2, en el cual se observa que en la semana 2 es donde llegó el valor máximo de material particulado de $317 \mu\text{g}/\text{m}^3$ además el resto de semana nos indican valores menores a ello en la semana 1 el valor máximo es de $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la semana 3 es de $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El diagrama de cajas nos permite ver que existen valores atípicos por lo que existe una gran distancia entre las medianas ($s_1=13$, $s_2=15$ y $s=13$) y los valores máximos. Esto se debe a que existieron factores externos en los cuales se realizaron las mediciones, como por estacionamiento de transporte pesado, limpieza en las viviendas, el polvo existente y el número de habitantes. Sin embargo, se observa que la mayoría de sus datos no están dispersos.

Figura 15.

Caja de Bigotes del Barrio el Joya 1 de las tres semanas de mediciones



Nota. Fuente: La autora

En la figura 15 se muestra los valores máximos de las tres semanas de mediciones en el barrio la joya 1, en el cual se observa que en la semana 3 es donde llego el valor máximo de material particulado de $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$ además el resto de semana nos indican valores menores a ello en la semana 1 el valor máximo es de $38,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la semana 2 es de $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El diagrama de cajas nos permite ver que existen valores atípicos por lo que existe una gran distancia entre las medianas ($s_1=11$, $s_2=10$ y $s=10$) y los valores máximos. Esto se debe a que existieron factores externos en los cuales se realizaron las mediciones, como por estacionamiento de transporte pesado, limpieza en las viviendas, el polvo existente y el número de habitantes. Sin embargo, se observa que la mayoría de sus datos no están dispersos.

4.3 Percepción ciudadana acerca del material particulado PM 2.5

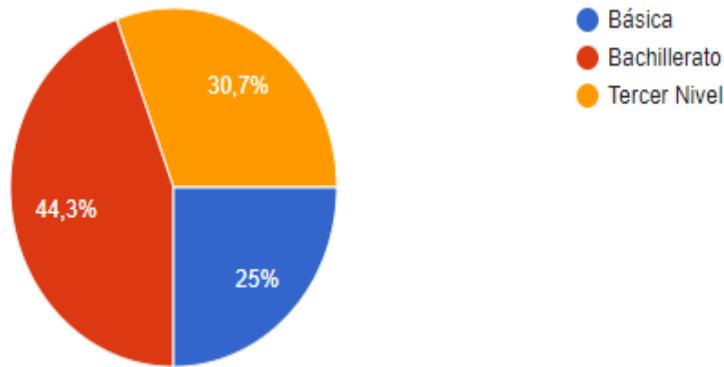
Para conocer acerca de la percepción de las personas se realizado una encuesta en los respectivos barrios, esta encuesta fue en base a la encuesta realizada por Rodríguez A. (2019) de la Universidad de Colombia.

Encuesta de percepción ciudadana de material particulado PM2.5

Nivel de estudio

Figura 16.

Nivel de estudio.



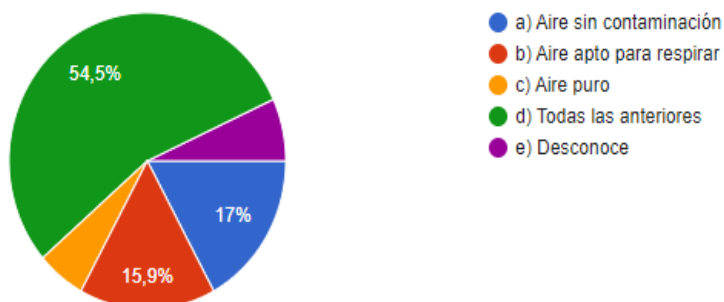
Nota. Fuente: La autora

El 25% de la población encuestada tiene un nivel de educación básica, el 44,3% tiene un nivel de bachillerato y el 39,7% tiene estudios de tercer nivel.

Cuál de las siguientes opciones relaciona con la “calidad del aire”

Figura 17.

Cual opción relación con "calidad del aire"



Nota. Fuente: La autora

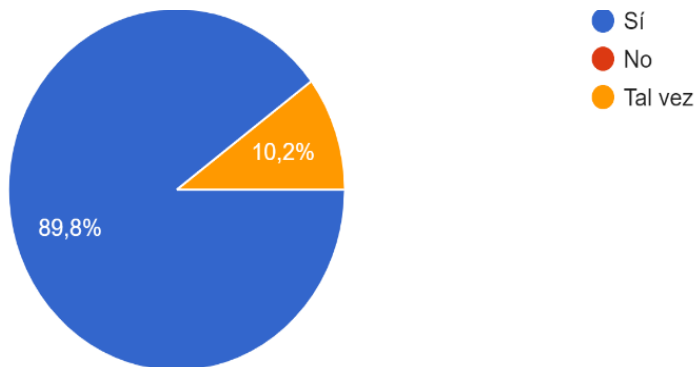
La población relaciona a la calidad del aire con: 54,5% lo relaciona con aire sin contaminación, apto para respirar y que sea puro, el 17% solo lo relaciona con aire sin

contaminación, el 15,9% lo relaciona solo con aire apto para respirar, el 5,7% lo relaciona con aire puro y el 6,8% desconoce acerca del tema.

¿Es importante este tema para usted?

Figura 18.

El tema es importante para usted.



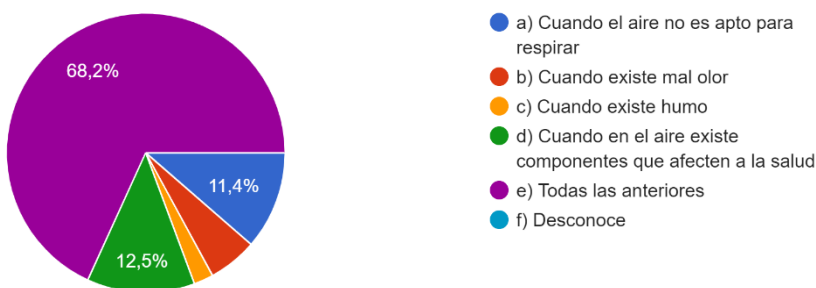
Nota. Fuente: La autora

Al 89,8% de la población encuestada le es importante la calidad del aire; mientras que al 10,2% no están seguros del interés de la misma.

¿Cuándo consideraría usted que la calidad del aire es mala?

Figura 19.

Cuando considera que la calidad del aire es mala



Nota. Fuente: La autora

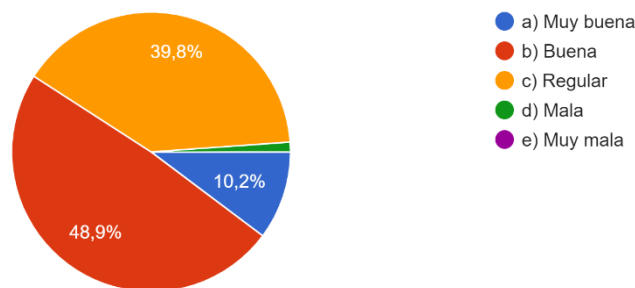
El 68,2% de la población considera que la calidad del aire es mala cuando el aire no es apto para respirar, cuando hay mal olor, humo y cuando existen componentes que afecten a la

salud, el 12,5% considera que la calidad del aire es mala cuando existen componentes que afecten la salud, el 11,4% considera que la calidad del aire es mala cuando el aire no es apto para respirar, 5,7% considera que la calidad del aire es mala cuando existe mal olor y el 2,3% considera la calidad del aire mala cuando existe humo.

¿Cómo cree que es la calidad del aire en su barrio?

Figura 20.

Como cree que es la calidad del aire en su barrio



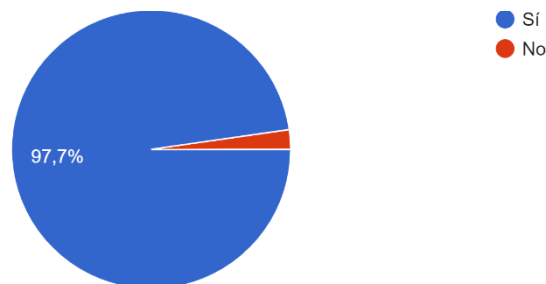
Nota. Fuente: La autora

El 48,9% de la población considera que la calidad del aire en su barrio es buena, el 38,8% considera que su barrio tiene una calidad del aire regular, solo el 1,1% considera que la calidad del aire en su barrio es mala. Cabe destacar que nadie de la población considera que la calidad de su barrio es muy mala.

¿cree que la calidad del aire puede afectar su salud?

Figura 21.

Cree que la calidad del aire puede afectar su salud



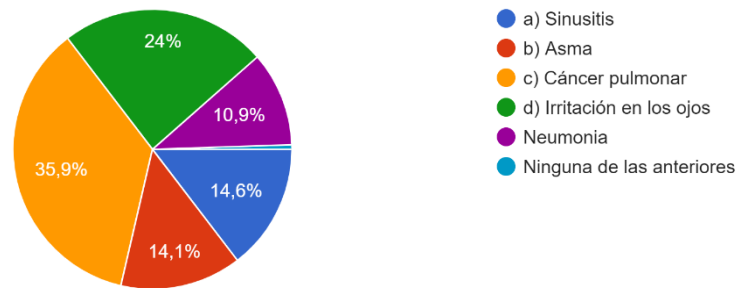
Nota. Fuente: La autora

El 97,7% de la población considera que puede existir afectaciones de salud si la dependiendo de la calidad del aire mientras que solo el 2,3% considera que esta no tiene relación entre sí.

¿Cuál/es de las siguientes enfermedades se pueden producir por la exposición diaria a la contaminación del aire?

Figura 22.

Cual/es de las siguientes enfermedades se pueden producir por la exposición diaria a la contaminación del aire



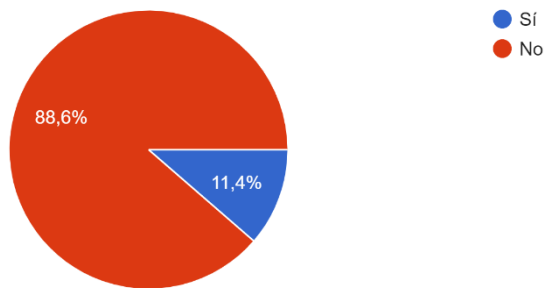
Nota. Fuente: La autora

El 35,9% de la población considera que la exposición diaria a los contaminantes del aire puede provocar cáncer pulmonar, el 24% lo relaciona con irritación en los ojos, 14,6% cree que la exposición diaria a la contaminación causa sinusitis, el 14,1% cree que puede causar asma, el 10,9% lo relaciona con que puede provocar neumonía y el 0,5% piensa que no provoca ningún tipo de daño a la salud la contaminación del aire.

¿Ha tenido o tiene alguna enfermedad relacionada con la contaminación del aire?

Figura 23.

Ha tenido o tiene alguna enfermedad relacionada con la contaminación del aire

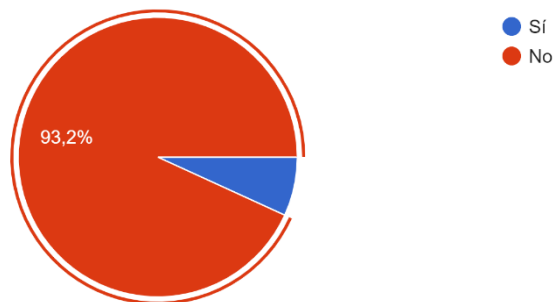


Nota. Fuente: La autora

El 88,6% de la población menciona que no ha tenido ningún tipo de afectación a su salud a causa de la contaminación del aire mientras que el 11,4% menciona que si lo ha tenido.

¿Conoce algo acerca del contaminante material particulado PM 2,5?

Figura 24. *Conoce algo acerca del contaminante material particulado 2,5*



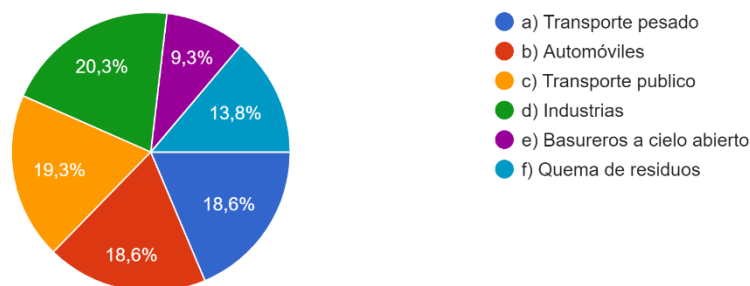
Nota. Fuente: La autora

El 93,2% no sabe nada con lo que respecta al material particulado PM 2.5 mientras que el 6,8% si sabe acerca del contaminante.

¿Cuál considera usted que son las principales fuentes de contaminación del aire?

Figura 25.

Cual considera usted que son las principales fuentes de contaminación del aire



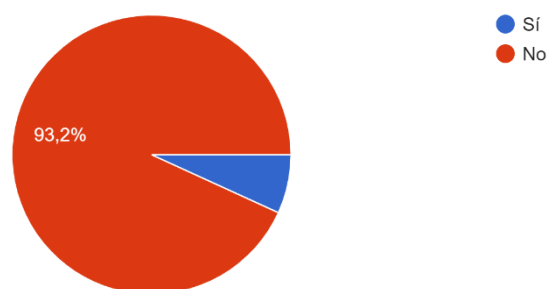
Nota. Fuente: La autora

El 20,3% considera que la principal fuente de contaminación del aire son las industrias, el 19,3% considera que es el transporte público, el 18,6% considera que son los automóviles, el otro 18,6% considera que es el transporte pesado, el 13,8% considera que es la quema de residuos y el 9,3% considera que la principal fuente son los basureros a cielo abierto.

¿conoce alguna acción que realice el gobierno y/o municipio con lo que respecta el preservar la calidad del aire?

Figura 26.

Conoce alguna acción que realice el gobierno y/o municipio con lo que respecta el preservar la calidad del aire



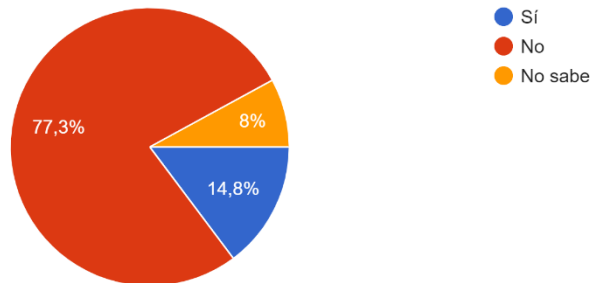
Nota. Fuente: La autora

El 93,2% no conoce o desconoce acerca de alguna acción que realice el gobierno y/o municipio con lo que respecta el preservar la calidad del aire, mientras que el 6,8% considera que si existe alguna acción por parte de la entidad.

¿Cree usted que vive en un área muy contaminada?

Figura 27.

Cree usted que vive en un área muy contaminada



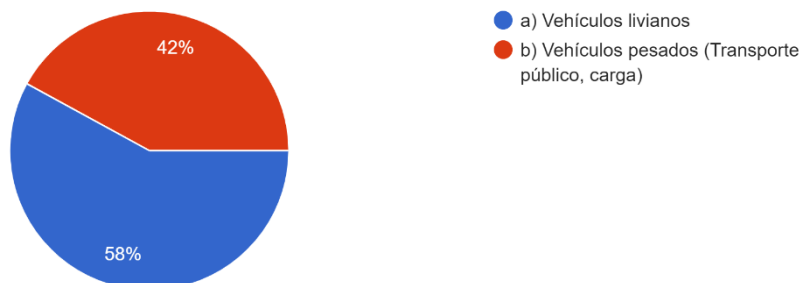
Nota. Fuente: La autora

El 77,3% considera que no vive en un área muy contaminada, el 14,8% considera que vive en un área contaminada y el 8% desconoce si vive en un área contaminada.

¿Cuál es la mayor fuente de contaminación de aire en su barrio?

Figura 28.

Cuál es la mayor fuente de contaminación de aire en su barrio



Nota. Fuente: La autora

El 58% considera que la mayor fuente de contaminación en su barrio son los vehículos livianos mientras que el 42% considera que son los vehículos pesados (transporte público, carga entre otros).

4.4. Discusión

De acuerdo al estudio de (Maldonado Maya & Rojas Monroy, 2019), se sabe que la percepción de los estudiantes de la universidad del Bosque en Bogotá, el 37% considera que tiene una calidad del aire buena mientras que el 63% considera que tiene una calidad de aire entre regular y mala. En contraste a lo que presenta la investigación ya que la percepción ciudadana de los barrios nos indica que el 59,1 % considera que la calidad que respira es de muy buena a buena, y solamente el 40,9 % considera que la calidad de aire que respira es de regular a mala. Además, se evidencio que la población de la universidad solamente el 21% estaba relacionada con los términos no PM 2,5 Y PM 10, sin embargo, en el presente estudio el 93,2% de la población no supo el termino PM 2,5. Estas diferencias pueden establecerse por los niveles de estudios de las diferentes poblaciones encuestadas

En base a la investigación de (Guerrero Guerrero & Veintimilla Hidalgo, 2021), se estima que los valores de mayor exposición al contaminante fueron desde las 12h00 a 14h00 pero sin sobre pasar la norma, sin embargo, hay que recalcar que en la investigación ocurrió lo contrario ya que en el barrio el tambo en la hora de 6h30 a 9h35 también hubo datos altos de exposición los cuales, si superaron los límites máximos permisibles de acuerdo a la OMS pero no los límites máximos permisibles del TULSMA, sin embargo en las horas de 10h00 a 13:05 si hubieron valores que superaron la norma de la OMS y el TULSMA. Mientras que en el segundo barrio (joya 2) ocurrió algo similar la diferencia es que en el primer horario es donde los valores superaron ambas normas a diferencia de lo que sucedió en el segundo horario ya que nada mas sobrepasaron la norma de la OMS y en el tercer barrio (joya 1) solo en el primer horario hubo valores que sobre pasaron la norma de la OMS, en comparación con los otros dos barrios este último no registro valores que sobrepasaran ninguna de las normas de calidad del aire para la población. En la investigación de (Guerrero Guerrero & Veintimilla Hidalgo, 2021) también indica que las diferencias que hay entre la estación REMMAQ y el sensor sps 30;

mediante el cálculo de errores cuadráticos se evidencio que existe una relación entre ambas mediciones por ende se tiene confiabilidad en los datos que ha arrojado el dispositivo en la presente investigación.

Además, según el estudio de (Johnston et al., 2019) se ha podido demostrar la eficacia de los sensores de bajo costo en comparación con la red AURN de Reino Unido ya que se usaron 4 diferentes tipos de sensores como Alphasense OPC-N2,PMS5003, Plantower PMS7003 y Honeywell HPMA115S0 quienes realizaron mediciones en el año 2018 y se calculó el error cuadrático medio entre ambos lo cual arrojó resultados similares entre los sensores y la estación AURN por lo que tienen valores relativamente similares entre sí. Las diferencias que se observaron se pudieron a ver dado por las condiciones en el entorno local y el rendimiento de los sensores.

El objetivo de la utilización de los sensores de bajo costo es que la población pueda acceder a este tipo de información e incluso entidades gubernamentales en sitios de difícil acceso para que con ello existan más metodologías, medidas de prevención y mitigación con lo que respecta a la contaminación del aire, así como también lo señala (Aldana Montero et al., 2021)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✓ De acuerdo a los resultados del índice de calidad podemos decir que la calidad del aire en los tres barrios va desde la categoría de bueno hasta dañina para la salud, sin embargo, su índice de calidad prevalece en categoría de bueno en los diferentes barrios. Esto se puede ver alterado tal vez porque al momento de realización de las mediciones, a nivel mundial existe una pandemia causada por el SARS-COV2 lo cual ha limitado a las personas a salir de sus casas, los negocios han reducido su producción y ventas de

los diferentes productos lo cual puede inducir a una diferencia en las mediciones a comparación de años anteriores o futuros, a la vez de que el cantón mejía se lo considera como un sector agrícola y ganadero por lo cual hay más cantidad de vegetación.

- ✓ Mediante la obtención de datos de las mediciones y con la percepción ciudadana se puede decir que si existe una relación entre ambos ya que el 59,1 % considera que la calidad que respira es de muy buena a buena, y solamente el 40,9 % considera que la calidad de aire que respira es de regular a mala. A su vez también se puede decir que la población desconoce acerca del material particulado ya que solamente el 6,8% conocían acerca del tema, sin embargo, es necesario implementar acciones para que la población sepa acerca del tema ya que el 89,8 considera importante el tema e incluso que les va a llegar afectar a su salud, pero no saben con exactitud acerca de esto. Consideran que la mayor fuente de contaminación en su barrio se debe a los vehículos livianos antes que de vehículos pesados.
- ✓ Mediante la obtención de las medias con las mediciones realizadas se puede evidenciar que el barrio con mayor contaminación es el de la Joya 2 en la casa en el horario de 6h30 a 9h35 con una concentración de 62,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sobre pasando la norma ecuatoriana TULSMA; el segundo barrio fue el tambo que el valor máximo de la media registrada fue el día viernes en el parque con un valor de 33,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sobrepasando la norma de la OMS; el barrio joya 1 el día miércoles en el parque sobrepaso el límite máximo permisible por la OMS con una concentración de 47,78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En el horario de 10h00 a 13h05 el barrio con mayor contaminación es el tambo ya que el día martes en la calle supera los valores del límite máximo permisible del TULSMA con una valor de 77,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; el segundo barrio es la joya 2 el día sábado en la calle ya que registra valores superiores a la norma de la OMS con un valor registrado de 40,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; el tercer lugar está el barrio joya 1 el cual registra un valor máximo en el día martes en la

calle con un valor de 22,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sin sobrepasar ninguna norma. Con estos resultados podemos decir que el barrio con menor contaminación es la Joya

5.2 Recomendaciones

- ✓ Para próximos estudios se recomienda que las mediciones abarquen más territorio para que más personas se beneficien y sepan cómo es la calidad del aire de su sector ya que se usaran sensores de bajo costo por lo cual no será tan costoso este tipo de monitoreos.
- ✓ Se recomienda concientizar a la población de cuán importante es el aportar en una encuesta para tener reportes reales y saber la situación actual de la población y que a los mismos se les incentive para que sepa cuan importantes es la contaminación del aire y las afectaciones que se tiene por este tipo de contaminante.
- ✓ Para una mejor la recolección de datos es necesario colocar puntos más estratégicos en los diferentes sectores y que estos cuenten con una red estable de internet y de conexión continua para la electricidad para evitar mayores conflictos y que puedan producir errores en las mediciones.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aldana Montero, E. Y., Durán, S., Altamar Consuegra, A. d. S., & Santos Montero, A. (2021). *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN SENSOR DE BAJO COSTO PARA MEDIR LA CALIDAD DEL AIRE*. acofipapers.org.
<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/download/1999/1611>
- AQICN. (2016). *Air Quality Index Scale and Color Legend*. Beijing Air Quality.
<https://aqicn.org/scale/>
- Barría, R. M., Calvo, M., & Pino, M. (2016, septiembre-octubre). Contaminación intradomiciliaria por material particulado fino (MP2,5) en hogares de recién nacidos. *Revista Chilena de Pediatría*, 87(5), 343-350.
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S037041061630016X?token=A7FEEEE8218AB985E85F5313D26C17AAEBC0C12628D551CEA1D0ADAF4BD7EB860A40FE623DE68508925AC647C55C7A53C&originRegion=us-east-1&originCreation=20220112034159>
- BOLETÍN DE LA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DE MÉXICO. (2015, sep/oct). La contaminación del aire y los problemas respiratorios. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 58(5). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422015000500044#fn1
- Chuquer Solá, D., Ampudia Vásquez, S., Puertas De La Cruz, C., Bustamante Granda, L., Reina Velasco, C., & Ramírez Cevallos, F. (2018, octubre 3). *CONTAMINACIÓN DELAIRE A FILO DE CALLE EN QUITO, CASO ESTUDIO GUAYAQUIL Y ESPEJO*. DSpace ESPOCH.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17297/1/Contaminaci%c3%b3n%20del%20aire%20a%20filo%20de%20calle%20Espejo%20en%20Quito.pdf>
- Díaz Fonseca, O. D., Rojas Roa, N. Y., & Rodríguez Pulido, A. I. (2018, julio 20). *Evaluación de la exposición de ciclistas a la contaminación del aire: una revisión de la literatura*. SciELO Colombia. <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v20n6/0124-0064-rsap-20-06-764.pdf>
- Ferraro, S. A. (2016, marzo). *Deposición del material particulado. Esquema representativo de la... | Download Scientific Diagram*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/figure/Figura-3->

Deposicion-del-material-particulado-Esquema-representativo-de-la-deposicion-
de_fig2_312231377

FLACSO, PNUMA, & MAE. (2008). *Informe sobre el estado del medio ambiente*. Portada.

<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41444.pdf>

GAD CUTUGLAGUA. (2020). *PDyOT(2020-2024) – GAD CUTUGLAGUA*. GAD CUTUGLAGUA.

<https://gadcutuglagua.gob.ec/pdyot2020-2024>

Galindo, E. (2015, Marzo). *Estadística Métodos y Aplicaciones* (Tercera ed.). Prociencia Editores.

García Navarrete, G., & Rico Soto, K. (2019, septiembre 30). *SENSORES DE BAJO COSTO PARA EL MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE Low cost sensors for air quality measurement*.

EPISTEMUS. Retrieved February 11, 2022, from

<https://epistemus.unison.mx/index.php/epistemus/article/download/108/83/258>

Gaviria G., C. F., Benavides C, P. C., & Tangarife, C. A. (2011, May 18). *Contaminación por material particulado (pm_{2,5} y pm₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-200*. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/120/12021452003.pdf>

Guerrero Guerrero, D. R., & Veintimilla Hidalgo, E. J. (2021, septiembre). *Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de sensores de bajo costo de material particulado 2,5, ubicados alrededor de dos estaciones de la red de monitoreo atmosférico del DMQ*. Repositorio UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20874>

IERSE-Universidad del Azuay. (2021). *Análisis del comportamiento de contaminantes atmosféricos desde Enero a Junio del 2021*. Infraestructura de Datos Espaciales UDA.

<http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/Analisis-Contaminantes-2021.html>

Johnson, J. A., & Chan, A. C. (2009). *Sobre el AQI*. SICA.

https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_72927_1_01102012.pdf

Johnston, S. J., Basford, P. J., M. Bulot, F. M., Apetroaie Cristea, M., C. Easton, N. H., Davenport, C., Foster, G. L., Loxham, M., . R. Morris, A. K., & Cox 1, S. J. (2019, enero 8). *City Scale Particulate Matter Monitoring Using LoRaWAN Based Air Quality IoT Devices*.

ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/330224108_City_Scale_Part particulate_Matter_Monitoring_Using_LoRaWAN_Based_Air_Quality_IoT_Devices

MAE. (2015, noviembre 4). *REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>

Maldonado Maya, A. C., & Rojas Monroy, N. F. (2019, noviembre 28). *PROPUESTA DE BAJO COSTO PARA EL MONITOREO DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5 Y PM10 EN TIEMPO REAL EN LA UNIVERSIDAD EL BOSQUE, BOGOT*. Repositorio Unbosque. https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2089/Maldonado_Maya_Andes_Camilo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

OMS. (2003, enero 13-15). *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*. Green Facts. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf

OMS. (2005). *OPS OMS | Calidad del aire | Guías*. PAHO/WHO. https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=rdmore&cid=9833&Itemid=40799&lang=es

Prefectura de Pichincha. (2017, agosto 29). Mejía - Cantones. <https://www.pichincha.gob.ec/cantones/mejia>

Quijano Parra, A., & Orozco M, J. A. (2005, julio). *Monitoreo de material particulado-fracción respirable (PM 2.5) en Pamplona (Colombia)*. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90330201.pdf>

Quijano Parra, A., Quijano Vargas, M. J., & Henao Martínez, J. A. (2010, enero-julio). *Caracterización fisicoquímica del material particulado fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia*. Redalyc. Retrieved December 15, 2021, from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90315226007>

Rodríguez A., M. (2019). *PERCEPCIÓN DE LOS EFECTOS EN SALUD ASOCIADOS A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y ESTIMACIÓN DE LA MORTALIDAD EVITABLE QUE IMPLICA SU REDUCCIÓN EN EL DMQ*. Repositorio PUCE.

http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17425/PERCEPCION_CONTAMINACION_ATMOSFERICA_MUERTES_EVITADAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

RUBIO BAUSTISTA, J. R. (2019, marzo). *MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL MATERIAL PARTICULADO PM10 Y PM2,5 EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA "CAMPUS SUR"*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17086/1/UPS-ST004034.pdf>

Sandoval D., B., Reyes R., T., & Oyarzún G., M. (2019, marzo). *Mecanismos de los efectos nocivos para la salud de la contaminación atmosférica proveniente de incendios forestales*. SciELO Chile. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482019000100049

Sensirion. (2020, marzo). *SPS30 Sensirion | Mouser Ecuador*. Mouser Electronics Ecuador. <https://www.mouser.ec/ProductDetail/Sensirion/SPS30?qs=lc2O%252BfHJPVbEPY0RBeZmPA%3D%3D>

7. ANEXOS

Anexo 1. Media, mediana y desviación estándar Tambo 6:30 a 9:35

HORARIO	SEMANA	LUGAR	LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			SÁBADO		
			M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ
6:30-7:30	1	CASA	18,7 3	11,0 0	22,0 4	16,3 9	19,0 0	6,62	19,9 8	15,0 0	20,3 3	22,7 1	10,0 0	31,6 1	10,7 3	8,00	3,86	27,9 7	14,0 0	35,8 2
		PARQU E	9,08 5,42	6,00 5,00	10,2 1,68	6,58 6,79	6,75 7,00	0,82 1,38	11,6 10,9	11,2 10,5	2,08	8,17	8,00	2,75	4,73 33,9	3,00 75,3	3,03	7,47 9	7,00 3,79	2,35 4,00
6:30-7:30	2	PARQU E	11,7 3	12,0 0	5,01	26,8 4	22,5 0	16,4 9	11,4 5	10,0 0	3,52	6,00	6,00	1,18	6,63	6,50	2,05	14,3 4	14,5 0	1,25
		CASA	19,8 5	16,0 0	13,0 3	4,12	3,50	1,71	10,7 0	11,2 5	2,06	5,45	4,00	4,76	4,78	4,00	1,59	13,5 8	13,5 0	0,90
8:35-9:35		CALLE	8,16	8,00	1,29	3	4,50	3	6,37	6,00	1,16	2,71	2,50	0,69	7,81	8,00	1,66	10,3 4	10,5 0	0,82
6:30-7:30	3	CALLE	3,74	4,00	0,34	2,00	2,00	0,00	18,8 4	10,5 0	39,6 8	7,05	7,00	1,09	11,9 2	11,5 0	2,31	26,2 4	24,5 0	6,23
7:30-8:30		PARQU E	3,08 3,08	3,00 3,00	0,30 0,30	3,81	3,00	3,24	5,67	5,00	3,02	7,90	7,50	1,42	8,07	6,50	4,36	21,3 8	22,2 5	6,44
8:35-9:35		CASA	4,98	5,00	0,27	2,74	3,00	0,48	3,63	3,50	2,69	5,58	6,00	1,97	8,13	7,50	3,42	11,2 1	11,0 0	2,20

Anexo 2. Media, mediana y desviación estándar Tambo 10:00 a 13:05

HORARIO	SEMANA	LUGAR	LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			SÁBADO		
			M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ
10:00-11:00	1	CASA	7,60	7,00	0	16,7	16,0	5,28	15,0	15,0	1,41	9,76	0	2,30	34,4	31,0	14,5	10,0	9,00	2,0
11:00-12:00		PARQU E	6,37 5,97	6,00 5,00	1,6 0,9	6,97	6,75	1,42	16,6 17,0	16,2 14,7	1,72	8,82	7,50	3,51	14,2	14,0	1,90	12,9 12,4	13,0 13,0	0,7 3,3
12:04:13:04		CALLE	9,12	9,00	2,2	3,20	3,25	1,16	9,63	9,75	2,22	4,42	4,50	0,62	6,55	5,25	5,01	13,8 3	12,0 0	8,4 2
10:00-11:00	2	PARQU E	16,6 3	16,0 0	3,8 5	29,5 2	17,5 0	24,72	25,8 9	31,2 7,50	7	5,18	5,00	0,67	5,55	5,00	1,33	7,16	7,00	0,8 1
11:00-12:00		CASA	12,6 2	12,0 0	3,5 7	3,45	3,50	1,15	4,83	4,50	1,09	0	5,00	8	9,62	9,00	4,72	6,42	6,50	0
12:04:13:04		CALLE	9,12	9,00	2,2	3,20	3,25	1,16	9,63	9,75	2,22	4,42	4,50	0,62	6,55	5,25	5,01	13,8 3	12,0 0	8,4 2
10:00-11:00	3	CALLE	6,65	7,00	1,3	7,6	3,00	0	37,2 7	36,5 0	13,9 7	6,56	7,00	1,30	4,60	4,00	1,03	6,24	6,00	0,5 6
11:00-12:00		PARQU E	5,15 5,15	5,00 5,00	0,9 2	14,1 3	4,25	25,46	8,17	8,00	1,71	6,15	4,25	7,15	4,42	4,50	0,88	5,43	6,00	1,5 2
12:04:13:04		CASA	5,10	4,00	1	5	0	5,37	7,32	6,50	3,07	6,52	6,00	1,64	5,82	5,25	1,91	12,3 0	10,2 5	6,4 8

Anexo 3.Media, mediana y desviación estándar Joya 2 6:30 a 9:35

HORAR IO	SEMAN A1	LUG AR	LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			SÁBADO			
			Me			Me			Me			M			M			M			
			M	d	σ	M	d	σ	M	d	σ	M	ed	σ	M	ed	σ	M	ed	σ	
6:30-7:30	1	CASA	37,	41,	38,	11,	12,	4,1	24,	20,	12,	16,2	15,	4,4	18,6	17,	11,	26,0	32,	17,	
7:30-8:30			61	50	81	53	00	6	40	00	57	6	00	3	8	00	39	8	00	09	
7:30-8:30			CALL	23,	19,	8,7	6,1	6,0	0,3	10,	11,	1,2	27,6	25,	6,5	25,2	19,	14,	13,8	13,	2,0
6:30-7:30	2	CALL	50,	15,	91,	12,	13,	2,4	56,	28,	50,	32,1	37,	10,	18,0	20,	4,9	2,5	25,		
7:30-8:30			E	86	00	29	15	00	2	26	50	57	3	00	88	6	50	9	6,87	0	08
7:30-8:30			CASA	18,	17,	4,3	53,	32,	44,	25,	25,	3,4	12,0	12,	1,3	18,1	19,	4,8	13,9	14,	1,3
6:30-7:30	3	CASA	32,	33,	4,5	62,	66,	16,	12,	12,	1,2	13,4	13,	2,1	13,1	13,	2,3	7,0	2,4		
7:30-8:30			CALL	79	00	0	97	50	52	06	00	2	0	00	3	5	00	0	8,05	0	1
7:30-8:30			E	17,	15,	6,1	48,	42,	13,	14,	14,	1,6	13,7	13,	1,9	18,7	18,	3,2	12,2	12,	1,9

Anexo 4.Media, mediana y desviación estándar Joya 2 10:00 a 13:05

HORARI O	SEMAN A1	LUGA R	LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES S			SÁBADO			
			Me			Me			Me			Me			Me			Me			
			M	d	σ	M	d	σ	M	d	σ	M	d	σ	M	d	σ	M	d	σ	
10:00-11:00	1	CASA	12,5	12,5	0,4			0,4	10,4	10,0		23,4	14,5	16,9	23,2	23,5	0,8	14,8	13,5		
11:00-12:00			CALL	12,3	12,5	1,4			0,5	28,5	27,7	17,9	13,5	13,0		21,5	22,0	1,0	11,4	11,0	
11:00-12:00			E	5	0	4	7,83	8,00	3	0	5	0	3	0	2,02	7	0	8	7	0	1,97
10:00-11:00	2	CALL			0,5	19,3	19,5	1,6									1,2	40,2	40,0	18,8	
11:00-12:00			E	9,14	9,00	8	1	0	3	9,06	9,00	1,05	6,08	6,00	0,32	3,29	3,00	0	7	0	6
11:00-12:00			CASA			1,2	19,6	20,0	1,6	10,3	10,0					23,9	22,7	5,1	21,1	21,5	
10:00-11:00	3	CASA			0,6	11,5	11,0	1,6	10,2	10,0					13,9	14,0	0,9	15,6	15,0		
11:00-12:00			CALL	7,44	7,00	7	6	0	3	9	0	0,51	9,06	9,00	0,53	5	0	7	3	0	2,02
11:00-12:00			E			6,8	13,9	14,0	1,8	10,6	10,7		21,1	25,0		19,6	18,0	3,6	12,2	12,0	

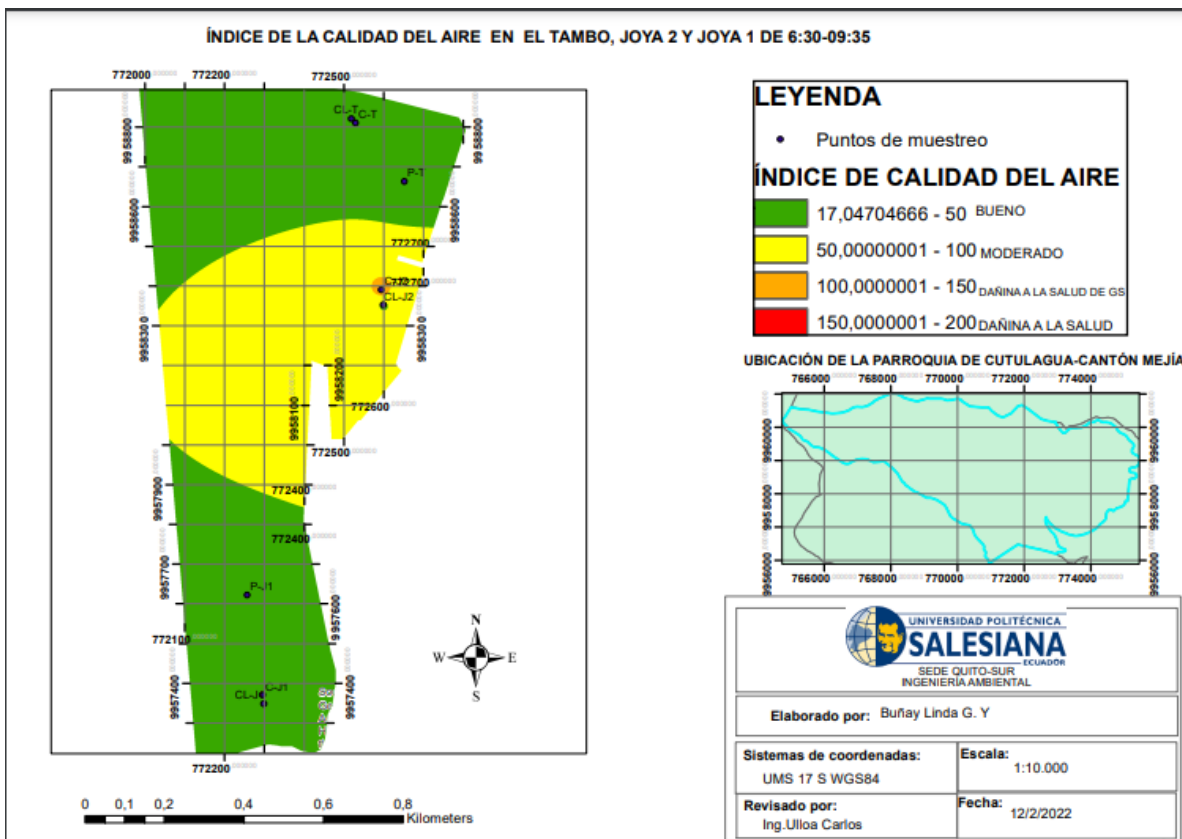
Anexo 5. Media, mediana y desviación estándar Joya 1 6:30 a 9:35

HORAR IO	SEMAN A 1	LUGA R	LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			SÁBAD O			
			Me			Me			Me			Me			Me			Me			
			M	d	σ	M	d	σ	M	d	σ	M	d	σ	M	d	σ	M	d	σ	
6:30-7:30	1	CASA	6,73	6,75	1	5,48	5,00	4	8	0	2,30	13,4	12,5		10,3	10,0	0,9	9,81	9,50	8	
7:30-8:30		CALLE	7,48	7,25	8	6,58	6,00	6	2	5	2,85	13,6	13,5		14,2	10,7	6,8	11,3	11,0	0,4	
8:35-9:35		PARQ UE	12,8 4	13,0 0	1,1 9				1,4 9,31	10,0 9,00		10,0 0	11,7 0	11,5 0,60		1,6 8,02	11,0 7,50	10,5 6	1,4 3	0,5	
6:30-7:30		PARQ UE			0,7 3,80	4,00	4	2,02	2,00	9	10,7	10,5		12,8	11,5		11,5	10,5	2,5	4,68	4,00
7:30-8:30	2	CASA	3,03	3,00	3	5	0	7	3	5	5,93	10,5	10,5		15,4	15,0	3,5	12,9	11,7	3,0	
8:35-9:35		CALLE			0,4				1,3	10,9	10,5	14,6	14,5			1,1				2,3	
6:30-7:30		PARQ UE			1,7 3,80	3,00	7	5,47	5,00	4	9,52	9,00	1,31	14,5	11,0	17,9	10,6	10,0	1,6	12,6	13,0
7:30-8:30	3	CALLE	3,55	3,00	7	5,47	5,00	4	9,52	9,00	1,31	8	0	9	5	0	3	1	0	9	
8:35-9:35		PARQ UE	12,3 2	12,0 0	4,7 6				1,6 5,92	6,00 2		42,8 8	5	7	28,0	27,5	17,3	0,6	12,4	12,5	0,4
6:30-7:30	3	CALLE			2,2				1,3	18,3	18,0					2,0				1,3	
7:30-8:30		PARQ UE	12,3 2	12,0 0	4,7 6				1,6 5,92	6,00 2		42,8 8	5	7	28,0	27,5	17,3	0,6	12,4	12,5	0,4
8:35-9:35		CASA	3,85	3,00	6	6,71	7,00	8	1	0	5,05	9,45	7,00	6,16	8,84	8,00	7	8,77	9,00	8,77	

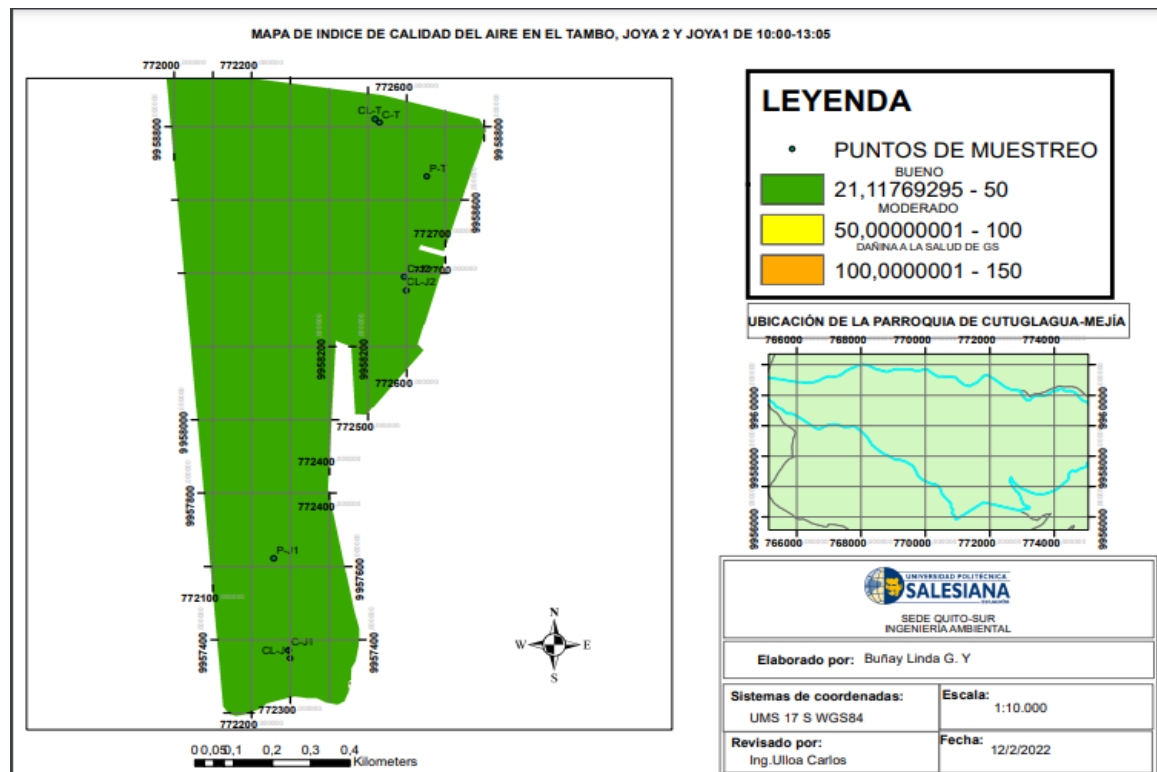
Anexo 6. Media, mediana y desviación estándar Joya 1 10:00 a 13:05

HORARIO	SEMANA 1	LUGAR	LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			SABADO				
			M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ	M	Med	σ		
10:00-11:00	1	CASA	13,6	13,5	0,9	6,45	6,00	2,39	10,1	10,0	1,0	10,0	1,4	11,1	11,0	0,8	10,0	10,0	1,3			
11:00-12:00		CALLE	11,5	11,2	0,8	11,6	12,7		12,9	13,0	0,6	8,05	8,00	0,8	16,5	18,0	3,6	7,94	8,00	1		
12:04-13:04		PARQU E	11,2 5	11,0 0	0,4 9	12,1 7	12,5 0	1,64	12,0 3	11,7 5	1,0 3	8,68	9,00	0,7	13,5	13,2	3,5	7,13	7,00	1		
10:00-11:00		2	PARQU E			0,1 2,05	2,00		4,32	4,50	1,05	11,5	11,5	2,0	10,5	10,5	0,3	21,1	18,0	9,1	9,18	9,50
11:00-12:00	CASA		4,42	4,50	5	6,48	4,50	4,49	8	0	7	10,3	10,0	0,4	14,7	14,5	0,6	13,7	14,0	1,9		
12:04-13:04	CALLE		4,50	4,00	8	22,1	25,0	14,2	15,1	14,0	3,7	8,63	9,00	1,1	6,33	5,00	0	7,68	8,00	4		
10:00-11:00	3		CALLE	6,60	6,00	5	11,1	11,0	1,67	10,3	10,0	1,2	10,3	10,5	0,8	13,7	13,5	1,0	14,6	14,5	1,2	
11:00-12:00		PARQU E			0,9 5,70	6,00		9,65	9,50	0,37	15,1	15,0	1,1	1,7	15,1	14,5	2,0	17,3	17,5	2,1		
12:04-13:04		CASA	4,93	5,00	1	7	0	0,31	7	0	5	7	0	5	9,62	0	2	8,55	8,59	2		

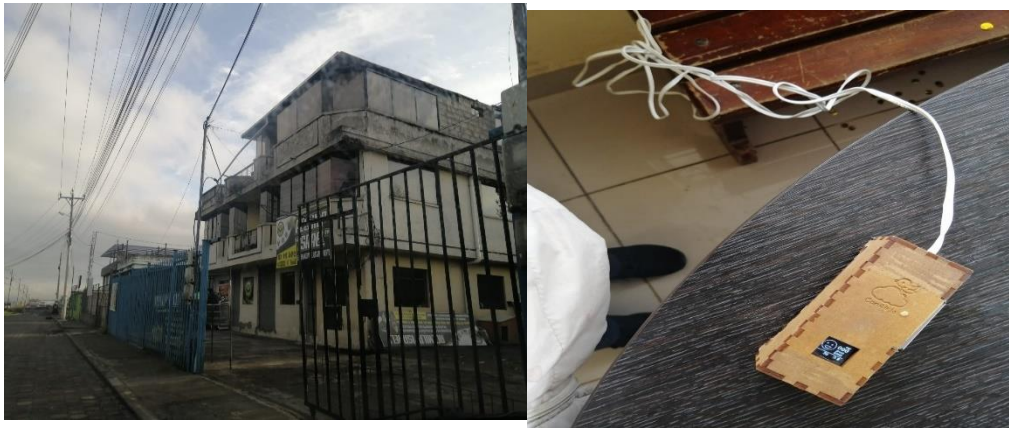
Anexo 7. Mapa de índice de calidad del aire 6h30 a 9h35



Anexo 8. Mapa de índice de calidad del aire 10h00 a 13h05



Anexo 9.*Casa Tambo*



Anexo 10.*Calle Tambo*



Anexo 11.*Parque Tambo*



Anexo 12.*Casa Joya 2*



Anexo 13.*Calle Joya 2*



Anexo 14.*Casa Joya 1*



Anexo 15.*Calle Joya 1*



Anexo 16.*Parque Joya 1*



Anexo 17. *Sensorian sps 30*

