



Análisis Comparativo de PM 10 y PM 2.5 durante la pandemia y postpandemia de la estación 3 avemarías ubicada en el barrio paraíso en la localidad norte- centro historio.

Barranquilla

Autores:

Maicky Daniela peinado Sinning

María José Gutiérrez Peña

Trabajo de grado tecnológico medio ambiente y desarrollo sostenible

Tutores

Martha Alicia Mendoza

Margarita Castillo Ramírez

Facultad de ingenierías

Ingeniería ambiental

Barranquilla 2022



CONTENIDO

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 6 |
| 3.1 | OBJETIVO GENERAL..... | 8 |
| 3.2 | OBJETIVO ESPECIFICO | 9 |
| 4. | JUSTIFICACIÓN | 9 |
| 5. | MARCO TEÓRICO | 12 |
| 5.1 | MARCO CONCEPTUAL | 12 |
| 6. | ESTADO DEL ARTE | 15 |
| | PREGUNTA PROBLEMA: | 27 |
| | HIPÓTESIS | 27 |
| 7. | METODOLOGÍA..... | 28 |
| 7.1 | ÁREA DE ESTUDIO | 28 |
| 7.1.1 | CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS | 28 |
| | LOCALIDADES DE BARRANQUILLA..... | 29 |
| 7.1.2 | CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS | 30 |
| 7.1.3 | ACTIVIDAD ECONÓMICA | 32 |
| 7.2 | ANÁLISIS DE DATOS: | 33 |
| 7.4.1 | EQUIPOS UTILIZADOS | 34 |
| 7.4.2 | MÉTODO DE MUESTREO | 36 |
| | PROCESO DE CALIBRACION DE LOS EQUIPOS:..... | 37 |
| | PROCESO DE VALIDACION | 38 |



| | |
|--|----|
| CRITERIOS | 40 |
| HISTÓRICO DE DATOS | 40 |
| ANÁLISIS DE DATOS..... | 41 |
| 7.5 ESTRATEGIAS..... | 41 |
| 8. RESULTADOS | 42 |
| 8.2. COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO PM10 Y PM2.5 EN LA LOCALIDAD NORTE- CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA PARA LOS AÑOS 2020 Y 2021. | 43 |
| 9. CONCLUSIONES Y DISCUSION..... | 75 |
| 9.1 CONCLLUSIÓN | 75 |
| BIBLIOGRAFÍA | 78 |
| ANEXOS | 80 |
| | |
| TABLA 1. | 35 |
| 2ANOVA PARA PM2.5 POR MES 2020..... | 55 |



RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento del material particulado PM10 y PM2.5 durante la época de pandemia y postpandemia en la localidad de Norte-Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla realizando un análisis comparativo de los contaminantes ente el periodo de 2020 y 2021 con ayuda de los datos arrojados en la estación de monitoreo las tres avemarías durante los años anteriormente mencionados. para el monitoreo y análisis de datos se utilizó el marco metodológico del protocolo de sistemas de vigilancia de calidad para el monitoreo de aire y el manual de equipos de calibración MP101M. como resultados obtenemos una diferencia estadística significativamente entre los años 2020 y 2021 siendo el 2021 el que presento menores concentraciones, visto que no se presentó ninguna fuente emisoras a diferencia del 2020 que se vio afectada drásticamente por las emisiones de las quemas de la isla salamanca y los vientos del Sahara, teniendo afectaciones en la calidad del aire y en la salud humana en la ciudad de barranquilla.

PALABRAS CLAVES: PM10, PM2.5, contaminación del aire, pandemia, postpandemia, OMS, calidad de aire, COVID-19.

ABSTRAC

The objective of this research was to determine the behavior of PM10 and PM2.5 particulate matter during the pandemic and post-pandemic period in the Norte-Centro Histórico locality of the city of Barranquilla, carrying out a comparative analysis of the pollutants between the period 2020 and 2020. 2021 with the help of the data released at the three Hail Mary's monitoring station during the years mentioned above. For the monitoring and analysis of data, the methodological framework of the protocol of quality surveillance systems for air monitoring and the MP101M calibration equipment manual were downloaded. As a result, we obtain a statistically significant difference between the years 2020 and 2021, being 2021 the one with the lowest concentrations, since no emitting source was present, unlike 2020, which was affected by the emissions from the burning of the island of Salamanca and the winds from the Sahara, affecting air quality and human health. In the city of Barranquilla.

KEYWORDS: PM10, PM2.5, air pollution, pandemic, post-pandemic, WHO, air quality, COVID-19.



1. INTRODUCCIÓN

La calidad del aire se ha visto muy afectada en los últimos años según la Organización Mundial de la Salud (OMS), indicando que 9 de cada 10 personas respiran aire cuyos niveles de contaminantes superan los límites recomendados en las directrices de la OMS. Barranquilla, es una de las ciudades con mayores niveles de contaminación, siendo uno de los factores principales las quemas que se produjeron en el departamento del Magdalena, sector Islotes y Vía Parque Isla Salamanca, ya que la mayor parte de cenizas, consideradas también como material particulado, llegó hasta la ciudad por las fuertes brisas, afectando a la población barranquillera.

A pesar de que, en el año 2020, la ciudad pasa por un confinamiento obligatorio debido a la pandemia atribuida al COVID-19, la calidad de aire se ve afectada por las quemas anteriormente mencionadas, siendo los meses de mayo y junio en los que más se ve afectada la calidad de aire, sobrepasando el límite permisible establecido por la OMS y llegando a alcanzar el límite permisible establecido en la Resolución 2254 del 2017.

Se pudo establecer dos tipos de fuentes generadoras de material particulado, la primera serían las fuentes móviles, en las cuales se encuentran todos aquellos camiones, camionetas, motocicletas, bicicletas a gasolina, buses de transporte público, buques, barcos (en los muelles), etc. Por otra parte, tenemos las fuentes fijas (empresas) que encontramos en su mayoría cerca de la zona industrial Vía 40, las cuales afectan en gran medida a la calidad de aire de la ciudad de Barranquilla.

Conociendo los datos establecidos por el Instituto Nacional de Salud, se le puede atribuir a la mala calidad de aire una cifra mayor a 17.000 personas fallecidas con un costo aproximado del



PIB del país del 1.5%. siendo los niños y adultos mayores los más afectados por esta problemática. Por lo presente se procede a generar la obtención de datos de la estación de monitoreo 3 avemarías para así comparar los resultados y establecer medidas preventivas a través de la educación ambiental para mitigar los impactos que generan esto tanto en la salud como en la vida misma del ser humano.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El material particulado es un contaminante que se puede encontrar en la atmosfera de la tierra, las cuales pueden estar presentes de manera líquida o sólida, según su tamaño se clasifican como PM10 a aquellos contaminantes que tienen un tamaño igual a 10 micrómetros, por su lado los PM2.5 son considerados como una fracción de este, contando con un tamaño menor de 2.5 micras, esto hace que sean más peligrosos para el ser humano.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), estos contaminantes generan un importante riesgo medioambiental para la salud tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Teniendo en cuenta estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras. Un 91% de esas defunciones prematuras se producen en países de bajos y medianos ingresos, y las mayores tasas de morbilidad se registran en las regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental de la OMS. En 2019, el 99% de la población mundial vivía en lugares donde no se respetaban las directrices de la OMS sobre la calidad del aire. La versión actualizada de 2021 de las directrices de la OMS sobre la calidad del aire ofrece una evaluación de los efectos de la contaminación del aire para la salud, así como de los niveles de contaminación que resultan perjudiciales para esta. (ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD , 2021)



En Colombia, según el Instituto Nacional de salud (INS 2018), la mala calidad del aire puede atribuir a más de 17.549 muertes a factores de riesgo ambiental, siendo 15.681 muertes asociadas a la mala calidad del aire, principalmente con pérdidas causadas por enfermedad isquémica del corazón (EIC) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), con un costo asociado al 1.5% del PIB del país por atención de enfermedades respiratorias asociadas.

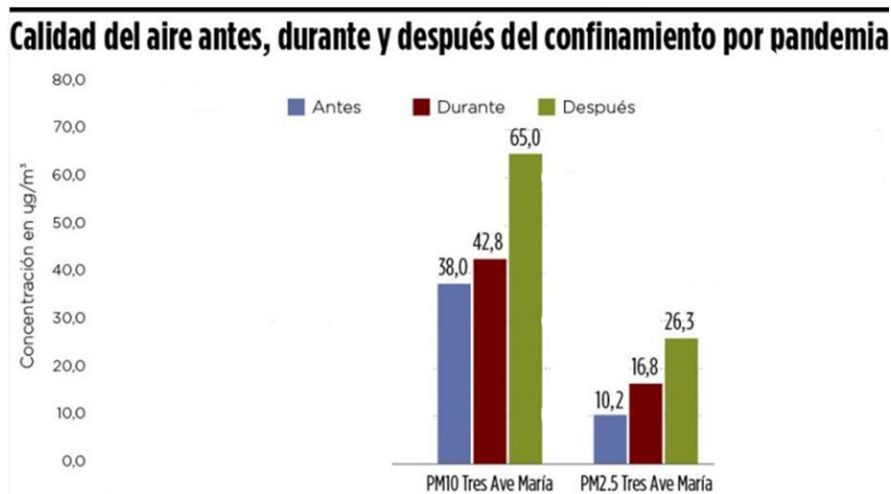
En los años 2020-2021, la humanidad pasó por una pandemia que condujo a millones de muertes; a pesar de los confinamientos que hubo en el año 2020 para prevenir el contagio entre las personas, se evidenció que los niveles de estos contaminantes se redujeron en 8% en ciudades como Bogotá en comparación con el 2019

En la ciudad de Barranquilla, no se evidenció una reducción de las emisiones de estos contaminantes, siendo uno de los factores principales las quemaduras que se produjeron en el departamento del Magdalena, sector Islotes y Vía Parque Isla Salamanca, ya que la mayor de cenizas, consideradas también como material particulado, llegaron a ubicarse en la zona norte de la ciudad, afectando a los habitantes de la localidad norte-centro histórico. En esta localidad se encuentra ubicada la estación de monitoreo del barrio Paraíso, donde se vieron reflejados altos niveles de concentración de Material particulado (PM10-PM2.5) siendo así, un gran peligro para la salud humana, debido a que el tamaño de ellos facilita la entrada a las vías respiratorias, dando lugar a enfermedades cerebrovasculares, cánceres de pulmón, neuropatías crónicas y agudas, como el asma, y otras. La ciudad tuvo un aumento del 46.6 % en PM10 comparado con los índices registrados antes del confinamiento por la pandemia por covid-19 y un 119 % en PM2.5 para el mismo lapso de tiempo. (ver gráfica).



Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se decidió analizar el comportamiento del material particulado (PM10-PM2.5) en la localidad norte-centro histórico durante la época de Pandemia Vs Postpandemia, así como la identificación de fuentes. Una vez identificadas estas y analizado el comportamiento, se podrán desarrollar estrategias de educación ambiental que coadyuven a la gestión de la calidad de aire en la localidad y en la ciudad de Barranquilla.

Grafica 1 calidad de aire antes, durante y después del confinamiento por pandemia (fuente. El Heraldo)



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento del material particulado (PM10-PM2.5) durante la época de Pandemia y Postpandemia en la localidad norte-centro de la ciudad de Barranquilla



3.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Identificar las fuentes que generan las emisiones de material particulado de PM10 y PM2.5 en la localidad Norte-Centro histórico de la ciudad de Barranquilla para los años 2020 y 2021.
- Comparar las concentraciones de material particulado PM10 y PM2.5 en la localidad Norte- centro histórico de la ciudad de Barranquilla para los años 2020 y 2021.
- Proponer estrategias de educación ambiental que ayuden a la gestión de la calidad del aire en la localidad Norte - Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla.

4. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) la calidad de aire se ha visto afectada por los distintos procesos antropogénicos que se ven a diario, indicando que 9 de cada 10 personas respiran aire cuyos niveles de contaminantes superan los límites recomendados en las directrices de la OMS; siendo los países de ingresos bajos y medianos los más expuestos a estos niveles de contaminación, debido a su falta de capacidad económica, técnica y operativa para realizar una gestión adecuada de la calidad del aire, por esto, la OMS presta apoyo a los países para hacer frente a la contaminación atmosférica.

Desde el smog suspendido sobre las ciudades hasta el humo en los hogares, la contaminación atmosférica plantea una grave amenaza para la salud y el clima (ORGANIZACION MUNDIAL DE SALUD, 2018). La calidad del aire es un problema de trascendencia en la humanidad a la



cual no se le ha dado la suficiente importancia que merece sin importar las consecuencias tan graves y devastadoras que tiene en la salud humana esta problemática, ya que tiene un impacto social y ambiental que afecta la calidad de vida y los ecosistemas.

En Colombia, se tiene establecido como una de las metas principales reducir la contaminación atmosférica hasta un 20%, evidenciándose hoy día la estrategia nacional de calidad del aire la cual tiene como objetivo mejorar la calidad de aire con énfasis en la reducción de material particulado en áreas urbanas, garantizando la protección del ambiente y la salud de los colombianos, a través del fortalecimiento y actualización de los instrumentos normativos y técnicos que permitan la reducción de emisiones a la atmosfera, fortaleciendo el conocimiento técnico científico para avanzar en la gestión de la calidad del aire en el país, generando lineamientos para proteger la salud de los ciudadanos y prevenir los estados excepcionales de contaminación atmosférica, creando las condiciones habilitantes para facilitar la financiación y así fortalecer la gestión integral de la calidad de aire en el país y definiendo los lineamientos del modelo de gobernanza de la calidad del aire para el país. (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, s.f.).

En la ciudad de Barranquilla, se ha fortalecido la gestión de la calidad del aire, mediante diferentes estrategias, dentro de las cuales encontramos el Plan Integral para la Gestión de la Calidad del Aire por parte de la Entidad Publica Ambiental Barranquilla Verde, donde se establecen los proyectos y programas para poder implementar en la ciudad y lograr la reducción de la contaminación atmosférica. Este proyecto se compone de tal manera que se puedan manejar los temas de salud pública y ambiental, monitoreo de emisiones atmosféricas y calidad del aire,



industria competitiva y de bajas emisiones, movilidad sostenible y de bajas emisiones, atención eventos de contaminación atmosférica. (Ortega, 2021)

El objetivo del análisis que se hará entre los contaminantes de PM 10 Y PM2.5 en el barrio paraíso ubicado en la ciudad de barranquilla entre los años 2020 y 2021, es encontrar cuál ha Sido la fuente de dichos contaminantes en el barrio anteriormente mencionado, para luego contrastar la información y saber que afecciones ha tenido en la salud humana, teniendo en cuenta que en el año 2020 y en el primer semestre del año 2021, se estaba manteniendo una situación de aislamiento obligatorio por causas atribuidas a la pandemia ocasionada por el Covid-19.

Teniendo en cuenta que el PM10 es una partícula con un tamaño menor a 10 micras y el PM2.5 con tamaño menor a 2.5 micras de diámetro, podemos entender que es un contaminante que fácilmente puede ingresar a las áreas más pequeñas de nuestras vías respiratorias y que pueden llegar al torrente sanguíneo, causando así problemas respiratorios, alergias, problemas en la piel y demás, es importante saber cuáles son las causas por las que estos contaminantes se encuentran en el aire de Barranquilla y más aún, cómo podemos hacer para detener la fuerte exposición a estos.

Esta investigación se hace en el barrio paraíso, por medio de la estación tres aves marías debido a que en el sector se cuenta con una estación de monitoreo de calidad de aire que será de mucha utilidad para conocer los efectos negativos que trae el material particulado generado por las quemas de bosques, quema de combustibles fósiles y contaminación móvil (transportes), la cual son presentadas en su totalidad en Barranquilla, teniendo en cuenta que en este barrio.



Teniendo en cuenta la población que reside en el barrio paraíso, se pretende hacer un análisis entre los contaminantes mencionados anteriormente, con el fin de saber cuál es la causa, cuáles son los problemas generados en la salud humana de dicha comunidad y como se puede enfrentar esa problemática para garantizar una mejor calidad de vida para la comunidad a través de la calidad del aire.

El aporte que puede dar esta investigación a la ingeniería ambiental es aportar estrategias científicas para la mejora y para la disminución de contaminantes de menos de 2.5 micras en el aire de la ciudad para así, ver menos impactos negativos en la salud humana.

Cómo anteriormente se mencionaba, los beneficiarios de dicha investigación será la comunidad residente del barrio paraíso

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Marco conceptual

5.1.1 Material particulado PM10 Y PM 2.5

El material particulado o también conocido como (contaminación por partículas) se refiere a partículas discretas que tienen diversos tamaños. Está compuesto por una mezcla de partículas (sólidas o líquidas) de acuerdo con la formación está conformada por partículas que contienen PM₁₀, y PM_{2.5}, tienen un tamaño que por lo general es de 10 y 2.5 micrómetros, gracias a esto son fáciles de inhalar que pueden llegar al interior del cuerpo como los pulmones o torrentes sanguíneos, así provocando diversas afectaciones en la salud humana. , Las partículas primarias son emitidas directamente al aire del ambiente, mientras las secundarias son formadas en la atmósfera por transformaciones de las emisiones gaseosas como los óxidos de azufre y nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles (Valeria Díaz Suárez, Carlos Páez Pérez, jun. 2006) La



presencia en la atmósfera de este contaminante ocasiona variedad de impactos a la vegetación, materiales y el hombre, entre ellos, la disminución visual en la atmósfera, causada por la absorción y dispersión de la luz (Chen, Ying & Kleeman, 2009) el material particulado posee diferentes tiempos de vida y de permanencia en la atmósfera. La principal limitante es el tamaño de las partículas, siendo su periodo en Re-suspensión en la atmósfera, es dependiente de su diámetro, con duración de horas, para las partículas más gruesas, hasta días y semanas, para las partículas más pequeñas. Igualmente se observan variaciones dependiendo de la capa atmosférica en que se encuentra. Por ejemplo, el tiempo de vida del PM en la troposfera varía entre un día a dos semanas, aproximadamente un año en la estratósfera (Morales, 2018)

5.1.2 Contaminación atmosférica por pm 10 y pm 2.5

la atmósfera es la parte del ambiente con la que el organismo humano está permanentemente en contacto. De hecho, muchas de sus reacciones pueden ser explicadas como la respuesta a los cambios en el estado físico y químico de la atmósfera¹. Tanto en el campo de la clínica como en el de la salud pública, la contaminación atmosférica es un fenómeno conocido y estudiado desde antiguo. (BALLESTER DIEZ, Ferran; TENIAS, José María y PEREZ-HOYOS, Santiago.

1999) en cuanto a La contaminación atmosférica, es uno de los principales problemas ambientales que se presentan en la actualidad. La contaminación atmosférica es la presencia de pequeñas partículas en el aire, lo cuales implican graves problemas a las personas, animales y plantas. Hay diferentes fuentes de contaminación atmosférica como las fuentes fijas y móviles (automóviles, incendios, industrias, etc.) en cuanto a los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud van desde un aumento de la mortalidad total y por causas respiratorias y cardiovasculares a las alteraciones del funcionalismo pulmonar y otros



síntomas, pasando por un incremento en el número de visitas médicas e ingresos hospitalarios. (BALLESTER DIEZ, Ferran; TENIAS, José María y PEREZ-HOYOS, Santiago. 1999) Los riesgos catastróficos de la contaminación atmosférica son hoy evidentes. Según los expertos, a causa de la actividad humana, además de los procesos naturales mismos, los contaminantes atmosféricos se han vuelto tan numerosos que hasta resulta difícil clasificarlos para su estudio (Gardner, 1996).

5.1.3 Enfermedades asociadas con la contaminación de material particulado

La OMS ha establecido la relación entre material particulado y la salud pública. Los efectos en la salud son amplios, relacionados en algunos casos con síntomas en las vías respiratorias superiores, como reacciones alérgicas, congestión nasal, sinusitis, tos, fiebre del heno, irritación en los ojos, entre otros. En otros casos, se relacionan con síntomas en las vías respiratorias inferiores, que requieren un tratamiento especial, como bronquitis, asma, enfisema, entre otros. También se presentan problemas severos, como cáncer de pulmón y anomalías reproductivas (Carlos F. Gaviria G¹; Paula C. Benavides C²; Carolina A. Tangarife^{dic} 2011). Para material particulado existen un sinnúmero de estudios epidemiológicos que muestran incremento de mortalidad y morbilidad (admisiones hospitalarias, síntomas respiratorios, disminución de la función pulmonar, etc. (Valeria Díaz Suárez, Carlos Páez Pérez. jun. 2006) el material particulado, el PM10 puede alcanzar la región traqueobronquial, mientras que el PM2,5 pueden alcanzar la cavidad alveolar, donde se depositan o pasan al torrente sanguíneo. De esta manera sirven como vehículo de transporte hacia otros tejidos, siendo éstas las principales causas de los incrementos en la mortalidad, provocando una disminución de la capacidad de defensa de los macrófagos alveolares. El material particulado atmosférico también se ha asociado con



fenómenos irritativos como: tos crónica, ronquera, síntomas respiratorios nocturnos, neuropatías, bronquitis, asma bronquial y cáncer pulmonar (Vivar, 2014).

6. Estado Del Arte

Núñez Blanco, Y.P (2019). Estimación de fuentes de material particulado atmosférico (pm10 y pm2.5) en la ciudad de Barranquilla, Colombia.

El objetivo general de esta investigación es cuantificar la contribución por parte de fuentes del material particulado (pm 10 y pm 2.5) en la ciudad de barranquilla ubicada en Colombia, la metodología de la investigación se basó en la selección del área de estudio que en este caso es la ciudad de Barranquilla capital del departamento del Atlántico, seguidamente se hizo un muestreo y determinación de las concentraciones del pm10 y pm 2.5, luego de esto, se hace la caracterización químicas de las muestras de pm10 y pm 2.5, para finalmente realizar un análisis estadístico. El tipo de investigación utilizado es el paradigma de investigación cuantitativo debido a que se hicieron toma de muestras de las concentraciones de los contaminantes anteriormente mencionados para así poder hacer análisis y crear un resultado en base a estos. La población utilizada para el desarrollo del proyecto fueron los habitantes de la ciudad de Barranquilla, capital del departamento del Atlántico. Las técnicas de muestreo que se utilizaron en la investigación fue, un muestreo durante 48 horas, obteniendo un total de 83 muestras en el periodo de abril a octubre de 2018, las muestras se hicieron mediante el equipo Partisol Dicotómico 2000i-D (Thermo Fisher Scientific), el cual funciona de manera a dividir en dos el flujo de muestras, recolectando simultáneamente las fracciones finas de (pm 2.5) y gruesas (partículas entre 2.5 y 10 μm de diámetro – PM2.5-10). Los resultados de la investigación indicaron que la existencia del contaminante pm 2.5 se obtuvo una concentración promedio de



12,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que la concentración del contaminante (PM10) fue de 46,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Como conclusión, esta tesis de grado representa lo que es la relación que existe entre las concentraciones de los contaminantes criterios mencionados anteriormente en el texto, dejándonos saber la importancia y los componentes que estos tenían en su caracterización química, es realmente importante tener en cuenta este tipo de información, debido a que son este tipo de contaminantes la causal de grandes enfermedades a nivel respiratorio del sistema inmunológico del ser humano.

Espinoza Guillen J.A (2015,2017). Evaluación espacial y temporal del material particulado pm10 y pm2.5 en Lima metropolitana para el periodo 2015-2017. Lima- Perú.

El objetivo general de esta investigación es realizar un análisis de la distribución espacial y temporal de la concentración de partículas de pm 10 y pm 2,5 en Lima Metropolitana en el periodo 2015-2017 y las influencias de las variables meteorológicas temperatura del aire y viento en la calidad del aire de la ciudad anteriormente mencionada. La metodología de investigación se basa en la utilización de datos de concentración de pm 2,5 y pm 10 y variables meteorológicas medidos y analizados por la DIGESA y el SENAMHI a través de la red de monitoreo de calidad de aire de lima. El paradigma utilizado para la metodología de esta ha sido de manera cuantitativa, debido a que la investigación se basa en datos de concentraciones medidos por la DIGESA y el SENAMHI. Como resultados tenemos La variación horaria del PM10 en Lima Metropolitana presenta dos picos máximos durante el día (09:00 a.m. y 08:00 p.m.) y dos picos mínimos (04:00 a.m. y 03:00 p.m.). A nivel diario los máximos valores se registran los martes y sábados y los mínimos valores los domingos. A nivel mensual los mayores valores de PM10 se registran durante los meses marzo, abril y mayo y los mínimos durante julio, agosto y setiembre.



La variación multianual del PM10 muestra que todas las estaciones de monitoreo, a excepción del Callao, superan significativamente los valores límites del ECA para PM10 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Los resultados muestran que los promedios diarios de PM10 sobrepasan significativamente los Estándares de Calidad Ambiental para aire (ECA) del Perú; así como los promedios anuales de PM10 y PM2,5 en casi todas las estaciones de monitoreo, superan significativamente el ECA y las guías de la OMS. Por consiguiente, concluimos diciendo que la calidad de aire en Lima Metropolitana debe ser vigilada más frecuente debido a que esto, es causante de muchas enfermedades respiratorias.

Gaviria CF, Benavides PC, Tangarife CA. Contaminación por material particulado (PM2,5 y PM10) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009).

Medellín- Colombia

El objetivo que tiene esta investigación es presentar evidencias estadísticas de la relación positiva entre contaminación por material particulado pm10 y pm2.5 y las consultas externas y por urgencia debidas a enfermedades respiratorias (asma, bronquitis, infecciones, rinitis). Como metodología esta se basa en la implementación de modelos diarios de series de cierres sobre registrados diarios de medición de pm10 y pm 2,5; estimándose diez modelos por mínimos cuadrados ordinarios con corrección de White para ajustar problemas de heterocedasticidad; cinco modelos con consultas por enfermedades respiratorias y PM10; y cinco modelos con consultas por enfermedades respiratorias y PM2,5. Se evidencia en el artículo una investigación de manera cuantitativa, debido a los muestreos que se realizaron para poder llegar a los resultados y previamente a las conclusiones. Como resultado, se tiene que en esta investigación se pudo establecer una relación positiva entre las consultas hospitalarias para cada uno de los



grupos (asma, bronquitis, infecciones, rinitis y total de enfermedades) y la contaminación por material particulado (PM10 y PM2,5). Se concluye diciendo que el artículo nos nutre de una excelente manera en cuanto a la comprensión del efecto negativo que se ve por parte de la contaminación atmosférica a causa del material particulado y su gran influencia en la salud pública en la ciudad de Medellín.

Zea Castro, M. E. (2020). Alternativas de reducción de material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad de Bogotá.

Bogotá- Colombia.

El objetivo de esta investigación es mitigar los impactos causados por el material particulado pm10 y pm2.5 en la ciudad de Bogotá usando las hojas de palma como principal agente para remover contaminantes atmosféricos por medio de procesos como la fotosíntesis, deposición seca y almacenamiento de carbono. Debido a que este es un artículo de revisión, contendría la información más importante recolectada mediante bibliografías existentes para generar conclusiones teniendo en cuenta los objetivos planteados. La metodología de esta investigación se constituyó en tres etapas. La primera, fue el análisis de la información encontrada en la revisión de referencias bibliográficas relacionadas con el problema planteado, algunas investigaciones existentes que se vinculen con la problemática y el contexto del tema. La segunda etapa, fue la discusión de la información, justificando el porqué del tema, su importancia para la salud ambiental y humana, para de esta manera hacer un planteamiento de las mejores alternativas de solución y cómo las personas y el desarrollo de la sociedad influyen en el mejoramiento de la calidad de vida y disminución de la carga contaminante provocada por el material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad de Bogotá. Para terminar, la tercera etapa fue la



realización de las debidas conclusiones respecto a los objetivos específicos, si las alternativas planteadas cumplen a cabalidad con las metas propuestas, como se pueden complementar y mejorar, para generar el resultado esperado. El tipo de investigación utilizado es investigación cuantitativa debido a que en esta se hace uso de datos encontrados en las distintas bibliografías utilizadas. Como resultados a la investigación tenemos que la enfermedad respiratoria ha sido una de las causas más frecuentes de mortalidad infantil en Bogotá, mencionando que la ciudad de Bogotá excede en gran parte el límite permisible de calidad de aire en cuanto a material particulado. Debido a que el sistema inmunológico de los niños es más sensible, son ellos los mayores afectados por dicho problema. Para concluir, podemos decir que se ha contemplado la implementación de techos verdes en diferentes usos en la ciudad para mitigar los impactos que trae consigo el alto nivel de material particulado en la calidad de aire de Bogotá debido a su bajo costo, la alta aceptación de la sociedad y que permite agregar valor estético a la zona donde se implementen.

Rafael Quispe, K. L. (2021). Impacto de la medida de aislamiento social obligatorio por COVID-19 en la calidad del aire (PM10, PM2. 5, SO2 y CO) de Lima metropolitana. Lima-Perú.

El objetivo general con el que cuenta esta investigación es, examinar el impacto de la medida de aislamiento social obligatorio para el control y mitigación de COVID-19 en la calidad del aire teniendo en cuenta 4 contaminantes criterios (PM10, PM 2.5, SO2 y CO) de Lima metropolitana. El enfoque metodológico que tuvo esta investigación se basó en tres periodos de tiempo, antes, durante y después del aislamiento obligatorio, examinando el impacto en la calidad de aire, utilizando los datos de concentraciones horarias de cuatro contaminantes (PM10, PM 2.5, SO2 y



CO) tomada de tres estaciones de monitoreo del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología. El tipo de investigación utilizada es un paradigma cuantitativo, debido a que se hicieron comparaciones de datos tomados en 2019, con referencia a los tomados durante el aislamiento. La población identificada son los habitantes de 43 distritos de Lima metropolitana. Como resultados de la investigación se puede observar que, en comparación con los datos de calidad de aire de Lima en 2019, teniendo en cuenta el periodo de referencia notamos una gran diferencia en los grupos de datos de ambos años, durante el periodo de aislamiento social se ve una reducción de 24.79%, 15.44% y 95.27% de PM10, PM2.5 y CO, en la estación Campo de Marte; y de 47.24 % de PM10, en la estación Santa Anita; y 25.53 % de SO₂, en la estación San Juan de Lurigancho, Para la etapa posterior a la medida de aislamiento, se observó el incremento de las concentraciones fueron de 26.76% y 40.32% de PM10 y PM2.5, en la estación Campo de Marte; y de 18.75 % de PM10, en la estación Santa Anita; y de 17.55 % de SO₂, en la estación de San Juan de Lurigancho. Concluyendo con el artículo notamos que el aislamiento obligatorio durante el periodo de pandemia tuvo un impacto positivo para la calidad de aire en la ciudad de Lima metropolitana, disminuyendo en un porcentaje significativo las emisiones de estos 4 contaminantes criterios que afectan en gran medida la salud humana.

Cetina Ospina, L. M. (2021). ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LA CALIDAD DEL AIRE EN TIEMPOS DE PRE-PANDEMIA Y PANDEMIA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ. Bogotá- Colombia

Esta investigación tiene como objetivo general identificar aquellos factores que influyen en el aumento o disminución de la calidad de aire de Bogotá con mayores concentraciones de



contaminantes teniendo en cuenta el periodo prepandemia (2019) y pandemia (2020). Tiene como enfoque metodológico la recolección de datos de las 18 estaciones de monitoreo fijas y las 2 estaciones móviles que están en la ciudad de Bogotá para tener las mediciones del año de prepandemia y comparar así con las mediciones del año en pandemia, teniendo en cuenta que en algunas de las estaciones de monitoreo de la ciudad, no se tiene casi que el 50% de los datos tomado debido a que no se pudo monitorear, solo se tendrá en cuenta: estación el Tunal, estación las Ferias, estación del Centro de Alto Rendimiento y la estación de Fontibón. El tipo de investigación descrita en la tesis fue cuantitativo debido a que en estas se tomaron datos de monitoreo de los dos años a evaluar para finalmente hacer una comparación de dichos años y llegar a una conclusión. La población tomada o estudiada fue los habitantes de la ciudad de Bogotá. Como resultados tenemos que la población más afectada son los de la localidad central y los menos afectados los de la localidad sur. Se concluye diciendo que a pesar de que hubo una disminución en los contaminantes anteriormente mencionados, aún se ve una localidad de la ciudad bastante afectada por la concentración de los mismos. Destacamos también la importancia de la mitigación de los contaminantes atmosféricos que, dependiendo de su concentración y el tiempo de exposición, generan afectaciones en la salud.

Bermejo Rolong, G. T., & Romo Padilla, Á. M. (2021). Evaluación del aporte de PM10 y PM2.5 en la calidad del aire de Barranquilla modelando diferentes escenarios de quema en el Vía Parque Isla de Salamanca. Barranquilla- Colombia

El objetivo general de investigación de esta tesis es evaluar la calidad de aire en el distrito de barranquilla teniendo en cuenta las concentraciones de pm10 y pm 2.5 provenientes de las quemaduras



forestales del parque vía isla salamanca utilizando un modelo de dispersión bajo diferentes escenarios de quemas. Como metodología inicialmente se hizo la determinación de los incidentes de incendios forestales y concentración de pm10 y pm 2.5, seguidamente se elaboró la línea base de calidad de aire teniendo en cuenta las emisiones de fuentes móviles, fuentes fijas y las emisiones para fuentes de área, se determinaron las emisiones por quemas en el parque vía isla salamanca y por último se realizó las modelaciones de dispersión de pm10 y pm2.5. la población estudiada fue los habitantes de la ciudad de barranquilla. El análisis de datos que se obtuvo en las estaciones de monitoreo, la Policía y las Tres Avemarías durante el año 2020 se observa que en el intervalo entre octubre y diciembre no se presentaron incendios forestales, periodo en el cual no hay picos y la calidad del aire es más estable y con promedios menores, en contraste con los meses anteriores, y obtenemos como resultados que la calidad del aire se afecta con los incendios forestales, es de anotar que tanto los valores, máximos, promedios y mínimos son mayores en los días que se presentaron incendios en comparación con los días donde no se presentan incendios. Se concluye que la calidad del aire del distrito de Barranquilla está influenciada significativamente por la magnitud, frecuencia y ubicación de los incendios forestales que se presentan en las temporadas secas en el Vía Parque Isla de Salamanca. La tesis nos muestra de manera clara las afectaciones que tiene sobre la salud este tipo de concentraciones elevadas a causa de las quemas ocasionadas en el parque vía isla salamanca.

Aldana Rivera, S. E., & Cárdenas Rodríguez, K. J. (2020). Análisis del estado de las capacidades en gestión de la calidad del aire urbano de Bogotá y Barranquilla como



insumo para el fortalecimiento de la política pública ambiental local vigente, a través del índice ceca, Bogotá – Colombia.

El objetivo general de este trabajo es analizar el estado de la capacidad de gestión de la calidad del aire urbano en Bogotá y Barranquilla a través del índice CECA como insumo para fortalecer las políticas públicas ambientales locales vigentes. Su fundamento se sustenta en la delicada relación entre la contaminación del aire y los riesgos ambientales para la salud, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo (OMS, 2018). Evaluar formas de mejorar la calidad del aire y sus buenas prácticas a través del Índice CECA (Índice de capacidad de gestión de la calidad del aire de la ciudad. La población estudiada fueron los residentes de la ciudad de Barranquilla. El análisis de los datos obtenidos por las estaciones de monitoreo, comisaría y tres Avemarías en 2020 no mostró incendios forestales durante el período octubre-diciembre, sin picos y de buena calidad. En comparación con los meses anteriores, el aire es más estable y el promedio es más bajo, obtenemos resultados de que la calidad del aire se ve afectada por los incendios forestales, cabe señalar que los valores máximo, promedio y mínimo están relacionados con días sin incendios. En comparación, los días de incendios son más altos. Se concluyó que la calidad del aire en la región de Barranquilla se ve afectada significativamente por el tamaño, frecuencia y ubicación de los incendios forestales en época seca en la Vía Parque Isla de Salamanca. Este documento hace una contribución importante y positiva a nuestro proyecto, porque a través del análisis de la calidad del aire, podemos verificar y cuestionar la efectividad de la gestión de la calidad del aire urbano en el área de estudio.



Análisis espacial de PM10 en el aire y su composición de metales con relación a factores ambientales alrededor de centros de educación preescolar en Cuenca

El objetivo general de esta investigación es el análisis espacial del P10 y su composición de metales con relación a factores ambientales alrededor de centros educativos con ayuda de exploratorio transversal utilizando datos del material particulado P10 y metales pesados en el aire de centros educativos preescolares, a partir de la necesidad de mejorar la calidad del aire para la población estudio analizó la correlación de los factores ambientales de generación, dispersión y deposición en función de la información secundaria disponible con la concentración de PM10 y metales (plomo, cadmio, cobre, y zinc) en muestras de aire recolectadas en 21 centros de educación inicial en la ciudad de Cuenca monitoreados como parte del proyecto CEDIA-CEPRA de la Universidad del Azuay, Universidad Indoamérica y Universidad de Cuenca (Rodas Espinoza et al., 2017) como resultado del análisis se obtuvo bajas relaciones entre contaminantes y

factores ambientales, la presencia de alta variabilidad en las concentraciones de contaminantes y niveles de PM10 que a menudo exceden los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud y la legislación nacional.

Análisis espacial del material particulado en relación con la percepción de la calidad de vida en tres localidades de Bogotá – Colombia

el estudio que se realizó se centró en el análisis espacial del material particulado, PM10 y PM2.5,



teniendo en cuenta la percepción de contaminación atmosférica de las localidades de Fontibón, Kennedy y Usaquén en la ciudad de Bogotá, las emisiones son generadas en su mayoría por fuente móviles (automóviles, motos y vehículos pesados) también hay fuentes de emisión fija (industria). para el análisis se realizó una encuesta a manera virtual a personas que viven en las 3 localidades. Como resultado se encontró que la contaminación ha ido disminuyendo en los últimos años, siendo la localidad de Kennedy la más contaminada por PM10 y PM2.5. Este resultado concuerda con el menor estrato socio-económico de esta localidad, en comparación con la de Usaquén con concentraciones menores de este material y estratos socio-económicos más altos, sin obtener una correlación significativa entre dichos factores.

Impact of Particulate Matter (PM2.5) and children's hospitalizations for respiratory diseases. A case cross-over study

esta investigación tiene como objetivo Evaluar la influencia de la contaminación atmosférica por material particulado en las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños, entre 2001 y 2005 en la Región Metropolitana de Chile, independientemente de la presencia ambiental de virus sincicial respiratorio (VRS). 72 479 hospitalizaciones públicas y privadas por enfermedades respiratorias de niños menores de 15 años residentes en la región del estudio se analizaron con un diseño de caso control alternante, con estratificación temporal. Se evaluó principalmente: hospitalizaciones por enfermedades respiratorias (J00-J99), neumonía (J12-J18); asma (J21.0 - J21.9) y bronquiolitis (J45 - J46). Recopilándose diariamente temperatura, MP10, MP2,5, ozono, virus respiratorios (VRS) y humedad ambiental.



Los promedios de MP10 y MP2.5 fueron 81,5 y 41,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. El promedio de temperatura fue 12,8 °C y de la humedad del aire 72,6 %. Un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2.5 con 1 y 2 días de rezago se asoció con un incremento de las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias cercano a 2%, este porcentaje aumentó a 5% cuando la exposición fue con 8 días de rezago, reflejando sinergismo entre material particulado y virus respiratorio (VRS). gracias a la investigación se puede decir que La exposición breve a contaminación atmosférica puede provocar hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños.

Análisis de la relación entre material particulado, cuarentena y COVID-19 en una ciudad del caribe colombiano

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la concentración del material particulado PM10, en los últimos 5 años; en los meses de precuarentena y postcuarentena del año 2020 y el impacto que tuvo el material particulado en el 2020 en la ciudad de santa marta- magdalena, el método de investigación fue un estudio retrospectivo de corte longitudinal, sobre el material particulado en una muestra de cinco estaciones de monitoreo ambiental, dentro del periodo 2016 – 2020. Se calcularon distribuciones de PM10 por año y estación, así como entre meses pre y postcuarentena. El estudio mostró que no hubo diferencias significativas de CPM10 entre las estaciones, aunque se observaron medianas superiores del contaminante en las del sur. La CPM10 de 2016 – 2020 (largo plazo) y en meses precuarentena (corto plazo) sobrepasaron los límites de riesgo aumentado de morbilidad por COVID-19 establecidos en estudios internacionales previos gracias a esto concluyeron que la pandemia ayudo a la reducción de P10, teniendo un gran impacto positivo con la calidad de aire de la ciudad de santa marta No obstante, los niveles de CPM10 encontrados a largo y corto plazo pudieron haber predispuerto a la



población al contagio y fallecimiento por el virus efecto de la contaminación ambiental por material particulado pm2,5 en el desarrollo neurocognitivo en niños menores de 5 años en dos jardines infantiles en Bogotá en el año 2017

el objetivo de esta investigación fue Determinar el efecto de la contaminación ambiental por material particulado 2.5 (PM2,5) en el desarrollo Psicomotor de los niños menores de 4 años en las en dos jardines Infantiles en Bogotá en el año 2017. Por medio de un estudio trasversal analítico. Se entrevistaron 174 padres de los niños adscritos en los jardines de las 2 localidades en el periodo comprendido entre abril 25 hasta 10 de mayo de 2017, que cumplieron los criterios de inclusión para el estudio. Se obtuvo que La media para edad fue 31.5 mes +- 10.9 meses, La media del peso 3046 +- 460 gramos. La distribución para residencia a menos de 100 metros chimeneas, el 21.8 %(n=38) Vivian cerca, la distribución para residencia a menos de 100 metros de Vía tráfico pesado fue 36 % (n=61) y el 29 % (n=51) admitió que fumaban en la vivienda por ende se puede decir que se evidenció que a medida que el niño estaba más expuesto a contaminación por PM 2.5 menor era su desarrollo en relación a niños menos expuestos

PREGUNTA PROBLEMA:

¿Cuál es la variabilidad de las concentraciones de PM10 Y PM 2.5 para los años 2020 y 2021 en la estación tres avemarías ubicadas en el barrio paraíso de la localidad Riomar de la ciudad de Barranquilla?

HIPÓTESIS

El comportamiento de PM10 y PM2.5 fue diferente entre la época de Pandemia y postpandemia en la localidad Norte- Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla



7. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este proyecto es de análisis cuantitativo, para el monitoreo y análisis de datos se utilizó el marco metodológico del protocolo de sistemas de vigilancia de calidad para el monitoreo de aire, manual de operación.

(MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL , 2008)

7.1 Área De Estudio

La ciudad de barranquilla se encuentra ubicada en el departamento del atlántico- Colombia, fue fundada el 7 de abril de 1813 (fecha de institucionalización) y organizada constitucionalmente en el año de 1993 como Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla es cuna de importantes connotaciones de la cultura y la tradición folclórica del país. Es el principal centro económico de la Región Caribe colombiana, y tiene vocación comercial e industrial como principales actividades económicas.

Según el departamento administrativo nacional de estrategia (DANE) la ciudad cuenta con una población de 1.120.130 habitantes, lo que la convierte en una de la ciudad más poblada del país

7.1.1 Características geográficas

La ciudad de barranquilla se encuentra ubicada en vértice nororiental del departamento del Atlántico, sobre la orilla occidental del río Magdalena, a 15 kilómetros a su desembocadura en el mar caribe. Barranquilla se encuentra en una latitud de 10°59'16'' al norte de la línea



ecuatorial de $74^{\circ}47' 20''$ al occidente de Greenwich, tomando como referencia la Plaza de la Paz (punto cero).

Localidades de barranquilla

Barranquilla se encuentra dividida en 5 localidades según la ley 768 de 2002, las cuales suman en total 188 barrios y 611 manzanas, aproximadamente.

- **Localidad Sur Occidente:** Limita al norte con la carrera 38 y al sur oriente con la acera oeste de la avenida la cordialidad. En la zona este, colinda con la acera oeste de la calle Murillo y al sur occidente con los límites del municipio de Galapa, incluyendo zonas de expansión urbana y rural, así como el corregimiento de Juan Mina. Cuenta con 67 barrios.
- **Localidad Metropolitana:** Limita al sur oriente con la acera este de la avenida la cordialidad, empalmando con la acera oeste de la calle 45 con carrera 21; al sur oeste colinda con la Avenida Circunvalar, incluyendo zonas de expansión urbana y rural. Cuenta con 23 barrios.
- **Localidad Sur Oriente:** Limita al norte por la carrera 38, al sur oriente por el río Magdalena; al sur occidente por la acera este de la avenida Murillo y al sur por los límites del municipio de Soledad. Cuenta con 37 barrios.
- **Localidad Norte Centro Histórico:** Limita al nororiente con el río Magdalena; al norte con la acera Sur de la carrera 46 autopista al mar hasta la calle 84, siguiendo hasta la calle 82 con carrera 64, hasta empalmar con el río Magdalena. Al Occidente colinda con la Avenida Circunvalar incluyendo zonas de expansión urbana y rural.



Cuenta con 36 barrios

- **Localidad Riomar:** Limita al norte con el río Magdalena, al occidente con la periferia del municipio de Puerto Colombia, al sur con la acera norte de la carrera 46 autopista al mar hasta la calle 84. Al oriente limita con la carrera 46 con calle 84, siguiendo hasta la calle 82 y el arroyo de la 84, finalizando en el río Magdalena. Incluye zonas de expansión urbana y rural, así como el corregimiento de la Playa.

7.1.2 Características Meteorológicas

- **Clima**

Por la ubicación cerca de la línea del ecuador, la ciudad presenta altas temperaturas durante todo el año, con mínima de 23C° y una máxima de 33C°, y la temperatura media anual es de 27C°, sin embargo la cercanía al mar, sus bajas latitudes y sus tierras bajas aportan a la moderación de la temperatura ambiental por las influencias de las brisas marinas (CIOH, s.f.) El clima de la ciudad de barranquilla se clasifica como tipo cálido arico muy seco según la clasificación climatológica

- **Precipitación**

De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), el distrito de barranquilla se ubica en un área fuertemente influenciada por el efecto de la latitud. Es caracterizada por un



comportamiento bimodal, presentando dos períodos definidos por su régimen pluvial: un período seco y otro de lluvias durante el transcurso del año, y tiene una precipitación anual acumulada de 821 mm. El primero se presenta entre diciembre y mayo, coincide con el invierno boreal durante el cual los vientos alisios del noreste propician un ambiente fresco. La temporada lluviosa comprende los meses de abril a noviembre, con una breve interrupción entre junio y julio por la llegada de los vientos alisios del sureste, caracterizados por una menor humedad, conocido como el Veranillo de San Juan (norte, mayo 20221)

- **Temperatura**

El promedio mensual del registro de temperaturas durante el período multianual 1981-2010 de las estaciones meteorológicas A.E. Cortissoz y Las Flores, las temperaturas medias están en 27,7°C (Las Flores) y 27,6°C (A.E. Cortissoz). Las temperaturas mínima y máxima medias registradas son de 25,7°C y 30,4°C (Las Flores) y 24,3°C y 33,4°C (A.E. Cortissoz).

- **Humedad relativa**

La distribución de la humedad relativa es del tipo mono modal. De acuerdo con los registros durante el periodo multianual 1981-2010, la humedad relativa promedio anual está entre 81% y 83% en las estaciones meteorológicas A.E. Cortissoz y Las Flores, respectivamente (IDEAM, 2017a).

- **Evaporación y evapotranspiración**



Donde se localiza la ciudad de barranquilla se encuentran altas evaporaciones en las temporadas secas. Los valores más altos se registran en el comienzo del año y los más bajos se registras en la segunda temporada de lluvia, que son entre octubre y noviembre, Aunque no son muy apreciables, es posible notar un segundo máximo en julio y agosto, y un mínimo secundario hacia los meses lluviosos del primer semestre (IDEAM, 2017a).

7.1.3 Actividad Económica

Barranquilla cuenta con un puerto que cubre dos rutas principales: la del río Magdalena con una ruta hacia el interior del país; y la del mar Caribe, para el comercio con Europa y Asia.

La actividad económica de barranquilla es dinámica y esta se centra principalmente en la industria, las finanzas, el comercio las finanzas, los servicios y la pesca, también tiene una actividad portuaria, siendo una sede de puerto más grande del país y uno de los más competitivos a nivel nacional. Entre los productos industrializados se encuentran las grasas vegetales y aceites, productos farmacéuticos, químicos industriales, calzado, carrocerías para buses, productos lácteos, embutidos, bebidas, jabones, materiales de construcción, muebles, plásticos, cemento, partes metalmecánicas, prendas de vestir y embarcaciones (Ibid).

Las actividades económicas del departamento del Atlántico incluyen la agricultura, la ganadería, la pesca y en especial la industria y el comercio (en la capital departamental) (DANE y BRC, 2016). La pesca es un recurso importante, pues el departamento cuenta



con cursos, cuerpos de agua y costa sobre el mar Caribe, siendo que el eje de la actividad industrial es la ciudad de Barranquilla.

7.2 Análisis De Datos:

Los datos fueron analizados con estadística descriptiva, comparando el comportamiento por hora, día, mes y año para cada contaminante en la época de pandemia y postpandemia

Para realizar el análisis comparativo estadístico, se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XVI. Se aplicaron dos tipos de técnicas, la prueba de hipótesis para comparación de medias. En el caso del análisis comparativo global de las concentraciones promedio de los contaminantes entre los años 2020 y 2021, además se aplicó análisis de varianza acompañado de la prueba LSD de Fisher para la realización de comparaciones múltiples, en este caso se refiere a las comparaciones entre días de la semana y mes del año tanto para PM10 y PM2.5 en los años 2020 y 2021 aplicándose en todos los casos una confianza del 95%.

7.3 Identificación de las fuentes que generan las emisiones de material particulado de PM10 y PM2.5 en la localidad norte-centro histórico de la ciudad de Barranquilla para los años 2020 y 2021

Para identificar las fuentes generadoras de emisiones de material particulado en la localidad norte, se revisó el archivo de la autoridad ambiental del Establecimiento público ambiental Barranquilla verde, encontrándose las empresas y/o actividades que puedan generar emisión de los contaminantes a analizar.



Por un lado, tenemos en cuenta que las emisiones de fuentes fijas son generadas por todas aquellas empresas e industrias que encontramos en la ciudad de barranquilla, específicamente en la localidad Norte - Centro Histórico de la ciudad. Para las fuentes móviles se tomaron datos de la secretaria de Tránsito y Transporte de Barranquilla, en la que se evidencia que la ciudad cuenta con un parque automotor de 190,129 vehículos activos registrados. (FONDO COLOMBIA EN PAZ, 2022)

7.4 Comparación de las concentraciones de material particulado PM10 y PM2.5 en la localidad Norte- centro histórico de la ciudad de Barranquilla para los años 2020 y 2021.

Para este objetivo, se tuvieron en cuenta diferentes procesos, el primero es la validación de datos y calibración de los equipos utilizados en la operación de la estación de monitoreo Tres Avemarías ubicadas en el barrio paraíso durante los años de pandemia y postpandemia.

7.4.1 Equipos Utilizados

Los equipos utilizados para el monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5, fue el MP101M marca Environnement S.A de la estación de monitoreo las tres avemarías ubicadas en el barrio paraíso. Estos, hacen parte de una nueva generación de dispositivos de medición de material particulado, en el que se utiliza el medidor Beta. Las características se pueden evidenciar en la tabla 1.



Tabla 1. Características técnicas del equipo el MP101M.

Tabla 1.

características técnicas del equipo MP10M.

| Características técnicas | |
|--|---|
| Principio de medición | Medición cíclica por medidor de rayos Beta |
| Tipo de medida y unidades | – Densidad depositada en mg/cm ² – Concentración en mg/m ³ |
| Unidades de caudal | l/mn, m ³ /h |
| Unidades de volumen | litros, m ³ , Nm ³ , Sm ³ (a 20°C y 25°C) |
| Forma de los resultados de las mediciones de masa | – Periódico – Acumulativo |
| Forma de los resultados de las mediciones de concentración | -cíclico - Periódico - Promedio - Promedio flotante |
| Tiempo de conteo Geiger-Müller | Programable de 10 a 200 s |
| Períodos de exploración | 10 min, 1/4 - 1/2 - 1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 12 - 24 - 48 horas |
| Ciclos de medida | - 1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 12 - 24 - 48 - 72 - 96 - horas |
| Umbral de medida | Depende de periodos, ciclos y caudales seleccionados Ciclo de 24 horas: – caudal de 1 m ³ /h: 0,5 µg/m ³ |
| Ruido (con α Tc = 200 s) | 3 µg/cm ² en un período de 2 h (MP10) |
| Límite mínimo detectable (2con α Tc = 200 s) | 6 µg/cm ² en un período de 2h (MP10) |
| Fuente beta | Carbono 14, vida media > 5000 años |
| Ajuste de calibre | Automático en cada medición |
| Calibración | Por manómetro de referencia |
| Tasa de succión | 1 m ³ /h |
| Área efectiva del punto | 2,7 cm ² |
| Área útil del punto | 2,0 cm ² |
| Paso entre dos puntos | 23 mm |
| Cinta de filtro estándar | Ancho de cinta = 35 mm, largo = 30 m. Filtro fabricado en fibra de vidrio con masa de 6,9 mg/cm ² ancho de cinta = 35 mm, largo = 30 m. |
| Capacidad | 1200 muestreos que representan más de 3 años a razón de un punto cada 24 horas |



| Características técnicas | |
|--|---|
| Bomba externa | Bomba de vacío con dos cabezales de diafragma plano o impulsor bomba |
| Display | LCD |
| Teclado de control | 6 teclas |
| Señales de salida | -2 salidas analógicas (escala completa programable) 0-1 V, 0-10 V, 0-20 mA o 4-20 mA con aislador galvánico opcional. -3 salidas de alarma programables -1 salida pulsada -1 salida RS4i |
| Alimentación | 220 V-50 Hz (115 V-60 Hz bajo pedido) + tierra |
| Consumo | Sin bomba: 230 mA Con bomba: 1500 mA |
| Potencia activa máxima consumida por la bomba | 200VA |
| Potencia de la unidad | 300VA |
| Temperatura de funcionamiento | + 10 °C a + 40 °C |
| Comprobaciones de alarma | - Permanente -Detección e indicación de averías: temperatura, presión, caudales, parámetros eléctricos. |
| Pruebas y diagnósticos para el mantenimiento | Selección en el teclado y visualización de todos los parámetros. |
| Copia de seguridad que ahorra tiempo para los datos almacenados en FLASH | Ilimitado |
| y de reloj en tiempo real | 2 años por batería incorporada |

(Environnement S.A L' Instrumentation de l'environnement. Octubre, 2007).

7.4.2 Método De Muestreo: las partículas en suspensión se recogen tomando muestras de un volumen definido de aire en un filtro de fibra de vidrio. El filtro se desenrolla automáticamente entre la fuente Beta y un contador Geiger-Müller (GM) según secuencias definidas. Un manómetro BETA consta de una fuente de carbono 14 (14C) emitiendo radiación Beta suave y un radioactivo detector de radiación: tubo Geiger-Müller (G.M.). El G. M. se monta a una distancia dada aguas debajo de la cinta filtrante que recoge las partículas suspendidas en el aire.



Al determinar un depósito de masa, al final de cada período o ciclo, la fuente se alinea con el depósito de polvo y el contador (G.M.). Los rayos Beta de baja energía son absorbidos por la materia por colisión con los electrones cuyo número será proporcional a la densidad. La materia consiste en el filtro de fibra de vidrio, el polvo depositado y el aire entre la fuente y el G. M.

La medida que realiza el equipo, consiste en calcular la diferencia de absorción observada en el filtro blanco en el inicio del ciclo y en el filtro cargado al final del período o ciclo. Esta medida diferencial se utiliza para compensar la falta de uniformidad del filtro cuando calcula la masa del polvo depositado. El monitor también compensa la variación en temperatura del peso de la cuchilla de aire. La diferencia en el conteo de radiación antes y después de la recolección de las partículas representa la medida de la masa en el filtro. El muestreo se realiza con una bomba de vacío a través de un cabezal de muestreo conectado a la parte superior del analizador.

PROCESO DE CALIBRACION DE LOS EQUIPOS: Para que la medición sea válida, los equipos deben pasar por un proceso de calibración, el cual se hace a través del siguiente proceso:

El instrumento entra en la fase de "Inicialización", el papel de filtro se alimenta en un paso y la placa de presión se coloca en posición alta, contra el papel de filtro. Luego, la bomba se pone en marcha: el dispositivo pasa a la fase de «Secado de papel» con visualización de la cuenta atrás del tiempo de secado.

Luego, el instrumento pasa al modo "Blank" y muestra la cuenta regresiva del tiempo de precalentamiento del contador GM y la medición del conteo en blanco.



El instrumento realiza el primer blanco de una serie de 10 calibraciones. El instrumento repetirá 10 veces la medida en blanco, según lo programado en el campo «Número de calibración».

Cuando se terminan los 10 espacios en blanco, la pantalla muestra el promedio de las medidas de N espacios en blanco. Luego, el cursor se coloca frente a "Inserción de calibre de referencia" y este mensaje parpadea. Se debe insertar y hacer clic en el calibre de referencia, guiado por los dos pines.

El instrumento verifica el indicador de referencia, luego el cursor se mueve a «Calibración» y el instrumento inicia la calibración. En el siguiente campo, el valor instantáneo de conteo se muestra a la izquierda y el valor promedio de conteo se muestra a la derecha.

Finalización de la calibración del manómetro Beta: el instrumento vuelve a colocar la placa de presión contra el filtro para reiniciar las mediciones o realizar una nueva calibración.

(Environnement S.A L' Instrumentation de l'environnement. Octubre, 2007).

PROCESO DE VALIDACION: después de la obtención de los datos desde la plataforma NAMIS SISAIRE o de manera alterna, se procede a realizar el proceso de validación de datos para cada uno de los contaminantes analizados teniendo en cuenta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, así como los formatos FPM-GAM-01-06 Temperatura Shelter, FPM-GAM-01-01 FORMATO REGISTRO CERO Y SPAM, FPM-GAM-01-05 CALIBRACION VER MATERIAL PARTICULADO V01, FPM-GAM-01-03 CALIBRACION – VERIFICACION MFC V1 y FPM-GAM-01-02 CALIBRACIÓN MULTIPUNTO V1.



De esta forma es posible establecer diferentes niveles de revisión y validación de datos los cuales se componen así:

Nivel 1: (identificación de banderas, temperatura de Shelter, Cero Y Span, Calibración de material particulado, verificación MFC, Calibración multipunto).

Una vez se obtienen los registros de las estaciones en archivo de Excel estos son ingresados al formato donde se verifican las diferentes banderas establecidas por los equipos FIM-GAM-10-02 automáticos del SVCA , luego de revisar dicha información se procede a asignar las diferentes banderas teniendo en cuenta los formatos del sistema, FPM-GAM-01-06 Temperatura Shelter, si existen temperaturas superiores a los 30°C en alguna de las horas monitoreadas dichos valores se consideraran inválidos para esa hora, por otro lado, si la desviación estándar del conjunto de datos de temperatura durante el día supera el 2% se invalidaran todos los datos registrados para ese día y se establecen cual sea de los dos casos la bandera denominada “TS”.

Hecho lo anterior se procede a la verificación de los formatos donde se verifica que las calibraciones realizadas se ajusten a los lineamientos establecidos en las metodologías utilizadas, en caso de que no se cumplan con los criterios y rangos definidos se establecen las siguientes banderas:

| FORMATO | TIPO DE BANDERA |
|---------------|-----------------|
| FPM-GAM-01-01 | CS |
| FPM.GAM-01-05 | CMP |
| FPM-GAM-01-03 | VMFC |
| FPM-GAM-01-02 | CM |

Nivel 2 (criterios de validación de contaminantes atmosféricos y comparación).



Ya definidas las banderas para los datos registrados se procede a invalidar los datos que presentan errores o anomalías basándonos en la “guía práctica de validación de datos del IDEAM” de esta forma:

Criterios PM10 - PM2.5: las partículas suspendidas con diámetro menor a 2.5 micras – PM2.5 corresponden a una fracción del PM10 por lo tanto las concentraciones de PM2.5 no podrán sobrepasar a las de PM10.

HISTÓRICO DE DATOS

Para determinar el rango de validación, el laboratorio de calidad ambiental del EPA Barranquilla verde. Desarrolló un análisis histórico, teniendo en cuenta los datos generados desde el año 2018. Se realizó un análisis para cada una de las variables monitoreadas para establecer valores máximos y mínimos, una vez realizado este paso se procedió a establecer valores límites para cada variable, cabe resaltar que los datos que superen los límites máximos o mínimos deberán ser invalidados solo si se comprueba que no están asociados a eventos meteorológicos. Para estos datos se estableció la siguiente bandera “DA”. Los límites establecidos son los siguientes:

| PARAMETROS | LIMITES | BANDERA |
|------------|---|---------|
| PM10 | Menor a 5 ug/m ³ – Mayor a 150 ug/m ³ | DA |
| PM 2,5 | Menor a 3 ug/m ³ – Mayor a 70 ug/m ³ | |

Nivel 3 (Generación de gráficos y datos atípicos)



ANÁLISIS DE DATOS

Una vez realizadas las verificaciones de formatos y la aplicación de las diferentes banderas e invalidaciones, se procede a trasladar los datos contenidos en el formato FIM-GAM-10-02 al formato FIM-GAM-10-01, en este formato se calculan automáticamente las medias móviles para cada contaminante, promedios horarios, índice de calidad de aire, máximos y mínimos, porcentaje de datos válidos y la desviación estándar análisis, así mismo, se realiza conteo de las medias móviles que sobrepasaron los límites normativos (excedencias) para cada contaminante y para cada frecuencia, datos necesarios para la generación de gráficos.

Nivel 4 (Consolidación de información validada)

Una vez han sido validados los datos obtenidos por los equipos de monitoreo de calidad de aire y se haya comprobado su confiabilidad, se procede a realizar un tratamiento estadístico de este proyecto. Los reportes de calidad del aire deben cumplir con ciertos requisitos mínimos en cuanto a cantidad de datos presentados, cálculos, análisis y comparación con la norma nacional de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017.

7.5 Estrategias de educación ambiental que ayuden a la gestión de la calidad del aire en la localidad Norte - Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla.

Para el objetivo número 3, Una vez identificado el comportamiento entre año de Pandemia y Postpandemia, realizando una revisión bibliográfica sobre las tendencias en educación ambiental a nivel nacional, se diseñarán unas estrategias para poder concientizar a la comunidad en materia de calidad de aire tanto desde la parte preventiva, como para poder enseñarles mejor esta temática.



8. RESULTADOS

8.1 identificación de las fuentes generadoras de emisiones de material particulado de pm10 y pm2.5 en la localidad norte-centro histórico de la ciudad de barranquilla para los años 2020 y 2021.

Para la identificación de las fuentes fijas se contó con el Establecimiento Publico Ambiental Barranquilla Verde, revisando los expedientes de las empresas e industrias que se encuentran ubicadas en la localidad Norte - Centro Histórico, las cuales tienen influencia directa con la contaminación del aire durante el periodo establecido. Entre las empresas más cercanas a la localidad se encuentran empresas e industrias fabricantes de alimentos, textiles y confección, aserríos, comercializadoras de papel, cartón, pulpa e impresión, distribuidoras y fabricantes de herramientas metalmecánicas y demás como: Industrias Nacionales el Duque, Industrias Agrocolombia SAS, Industrias FAMA SAS, Industrias IGP LTDA, TECNO INDUSTRIAS LTDA, Distribuidora Industrial S.A.S, HIDROTEC INDUSTRIAL, Industrias SEDAL S.A., Metal Industrial H y H, INDUSTRIAS GUINOVART S.A.S, Milenium Innovaciones SAS, KASAPACK S.A.S, Megatronic, Corteaceros S.A Barranquilla, Grupo Empresarial Gallardo, ARQUISEG S.A.S, Ecofactory Group S.A.S, SERVICOLOMBIA S.A.S. generando un impacto negativo directo por las emisiones provocadas en la ejecución de las actividades realizadas por cada una de ellas.

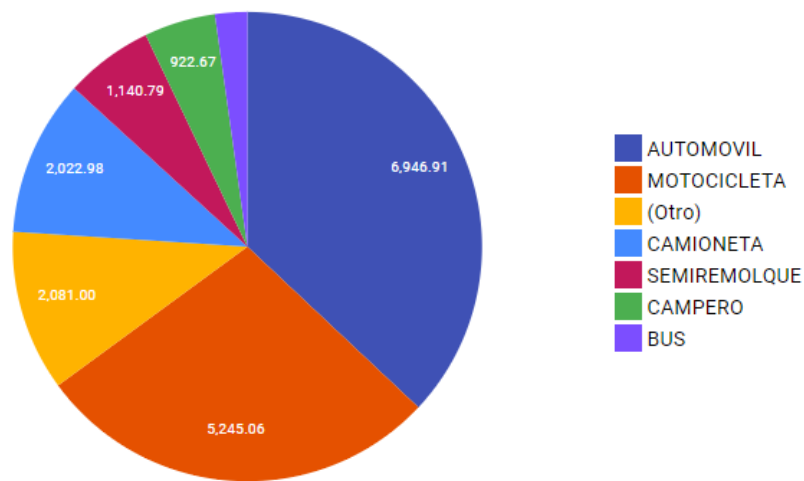
Para las fuentes móviles se toman datos de la secretaria de Tránsito y Transporte de Branquilla, con los que se pudieron constatar que la ciudad cuenta con un parque automotor de 190. 129 vehículos registrados activos en la ciudad. Se dividieron en 7 categorías de las cuales



se pueden destacar los Automóviles representando el (37%), motocicleta (28%), otros (11%), camioneta (11%), semirremolque (6%), campero (5%) y bus con (2%). Ver figura 2.

Grafica 2.

número de vehículos por categoría en barranquilla (fuente. secretaria de tránsito y



8.2. Comparación de las concentraciones de material particulado PM10 y PM2.5 en la localidad Norte- centro histórico de la ciudad de Barranquilla para los años 2020 y 2021.

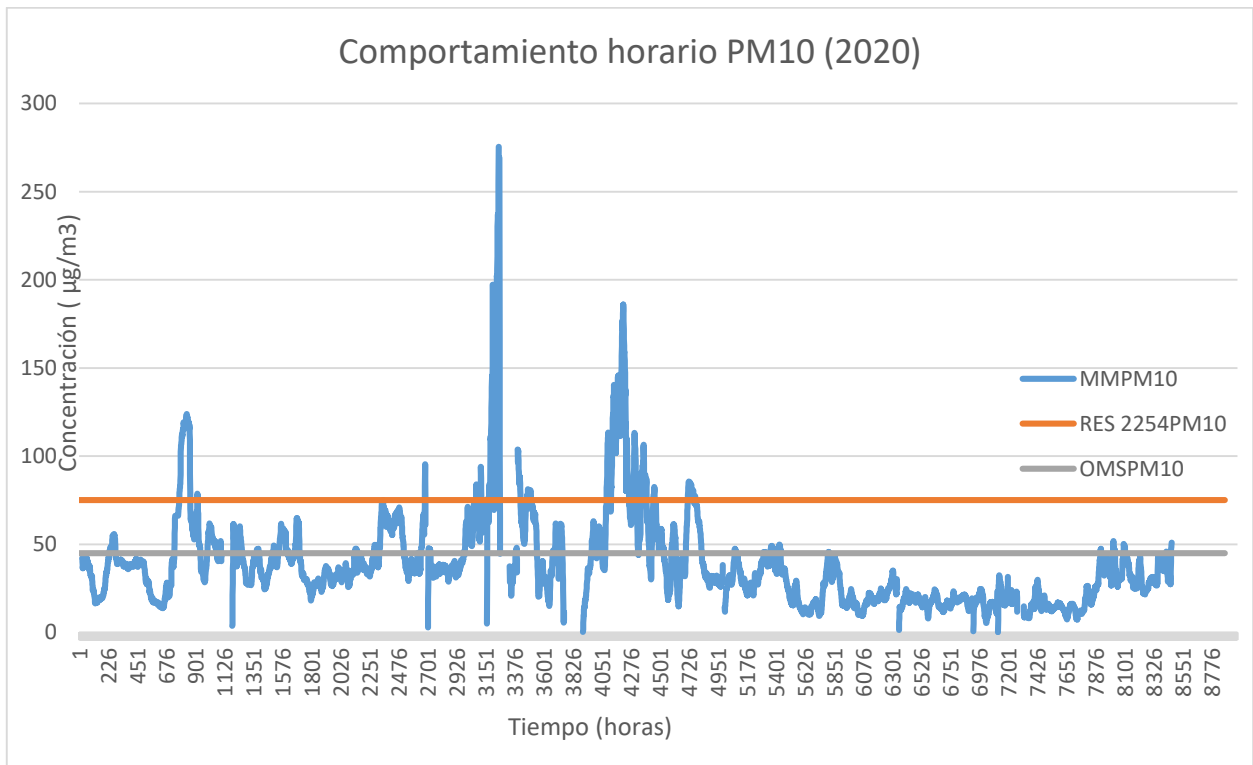
Las concentraciones del material particulado se compararon teniendo en cuenta la norma nacional de calidad del aire (Resolución 2254 del 2017) y los límites permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se presenta el comportamiento horario, diario y mensual del material particulado (PM10 y PM2.5) en el distrito de barranquilla, localidad Norte – Centro Histórico teniendo en cuenta los datos de la estación de monitoreo de calidad de aire las tres avemarías y haciendo un análisis estadístico en el que se evidenció la información presentada.



En la Grafica 3, se puede constatar que, por dato horario, no se logró cumplir con lo establecido por la OMS ni por la norma nacional, excepto en la época de lluvia, que es el último trimestre representado en la gráfica...

Grafica 3.

comportamiento horario del PM10 durante el 2020



Se puede evidenciar en la tabla 2 y gráfica 3, que el promedio de PM10 para 2020 fue de 38,17 µg/m3 a diferencia del año 2021 que fue de 32,09 µg/m3, con un valor P=0, lo cual indica que esa diferencia es estadísticamente significativa, ya que se encuentra debajo de 0.05, pese a que en



el año 2020 la ciudad se encontraba en cuarentena estricta, este año se pasó por una contingencia atmosférica declarada por el EPA Barranquilla verde, debido a quemas desde el departamento del Magdalena en el Vía parque Isla Salamanca e islotes al frente de la ciudad, por esto en 2021, pese a que la cuarentena no fue tan estricta la contaminación por Material particulado se redujo significativamente.

Tabla 2.

Resumen Estadístico Comportamiento PM10

| | <i>PM10</i> 2020 | <i>PM10</i> 2021 |
|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Recuento | 7954 | 7400 |
| Promedio | 38,1736 | 32,0953 |
| Desviación Estándar | 25,6751 | 13,3655 |
| Coefficiente de Variación | 67,2589 % | 41,643 % |
| Mínimo | 0,091 | 5,028 |
| Máximo | 275,471 | 136,774 |
| Rango | 275,38 | 131,746 |

Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de PM10 2020: 38,1736 +/- 0,564246
[37,6093; 38,7378]

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de PM10 2021: 32,0953 +/- 0,304521
[31,7908; 32,3999]

Intervalos de confianza del 95,0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: 6,07825 +/- 0,654587 [5,42366; 6,73283]



Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $\mu_1 = \mu_2$

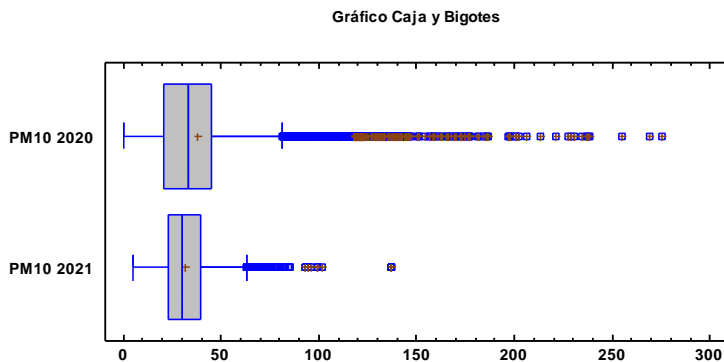
Hipótesis Alt.: $\mu_1 \neq \mu_2$

suponiendo varianzas iguales: $t = 18,1995$ valor-P = 0

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

Gráfica 4.

Caja y Bigotes PM10 (2020-2021)



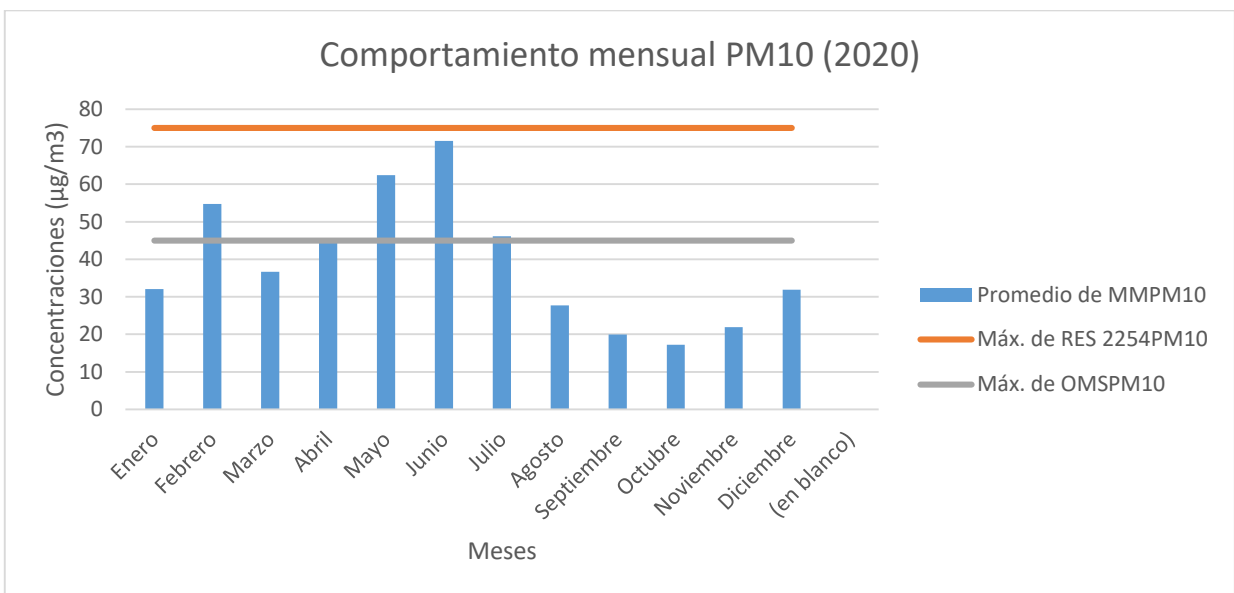
Los datos registrados en la estación de monitoreo tres avemarías para el material particulado PM10 para el año 2020, presentaron concentraciones medias bajas por debajo del límite normativo permisible en un 90%, destacando así mismo unos picos presentados en los meses de mayo, junio por encima de los $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, debidos a la influencia del polvo del Sahara en conjunto con las quemas registradas en el departamento del Magdalena por los islotes y el Vía



Parque Isla Salamanca, declarándose durante el mes de junio un estado de alerta en la ciudad de Barranquilla por las altas concentraciones, dichas concentraciones fueron bajando de manera significativa hasta volver a obtener concentraciones por debajo de los límites permisibles establecidos tanto por la norma nacional como por la OMS, tal como se evidencia en la Grafica 4 y Grafica 5.

Grafica 5.

comportamiento mensual de PM10 durante el 2020



El comportamiento de PM10 en el año 2020, presentó diferencias estadísticamente significativas por p-valor=0. Similar al comportamiento de PM2.5, los meses de Mayo y Junio fueron los que presentaron la mayor concentración con promedio de 62,44 y 71,54 µg/m³ respectivamente, los mese que presentaron menor concentración promedio fueron septiembre,



octubre, noviembre con concentraciones promedio de 19,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 17,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 21,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

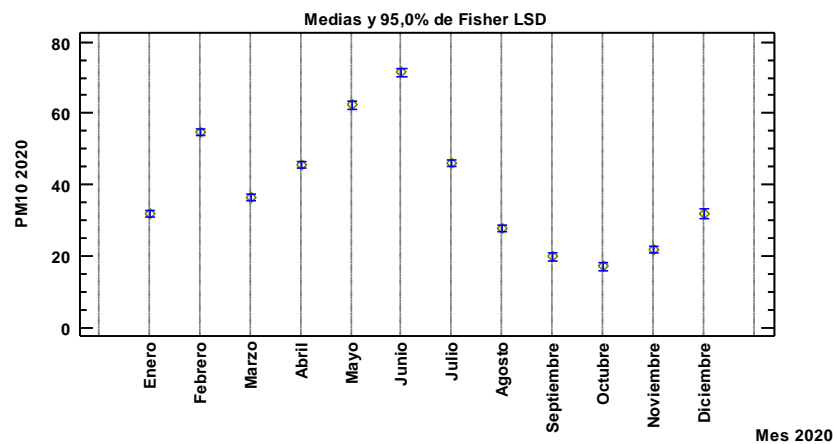
Tabla 2.

ANOVA para PM10 por mes de 2020

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 2,11701E6 | 11 | 192455, | 489,00 | 0,0000 |
| Intra grupos | 3,12571E6 | 79 | 393,567 | | |
| Total (Corr.) | 5,24272E6 | 79 | | | |
| | | 53 | | | |

Gráfica 6.

Prueba LSD PM10 2020



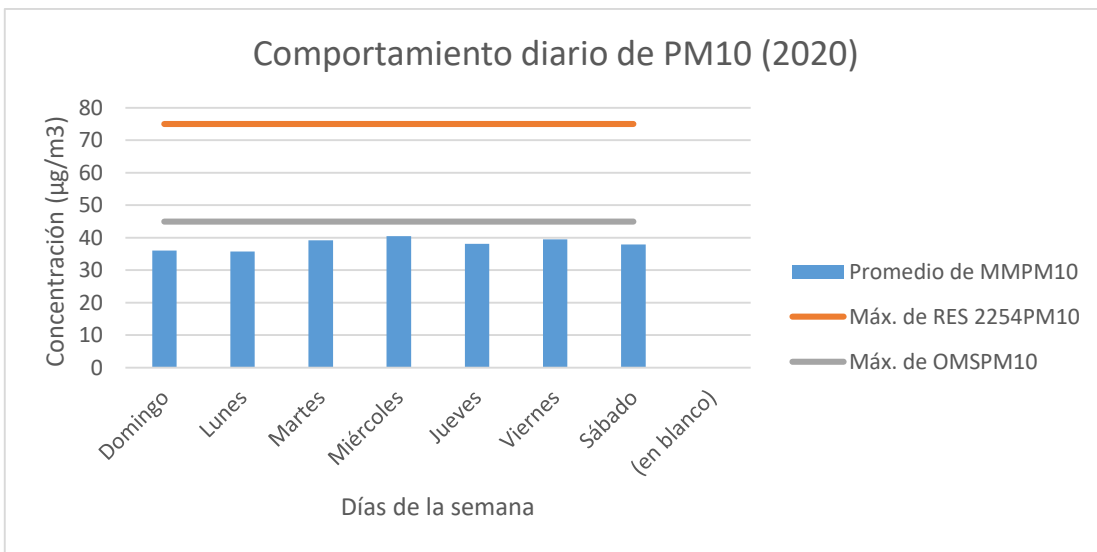
El análisis por día de la semana, muestra que las concentraciones de contaminación atmosférica se presentan más en los días miércoles en conjunto con los viernes, por su parte se



evidencia que en los días que menor contaminación hubo, fue los días domingo y lunes. Como se muestra en la gráfica 6.

Grafica 7.

comportamiento diario de PM10 durante el 2020



Al desarrollar el análisis por día de PM10, se puede evidenciar que para 2020 se presenta una diferencia estadísticamente significativa de acuerdo a día de la semana con un valor $P=0$.

Evidenciándose que el día miércoles junto a los viernes fueron los días que se presentó mayor nivel de contaminación con valores promedio de $40,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $39,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, y los días de menor contaminación fueron los domingos y lunes con promedios de 36.05 y $35.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

Tabla3.

resumen estadístico para PM10 2020

| <i>Día 2020</i> | <i>Recuento</i> | <i>Promedio</i> | <i>Desviación Estándar</i> | <i>Coficiente de Variación</i> | <i>Mínimo</i> | <i>Máximo</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|---------------|---------------|
| | | | | | | |



| | | | | | | |
|-----------|------|-------------|---------|----------|-------------|-------------|
| Lunes | 1085 | 35,72 64 | 23,916 | 66,942% | 1,36 | 145, 529 |
| Martes | 1124 | 39,15 54 | 26,0155 | 66,4418% | 6,19 175 | 145, 928 |
| Miércoles | 1152 | 40,49 82 | 31,6021 | 78,0334% | 2,80 8 | 197, 206 |
| Jueves | 1193 | 38,15 91 | 25,9041 | 67,8843% | 0,28 3 | 205, 961 |
| Viernes | 1173 | 39,47 38 | 28,3267 | 71,7609% | 0,09 1 | 275, 471 |
| Sábado | 1126 | 37,90 73 | 17,6493 | 46,5592% | 7,33 017 | 103, 472 |
| Domingo | 1101 | 36,05 33 | 23,3864 | 64,8661% | 7,85 054 | 140, 342 |
| Total | 7954 | 38,17 36 | 25,6751 | 67,2589% | 0,09 1 | 275, 471 |

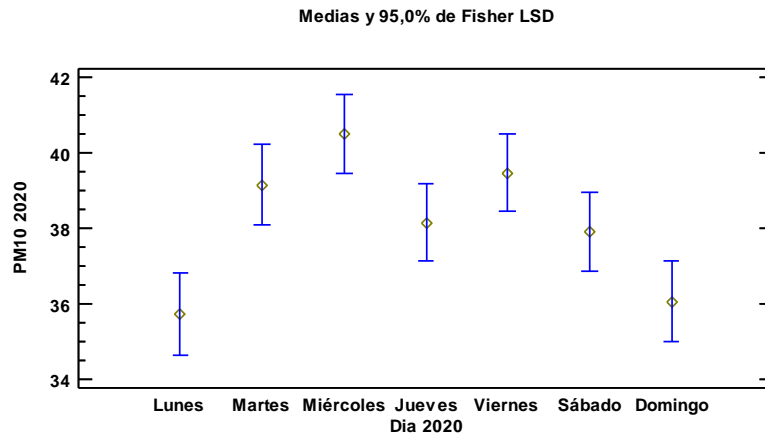
Tabla 4.

ANOVA para PM10 por día 2020

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----------|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 20819,1 | 6 | 3469,85 | 5,28 | 0,0000 |
| Intra grupos | 5,2219E6 | 79 47 | 657,09 | | |
| Total (Corr.) | 5,24272E6 | 79 53 | | | |



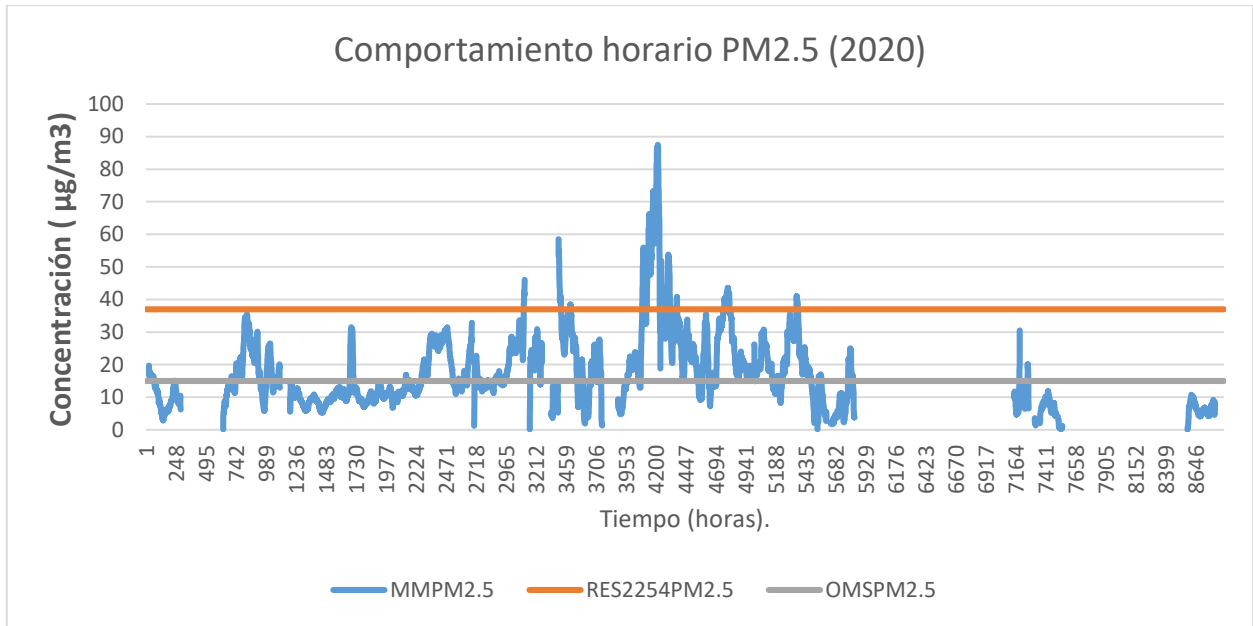
NOMBRE Y NUMERO DE ESTA GRAFICA (COMPARACION DE MEDIAS, LSD POR DÍA 2020 GARF 8)



Para los datos registrados en la estación de monitoreo para el material particulado PM2.5 se encuentran concentraciones medias bajas de los límites permisibles establecidos por la norma nacional, encontrando picos de 47.2 µg/m³. Sin embargo, se encuentra que no se cumple con los límites establecidos por la OMS. Ver grafica 8.



Grafica 9. comportamiento horario de PM10 del año 2020



En referencia al contaminante PM2.5, se puede evidenciar una reducción estadísticamente significativa con valor $P=0$, evidenciando para el año 2020 un promedio de $17,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para 2021 de $13,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$, evidenciándose que el valor máximo se presentó en el año 2020 con concentración de $87,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ debido a los eventos de contingencia presentados en este año.

Tabla 5.

resumen estadístico

| | PM2.5 2020 | PM2.5 2021 |
|------------------------------|---------------|---------------|
| Recuento | 5585 | 7498 |
| Promedio | 17,6074 | 13,8714 |
| Desviación Estándar | 11,5901 | 6,0044 |
| Coefficiente de Variación | 65,8253 % | 43,2863 % |
| Mínimo | 0,027 | 3,2324 |
| Máximo | 87,451 | 56,8556 |
| Rango | 87,424 | 53,6232 |



Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de PM2.5 2020: 17,6074 +/- 0,303966
[17,3034; 17,9113]

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de PM2.5 2021: 13,8714 +/- 0,135908
[13,7354; 14,0073]

Intervalos de confianza del 95,0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: 3,73602 +/- 0,305972 [3,43005; 4,04199]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $media1 = media2$

Hipótesis Alt.: $media1 \neq media2$

suponiendo varianzas iguales: $t = 23,9319$ valor-P = 0

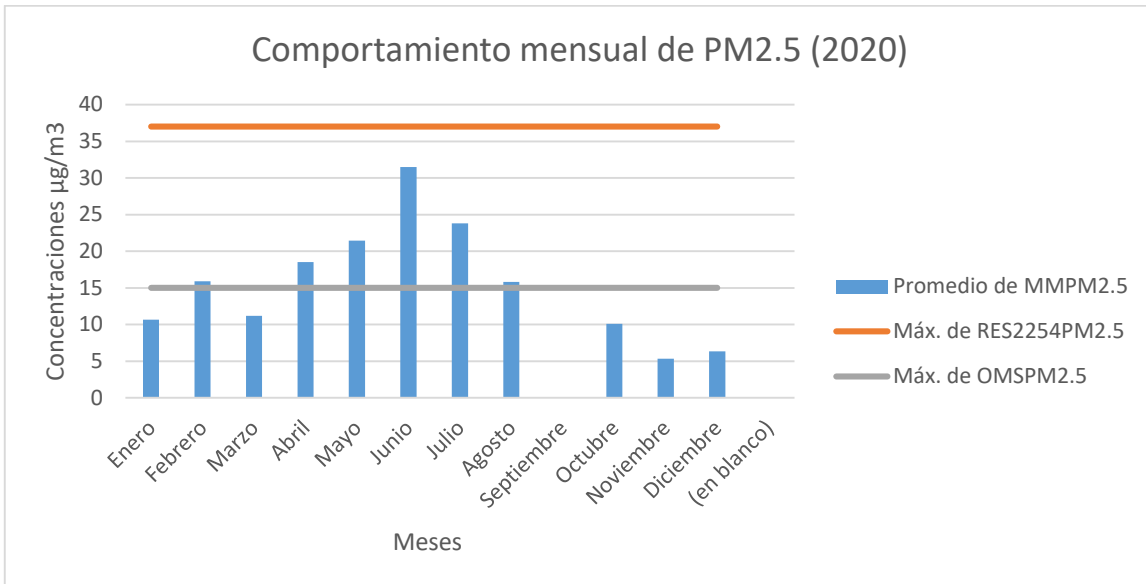
Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

Al analizar el comportamiento mensual se notó que se cumplió con la norma nacional establecida a pesar de presentar picos en los meses de mayo, junio y julio, sin embargo, también se evidencia que en cuanto a los límites permisibles establecidos por la OMS, solo se cumplen nuevamente en el último trimestre del año.



Grafica 10.

comportamiento mensual de PM 2.5 2020



En el año 2020, para el contaminante PM2.5 se puede evidenciar que se presentaron diferencias estadísticamente significativas con $p\text{-valor}=0$. El mes que se evidenció mayor concentración fue el mes de junio con concentración promedio de $31,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo explicado anteriormente debido a la contingencia atmosférica generada por las quemas del departamento del Magdalena, sumado a la intrusión de arenas del Sahara que hicieron que en ese mes se declarara contingencia por contaminación atmosférica en la ciudad de Barranquilla, este fenómeno de quemas se puede evidenciar desde el mes de abril, donde se puede notar el incremento de PM2.5 en ese año de pandemia con concentración promedio de $18,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y mayo de $21,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los meses donde se observa una reducción en la contaminación por PM2.5, corresponde a noviembre y diciembre con promedios de 5.33 y $6.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Como se ve en la gráfica 10.



Tabla 6.

resumen estadístico para PM2.5 2020

| Mes 2020 | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|-----------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Enero | 371 | 10,6506 | 4,07793 | 38,2882% | 0,173 | 20,3913 |
| Febrero | 613 | 15,9087 | 7,9383 | 49,8991% | 5,606 | 35,5261 |
| Marzo | 744 | 11,2071 | 3,96669 | 35,3945% | 5,25083 | 31,5183 |
| Abril | 701 | 18,5142 | 6,04808 | 32,6672% | 1,287 | 32,875 |
| Mayo | 625 | 21,4457 | 10,1403 | 47,2834% | 0,125 | 58,491 |
| Junio | 587 | 31,487 | 19,529 | 62,0225% | 1,3665 | 87,451 |
| Julio | 724 | 23,7927 | 8,12321 | 34,1416% | 7,22884 | 43,533 |
| Agosto | 670 | 15,8183 | 9,12872 | 57,7098% | 0,144 | 40,9835 |
| Octubre | 93 | 10,0951 | 4,84306 | 47,9742% | 4,69435 | 30,519 |
| Noviembre | 229 | 5,34579 | 3,15317 | 58,9842% | 0,276 | 11,9804 |
| Diciembre | 228 | 6,3316 | 2,07177 | 32,7212% | 0,027 | 10,781 |
| Total | 5585 | 17,6074 | 11,5901 | 65,8253% | 0,027 | 87,451 |

Tabla 7.

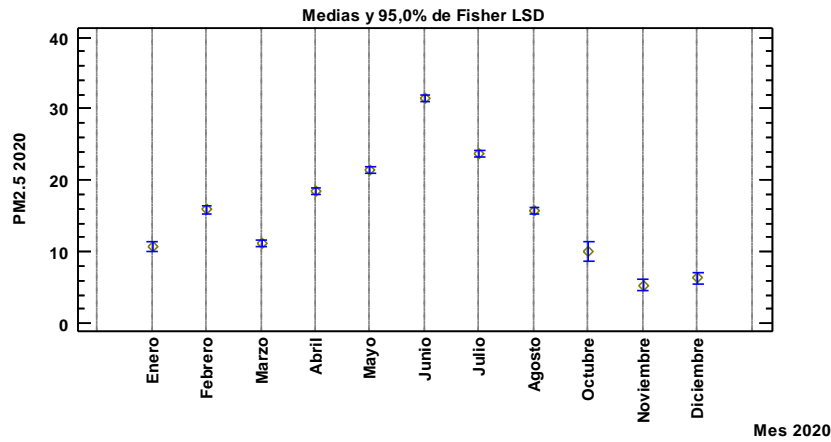
2ANOVA para PM2.5 por mes 2020

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|--------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 271577, | 10 | 27157,7 | 316,34 | 0,0000 |



| | | | | | |
|---------------|---------|----------|---------|--|--|
| Intra grupos | 478526, | 55 74 | 85,8497 | | |
| Total (Corr.) | 750103, | 55 84 | | | |

Grafica 11. (prueba LSD por mes PM2.5 (2020))

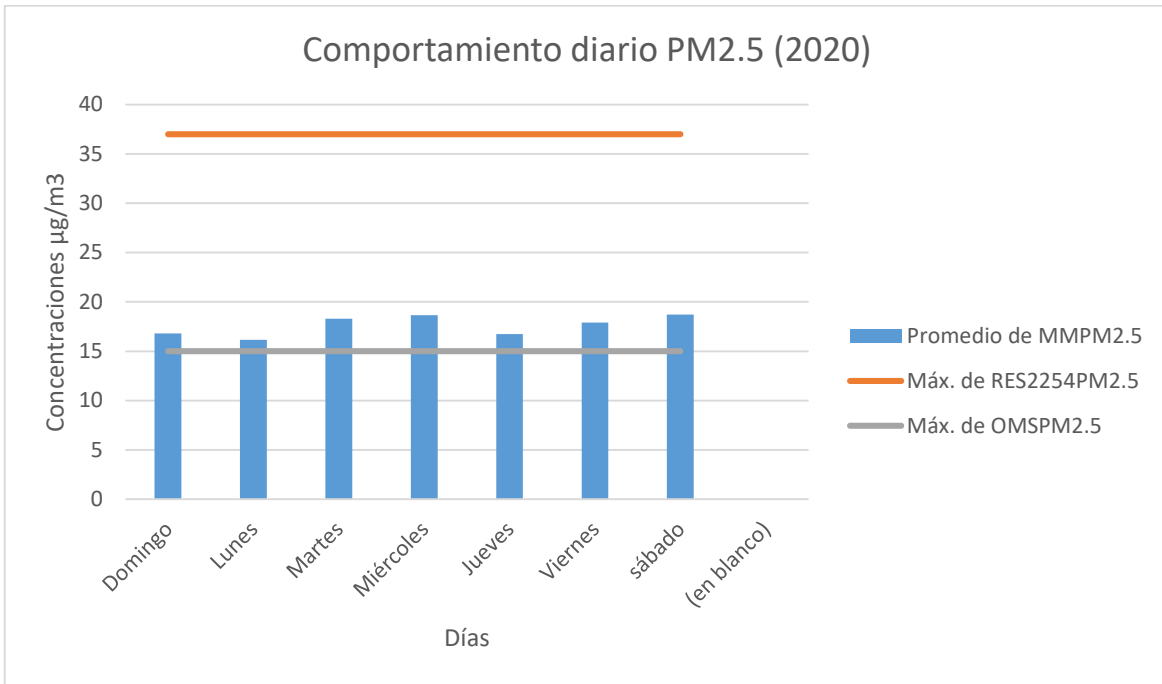


Al igual que con el contaminante PM10, se puede evidenciar que en el contaminante PM2.5 el día de la semana en que mayor concentración de contaminación hubo, fue el día miércoles, sin embargo, para este contaminante se ve una disminución en el día viernes en comparación con el PM10, y un aumento los días martes y sábado. Por su parte, los días lunes y jueves fueron los días con menor contaminación. Ver grafica 12.



grafica 12.

comportamiento diario de PM2.5 2020



PM2.5 en el año 2020, presento diferencias estadísticamente significativas entre días de la semana con p-valor=0. Evidenciándose que los días martes, miércoles y sábado presentaron concentraciones promedio de 18 µg/m³ y los días lunes y jueves fueron los que menor concentración de este contaminante presentaron con un promedio de 16 µg/m³

Tabla coloca el numero de la tabla.

resumen estadístico para PM 2.5 2020

| Día 2020 | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------|----------|----------|---------------------|---------------------------|--------|---------|
| Lunes | 740 | 16,1555 | 11,8908 | 73,6025% | 0,125 | 69,6637 |
| Martes | 767 | 18,2966 | 12,4613 | 68,1074% | 0,144 | 73,2103 |



| | | | | | | |
|-----------|------|-------------|---------|----------|-------------|-------------|
| Miércoles | 805 | 18,65 35 | 13,6336 | 73,0885% | 0,02 7 | 87,4 51 |
| Jueves | 880 | 16,73 74 | 9,95461 | 59,4752% | 2,27 745 | 69,3 87 |
| Viernes | 841 | 17,90 29 | 9,94827 | 55,5679% | 1,36 65 | 55,9 623 |
| Sábado | 766 | 18,70 68 | 9,81524 | 52,4689% | 1,95 345 | 49,7 905 |
| Domingo | 786 | 16,81 67 | 12,7856 | 76,0293% | 1,35 136 | 66,2 549 |
| Total | 5585 | 17,60 74 | 11,5901 | 65,8253% | 0,02 7 | 87,4 51 |

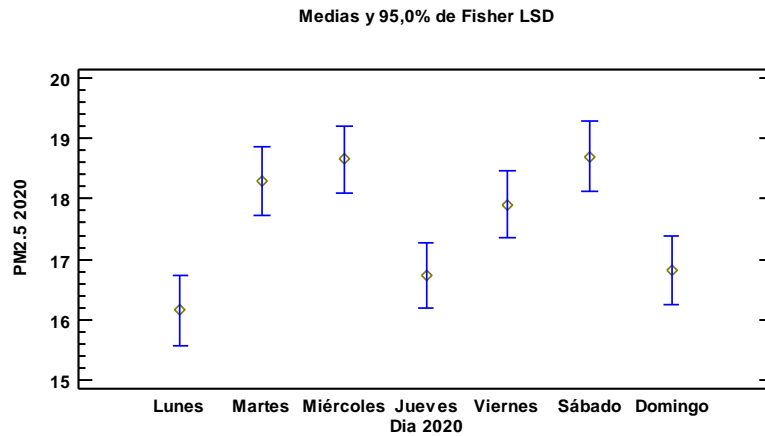
Tabla 9.

ANOVA para PM2.5 por día 2020

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----------|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 4961,97 | 6 | 826,995 | 6,19 | 0,0000 |
| Intra grupos | 745141, | 55 78 | 133,586 | | |
| Total (Corr.) | 750103, | 55 84 | | | |



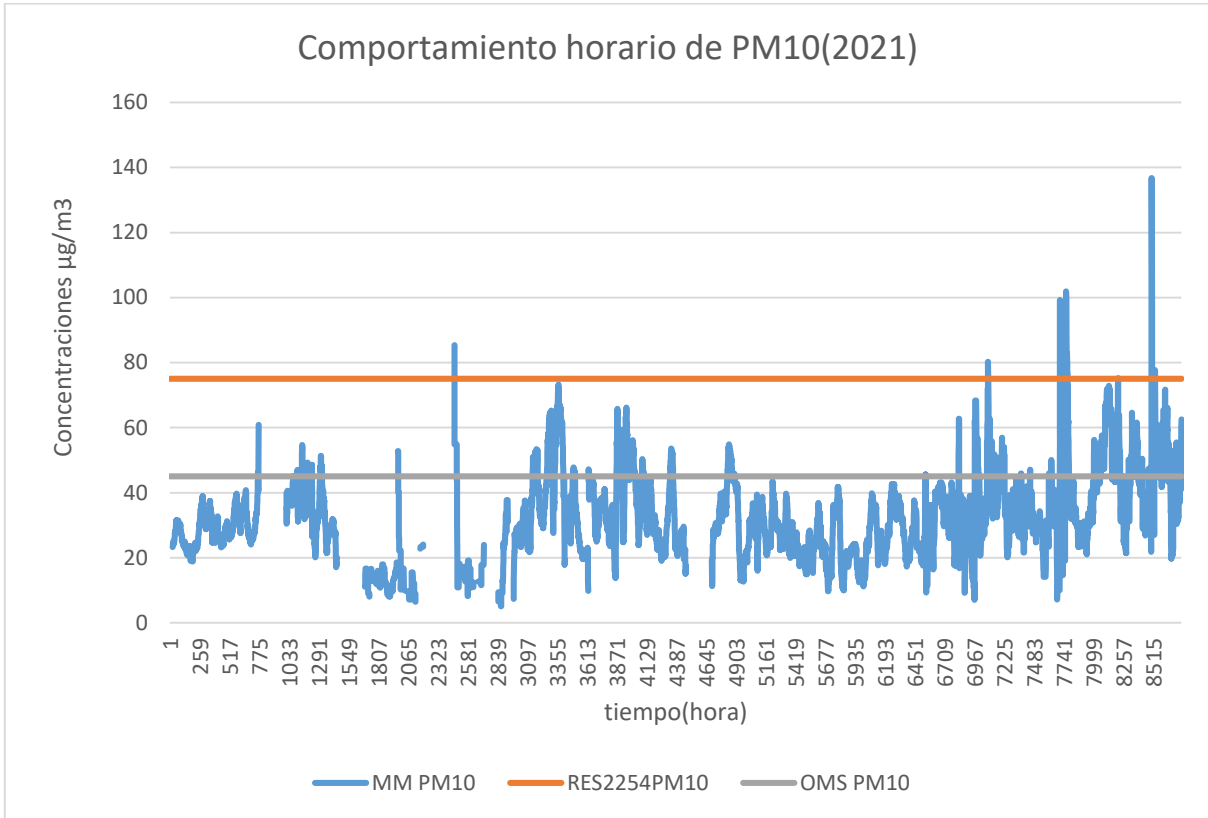
COMPARACION DE MEDIAS, LSD POR DIA PM2.5 2020 (GRAFICA 13)



En la gráfica 14 podemos observar que logro cumplir a diferencia con el año 2020 con la norma nacional y con lo establecido por la OMS con excepción de algunos días representados en el la siguiente grafica

Grafica 14.

comportamiento horario de PM10 2021



Para el año 2021 época de Postpandemia, se puede observar que se presentaron diferencias estadísticamente significativas con un Pvalor =0 , siendo al igual que en 2020 el día miércoles los días que mayor concentración de PM10 e presentaron con concentración promedio de 34,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido del día martes con promedio de 33,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y a diferencia de 2020 los días viernes presentaron concentraciones más bajas con promedio de 30,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los lunes, jueves y domingos presentaron concentraciones similares de 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Tabla 9.

resumen estadístico para PM 10 2020

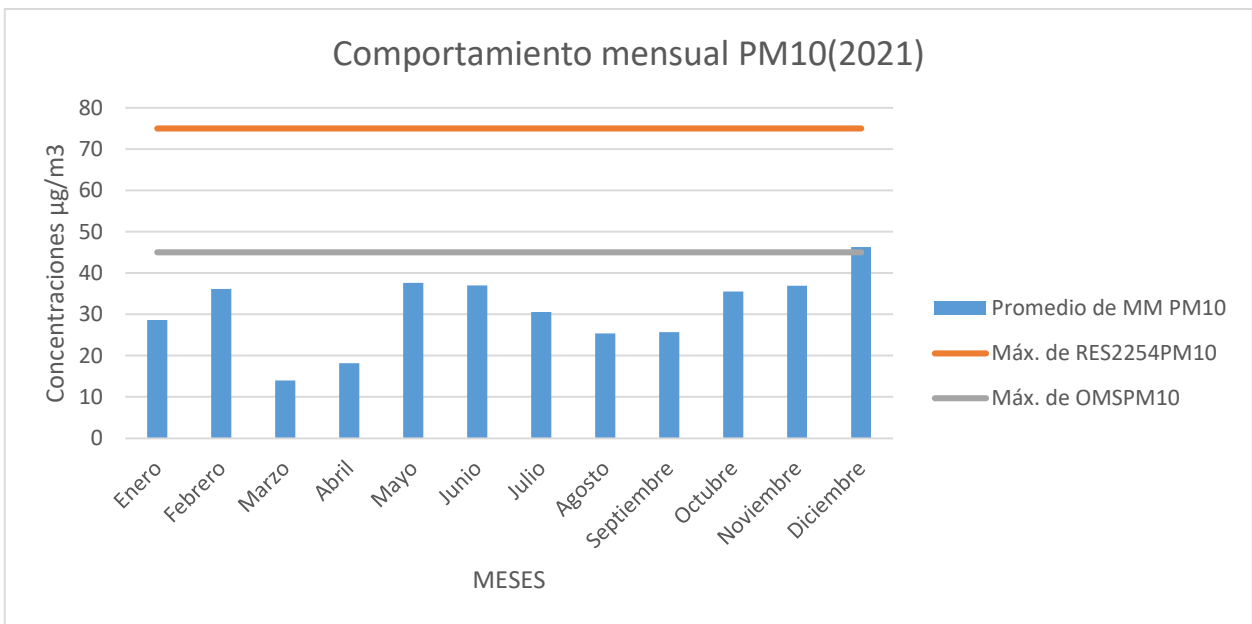
| <i>dia 2021</i> | <i>Recue nto</i> | <i>Prom edio</i> | <i>Desviación Estándar</i> | <i>Coeficiente de Variación</i> | <i>Míni mo</i> | <i>Máxi mo</i> |
|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| lunes | 1053 | 31,65 95 | 13,1174 | 41,4328% | 7,01 858 | 71,8 3 |
| martes | 992 | 33,06 6 | 14,2732 | 43,1658% | 6,45 828 | 136, 774 |
| miércoles | 1000 | 34,21 12 | 13,5448 | 39,5917% | 7,11 474 | 77,7 141 |
| jueves | 1070 | 31,61 62 | 13,1909 | 41,7221% | 6,53 | 99,1 322 |
| viernes | 1107 | 30,22 84 | 12,5263 | 41,4388% | 5,02 8 | 73,2 392 |
| sábado | 1095 | 32,39 05 | 14,5655 | 44,9685% | 7,99 705 | 101, 938 |
| domingo | 1083 | 31,75 96 | 11,9288 | 37,5597% | 7,13 006 | 72,8 369 |
| Total | 7400 | 32,09 53 | 13,3655 | 41,643% | 5,02 8 | 136, 774 |
| | | | | | | |

Para el 2021 se vio una diferencia muy significativa en el comportamiento del contaminante PM 10, este cumplió con el límite normativo permisible y con lo establecido por la OMS, en todos los meses del año a excepción del mes de diciembre que sobre paso lo establecido por la OMS, ya que en este mes no había confinamiento y la población salió con mayor frecuencia.



Grafica 14.

comportamiento mensual de PM10 del año 2021



El contaminante PM10 en el año 2021, presento diferencias estadísticamente significativas por mes con $p\text{-valor}=0$. Evidenciándose al igual que PM2.5 la mayor concentración en el mes de diciembre con una concentración promedio de $46,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los meses que presentaron menor concentración promedio de este contaminante fueron marzo, abril, Agosto y septiembre, vale la pena aclarar que teniendo en cuenta la contingencia ocurrida en el año 2020, en la ciudad se generó un grupo interinstitucional de Plan de mando unificado, el cual inicio a actuar cada que había algún indicio de quemas que iniciaban en el mes de febrero-marzo, por eso en el 2021, los eventos de quema se redujeron drásticamente, mejorando la concentración promedio de meses como marzo, abril, mayo y junio respecto al 2020.

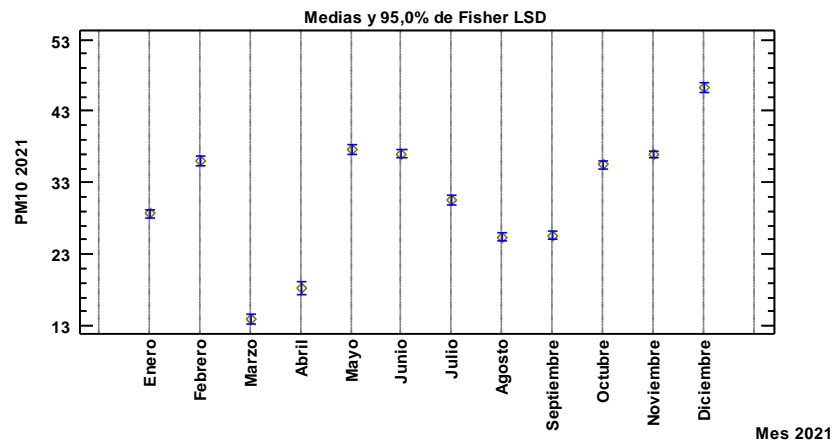


Tabla 10.

ANOVA para PM10 por mes 2021

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----------|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 462306, | 11 | 42027,8 | 361,29 | 0,0000 |
| Intra grupos | 859418, | 73 88 | 116,326 | | |
| Total (Corr.) | 1,32172E6 | 73 99 | | | |

Grafica 15 (prueba LSD para PM10 2021)

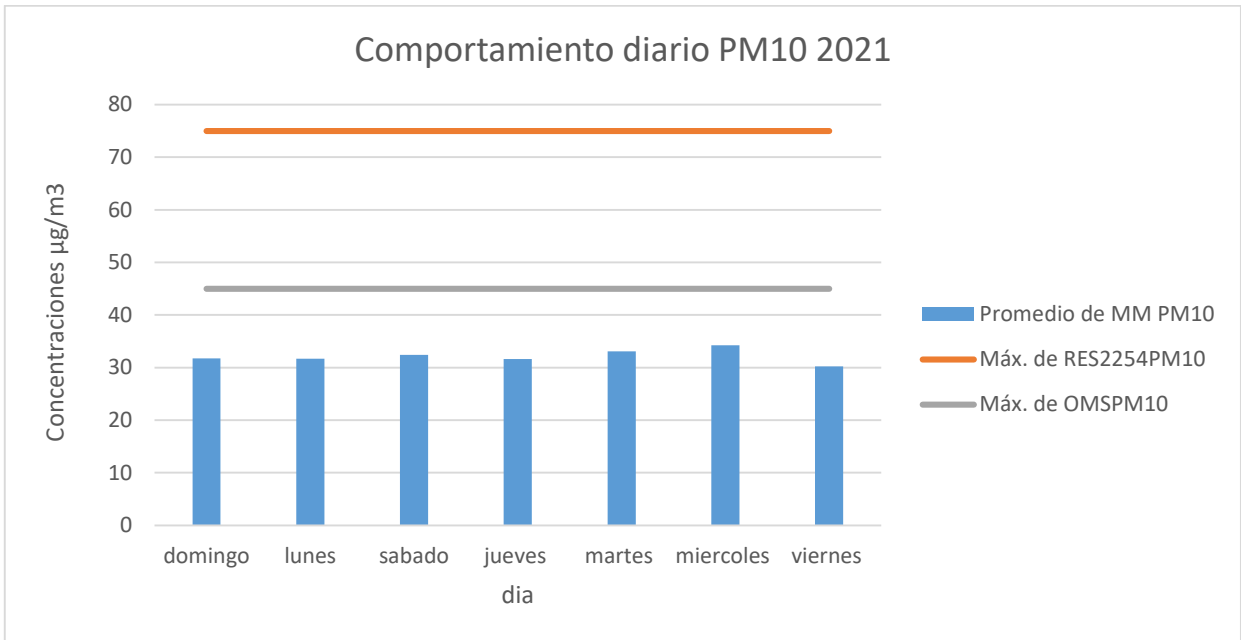


El análisis por día muestra que la concentración de contaminación no se presentó mucha diferencia en los días, los días miércoles y viernes fueron lo de mayor concentración mientras que los días de menos contaminación fueron los viernes como se puede evidenciar en la gráfica 16.



Grafica 16.

comportamiento diario de PM10 2021



En el año 2021 época de Pos pandemia, se puede observar que se presentaron diferencias estadísticamente significativas con un Pvalor =0 , siendo al igual que en 2020 el día miércoles los días que mayor concentración de PM10 e presentaron con concentración promedio de 34,21 µg/m3, seguido del día martes con promedio de 33,06 µg/m3 y a diferencia de 2020 los días viernes presentaron concentraciones más bajas con promedio de 30,22 µg/m3, los lunes, jueves y domingos presentaron concentraciones similares de 31 µg/m3



Tabla 11.

resumen estadístico para PM10 2021

| dia 2021 | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|-------------|------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| lunes | 1053 | 31,65 95 | 13,1174 | 41,4328% | 7,01 858 | 71,8 3 |
| martes | 992 | 33,06 6 | 14,2732 | 43,1658% | 6,45 828 | 136, 774 |
| miércoles | 1000 | 34,21 12 | 13,5448 | 39,5917% | 7,11 474 | 77,7 141 |
| jueves | 1070 | 31,61 62 | 13,1909 | 41,7221% | 6,53 | 99,1 322 |
| viernes | 1107 | 30,22 84 | 12,5263 | 41,4388% | 5,02 8 | 73,2 392 |
| sábado | 1095 | 32,39 05 | 14,5655 | 44,9685% | 7,99 705 | 101, 938 |
| domingo | 1083 | 31,75 96 | 11,9288 | 37,5597% | 7,13 006 | 72,8 369 |
| Total | 7400 | 32,09 53 | 13,3655 | 41,643% | 5,02 8 | 136, 774 |

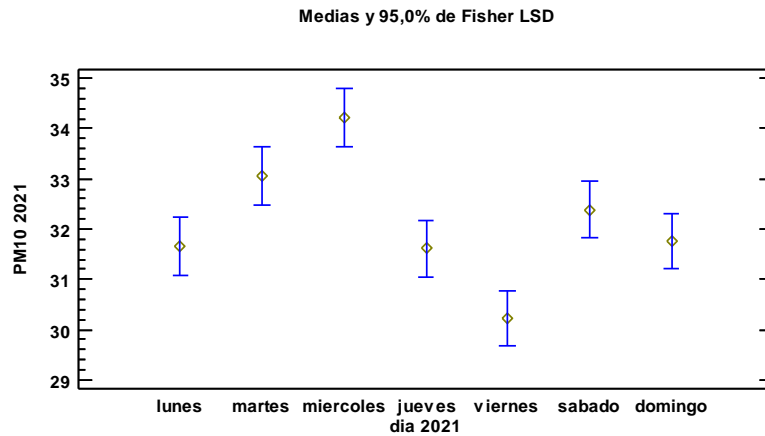
Tabla 12.

ANOVA para PM 10 por día 2021

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|------------------|----------------------|----------|-------------------|---------|---------|
| Entre grupos | 9932,92 | 6 | 1655,49 | 9,33 | 0,0000 |
| Intra grupos | 1,31179E6 | 73 93 | 177,437 | | |
| Total (Corr.) | 1,32172E6 | 73 99 | | | |



GARFICA 17. COMPARACION DE MEDIAS, LSD PM10 2021

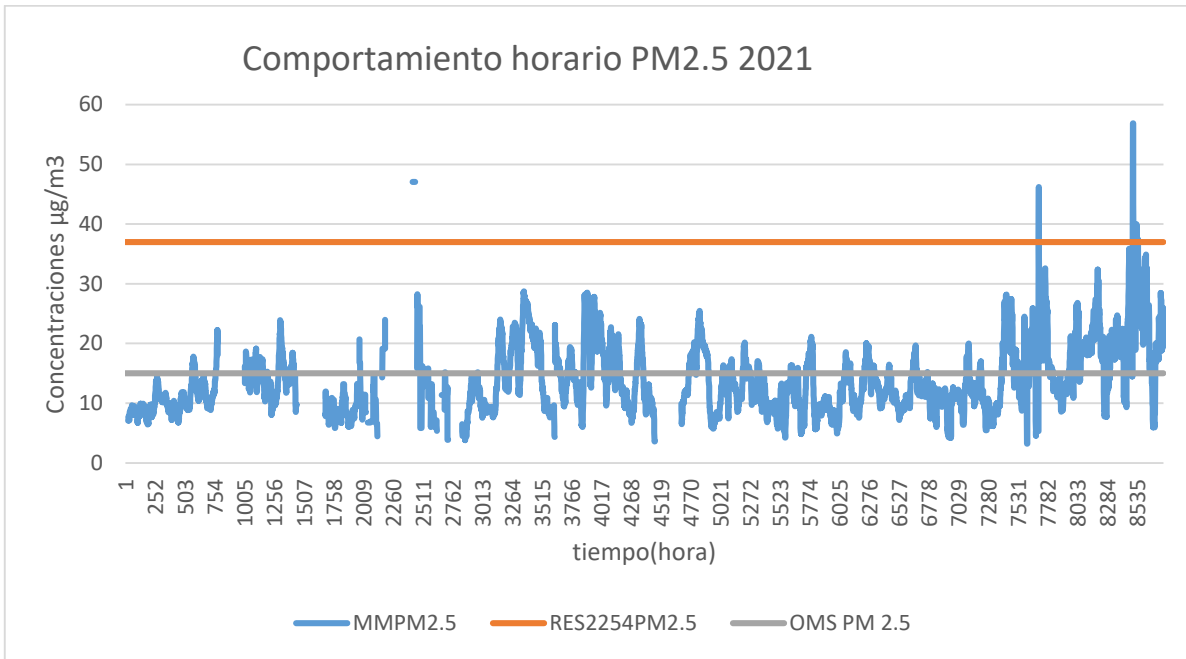


Para los datos registrados en la estación de monitoreo para el material particulado PM2.5 se encuentran concentraciones medias bajas de la normatividad nacional, se encuentra que no se cumple con los límites establecidos por la OMS. Como se representó en la gráfica 18.



Grafica 18.

comportamiento horario PM 2.5 2021



En referencia al contaminante PM2.5, se puede evidenciar una reducción estadísticamente significativa con valor $P=0$, evidenciando para el año 2020 un promedio de $17,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para 2021 de $13,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$, evidenciándose que el valor máximo se presentó en el año 2020 con concentración de $87,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ debido a los eventos de contingencia presentados en este año.

Grafica 13.

Resumen estadístico PM2.5 2021

| | PM2.5 2020 | PM2.5 2021 |
|------------------------|---------------|---------------|
| Recuento | 5585 | 7498 |
| Promedio | 17,6074 | 13,8714 |
| Desviación Estándar | 11,5901 | 6,0044 |



| | | |
|---------------------------|-----------|-----------|
| Coefficiente de Variación | 65,8253 % | 43,2863 % |
| Mínimo | 0,027 | 3,2324 |
| Máximo | 87,451 | 56,8556 |
| Rango | 87,424 | 53,6232 |

Comparación de Medias

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de PM2.5 2020: 17,6074 +/- 0,303966
[17,3034; 17,9113]

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de PM2.5 2021: 13,8714 +/- 0,135908
[13,7354; 14,0073]

Intervalos de confianza del 95,0% intervalo de confianza para la diferencia de medias
suponiendo varianzas iguales: 3,73602 +/- 0,305972 [3,43005; 4,04199]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $media1 = media2$

Hipótesis Alt.: $media1 \neq media2$

suponiendo varianzas iguales: $t = 23,9319$ valor-P = 0

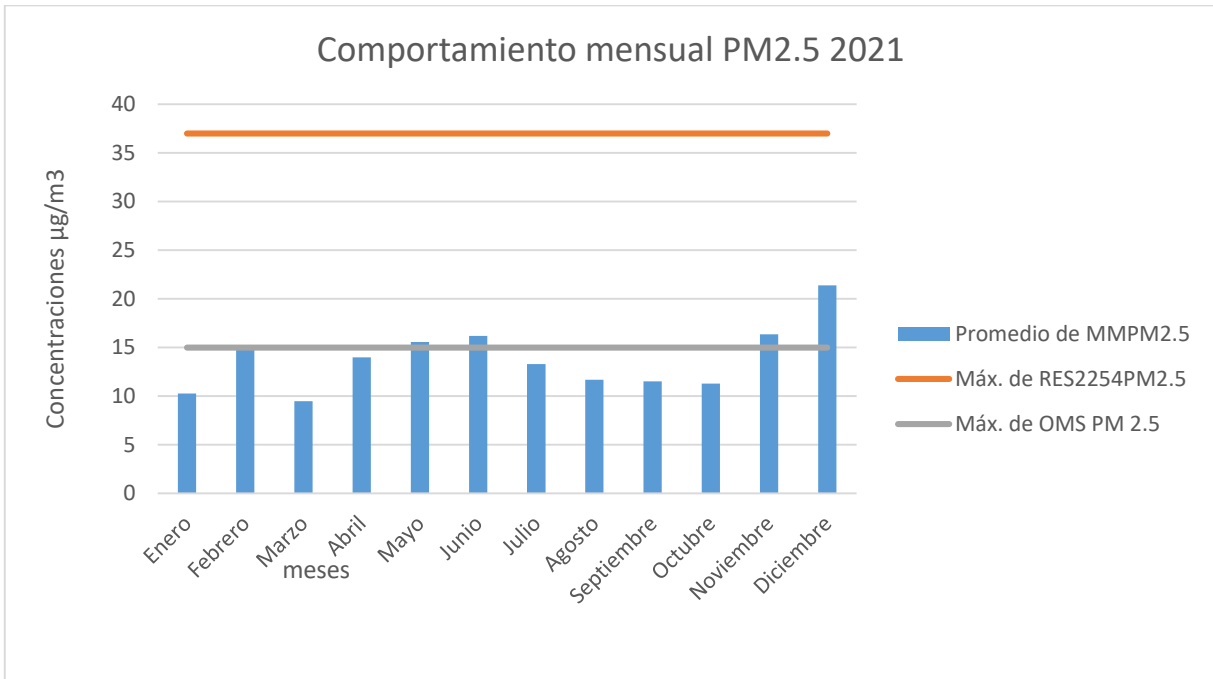
Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

Al analizar el comportamiento mensual del contaminante PM 2.5 podemos observar que todos los meses cumplieron el límite de la normal permisible, mientras que por lo establecido de la OMS se incumplieron en los años meses de diciembre, noviembre y junio como nos muestra la gráfica 19.



Grafica 19.

comportamiento mensual de PM 2.5 2021



Después de realizar un análisis comparativo por mes, se evidencio que el contaminante PM2.5 para el año 2021 diferencias estadísticamente significativas con P-valor=0, siendo el mes de diciembre el que presentó mayor concentración con un promedio de 21,37 µg/m³, seguido de Noviembre y Junio con concentraciones promedio de 16 µg/m³, los meses que menor concentración promedio presentaron fueron marzo, agosto, septiembre y octubre con concentraciones promedio de 9,46 µg/m³, 11,69 µg/m³, 11,51 µg/m³ y 11,28 µg/m³ respectivamente, estos tres últimos corresponden a la época de lluvia en la cual se reduce la



contaminación por el efecto de la precipitación en la calidad del aire, ya que ayuda al lavado de la atmosfera precipitando las partículas suspendidas.

Tabla 14.

resumen estadístico para el PM2.5 2021

| <i>Mes 2021</i> | <i>Recuento</i> | <i>Promedio</i> | <i>Desviación Estándar</i> | <i>Coefficiente de Variación</i> | <i>Mínimo</i> | <i>Máximo</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|
| Enero | 721 | 10,2552 | 2,16128 | 21,0749% | 6,43178 | 17,7992 |
| Febrero | 468 | 14,7568 | 2,98723 | 20,2431% | 8,04749 | 23,9069 |
| Marzo | 424 | 9,46455 | 2,99339 | 31,6274% | 4,44218 | 20,6919 |
| Abril | 298 | 13,9818 | 11,3397 | 81,1032% | 3,82833 | 47,054 |
| Mayo | 698 | 15,58 | 6,02086 | 38,6447% | 4,368 | 28,7361 |
| Junio | 719 | 16,1756 | 5,50538 | 34,0352% | 6,03633 | 28,5171 |
| Julio | 522 | 13,2954 | 4,89516 | 36,8186% | 3,59403 | 25,4598 |
| Agosto | 744 | 11,6916 | 3,69281 | 31,5852% | 4,26282 | 21,1356 |
| Septiembre | 720 | 11,5196 | 3,11667 | 27,0554% | 4,93198 | 20,0498 |
| Octubre | 744 | 11,2861 | 2,98731 | 26,4691% | 4,17172 | 19,9785 |
| Noviembre | 816 | 16,3643 | 5,65164 | 34,5364% | 3,2324 | 46,1812 |
| Diciembre | 624 | 21,3777 | 7,4634 | 34,9121% | 5,96741 | 56,8556 |
| Total | 7498 | 13,8714 | 6,0044 | 43,2863% | 3,2324 | 56,8556 |

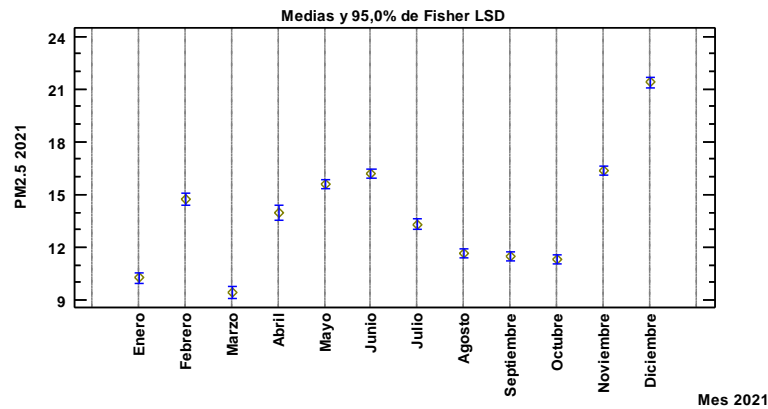


Tabla 15.

ANOVA para PM 2.5 por mes 2021

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----------|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 76781,7 | 11 | 6980,15 | 270,03 | 0,0000 |
| Intra grupos | 193506, | 74 86 | 25,8491 | | |
| Total (Corr.) | 270288, | 74 97 | | | |

GRAFICA 20. PRUEBA DE LSD POR MES PM2.5 2021

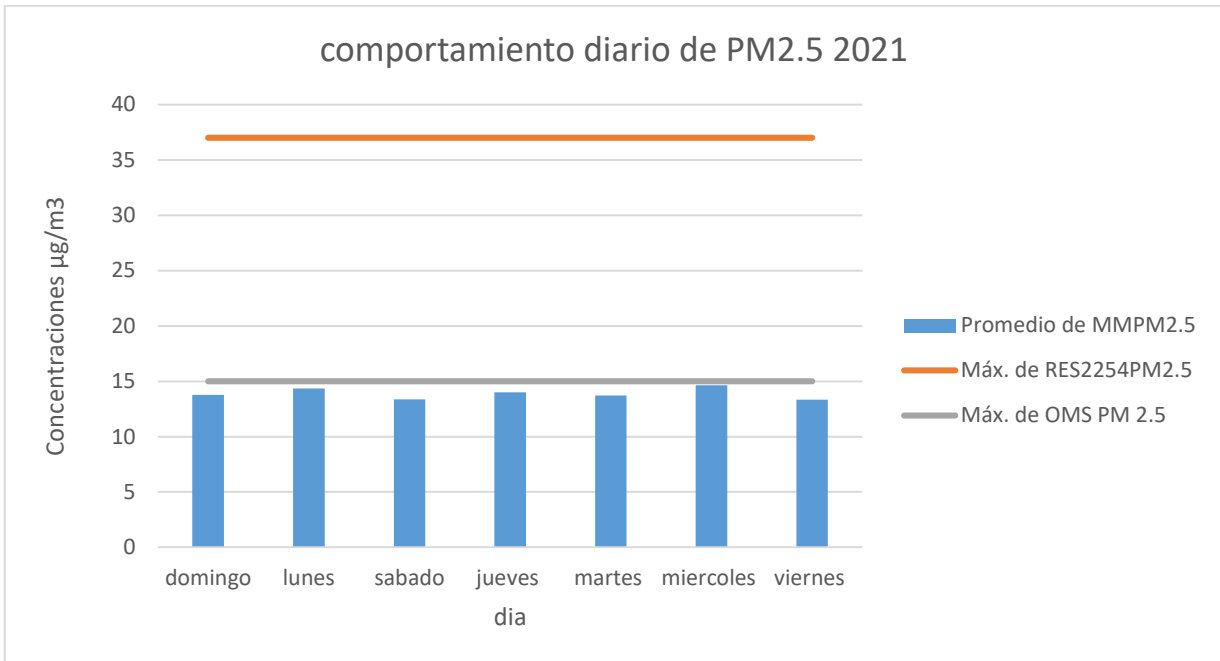


A diferencia del contaminante PM 10, el contaminante PM 2.5 en los días de la semana si cambio con el limite de la norma permisible y lo establecido por la OMS, como lo muestra la grafica 21.



Grafica 21.

comportamiento diario PM2.5 2021



Para el año 2021, se puede observar que al igual que en 2020 se presentaron diferencias estadísticamente significativas con P-valor =0. Siendo los días miércoles al igual que el PM10 los que presentaron en promedio mayor concentración con valores de 14,63 µg/m3, seguido de los días lunes y jueves con promedios de 14,35 y 14,00 µg/m3. Los días que se observaron con menor concentración promedio de este contaminante fueron los viernes y sábados con valores de 13,33 y 13,36 µg/m3 respectivamente.

Tabla 16.

resumen estadístico para PM2.5 2021

| dia 2021 | Recue nto | Prom edio | Desviación Estándar | Coeficiente de Variación | Míni mo | Máxi mo |
|-------------|--------------|--------------|------------------------|-----------------------------|------------|------------|
| | | | | | | |



| | | | | | | |
|-----------|------|-------------|---------|----------|-------------|-------------|
| lunes | 1101 | 14,35 16 | 7,06696 | 49,2415% | 4,17 172 | 47,0 54 |
| martes | 1021 | 13,70 67 | 6,02999 | 43,9929% | 3,59 403 | 56,8 556 |
| miércoles | 1002 | 14,63 94 | 6,63028 | 45,2906% | 4,54 891 | 39,9 886 |
| jueves | 1071 | 14,00 34 | 5,59126 | 39,928% | 4,49 425 | 46,1 812 |
| viernes | 1108 | 13,33 03 | 5,16043 | 38,7119% | 3,82 833 | 28,7 361 |
| sábado | 1101 | 13,36 75 | 5,95847 | 44,5742% | 3,23 24 | 34,8 819 |
| domingo | 1094 | 13,76 39 | 5,30563 | 38,5473% | 3,23 24 | 47,0 54 |
| Total | 7498 | 13,87 14 | 6,0044 | 43,2863% | 3,23 24 | 56,8 556 |

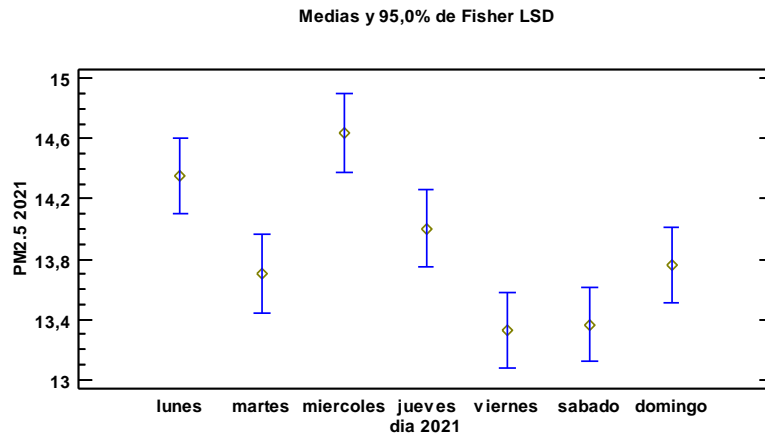
Tabla 17.

ANOVA para PM 2.5 por día 2021

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----------|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 1507,8 | 6 | 251,3 | 7,00 | 0,0000 |
| Intra grupos | 268780, | 74 91 | 35,8804 | | |
| Total (Corr.) | 270288, | 74 97 | | | |



GRAFICA 22. COMPARACION DE MEDIAS, LSD POR DÍA PM2.5 2021



8.3 Proponer estrategias de educación ambiental que ayuden a la gestión de la calidad del aire en la localidad Norte - Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla.

Las estrategias de educación ambiental propuestas se enfocaron en la comunidad, las pequeñas, grandes y medias empresas, fuentes móviles y restaurantes ubicados en la localidad. En la cual se implementaran por parte de las entidades pertinentes campañas de sensibilización ambiental a través de charlas en las que se hablen de las causas, consecuencias e impactos negativos generados a través de las actividades realizadas por estos y se le propongan estrategias de mitigación como cambiar cocinas de leñas por cocinas de gas (en caso de restaurantes), implementar un nuevo sistema para las fuentes móviles en el que se restrinja el tránsito de motocicletas y autos particulares por lo menos 2 veces al mes, siendo estos los más afluentes a la contaminación ambiental en la zona del área de estudio.



Teniendo los resultados, se propone realizar campañas de monitoreo en los meses que mas se presentaron impactos por contaminación atmosférica siendo en este caso el mes de diciembre, las horas y los días como los miércoles en que mayor se presenta concentración con el fin de informar los datos a la comunidad e indicarles que durante ese periodo salga menos y realicen demás actividades que los puede exponer a distintos episodios. Además, implementar guías diseñadas para ofrecer orientación en la reducción de los impactos de la contaminación del aire a través de la educación ambiental.

9. CONCLUSIONES Y DISCUSION

9.1 CONCLLUSIÓN

Como resultado del análisis comparativo del material particulado PM10 y PM 2.5 obtuvimos una diferencia significativa estadísticamente entre los años 2020 y 2021 los cuales tuvieron la presencia de la pandemia por COVID 19, en el primer año de cuarentena los contaminantes PM10 y PM 2.5 presentaron altos niveles de concentración significativos por debajo del límite normativo permisible en un 90%, con respecto al año siguiente de la pandemia.

Al comparar los meses de la cuarentena se constató un aumento del contaminante especialmente en los meses de junio y julio por encima de los $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, debidos a la influencia que tuvo las quemas registradas en el parque Isla Vía Salamanca, declarándose durante el mes de junio un estado de alerta en la ciudad de barranquilla por las altas concentraciones, sin embargo en los siguientes meses se evidenciaron que las concentraciones fueron disminuyendo de manera



significativa hasta volver a obtener concentraciones por debajo de los límites permisibles. En el siguiente año se registró una disminución estadísticamente significativa de la contaminación por el material particulado, pese a que aún se encontraba la ciudad en pandemia. debido a que en el año 2021 no presento incendios de parte de la isla salamanca, ni los vientos del Sahara atribuyendo a la disminución de contaminación atmosférica concentrados en la localidad Norte centro histórico de la ciudad de barranquilla.

9.2 DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos despues de los analisis descriptivos y estadisticos, se pudo evidenciar que a diferencia de ciudades como Medellin, Bogotá y otras; en Barranquilla no se presentó una reduccion significativa como se esperaba en el periodo de pandemia y el confinamiento obligatorio, establecido desde el mes de marzo hasta el mes de agosto de 2020 viendose afectado por las quemas presentadas la vía Islotes y el Parque Vía Isla Salamanca en el departamento del Magdalena y los polvos del Sahara que llegaron hasta la localidad Norte – Centro Histórico que fue la localidad estudiada, sin embargo, y a pesar de que en 2021 el confinamiento fue mucho mas lapso, se evidencia una reduccion significativa en cuanto a los contaminantes esstudiados, logrando cumplir en su mayoria tanto con los limites permisibles establecidos tanto por la Norma Nacional como con los limites establecidos por la OMS.

Luego de analizar los resultados se puede evidenciar que hay días en los que más se concentra los contaminantes cómo los días miércoles, sobre todo en meses como diciembre para los cuales se pueden tomar medidas preventivas en cuanto a la contaminación



atmosférica debido a que a esta se le atribuye gran porcentaje de muertes a nivel mundial según la OMS y a nivel nacional se le puede atribuir también un PIB de 5%. Como anteriormente se mencionaba, Bogotá fue una de las ciudades en que se vio reflejado de manera positiva el confinamiento bajando un 8% la concentración de los contaminantes estudiados.



Bibliografía

FONDO COLOMBIA EN PAZ. (2022). *INFORME PRODUCTO 3 Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos*. Obtenido de

file:///C:/Users/pc%20asus/Downloads/Informe_Inventario%20de%20Emisiones-Producto3.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (s.f.). *Estrategia Nacional de Calidad del Aire – ENCA*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-calidad-del-aire-enca/#:~:text=La%20Estrategia%20Nacional%20de%20Calidad,la%20salud%20de%20los%20colombianos>.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL . (30 de JULIO de 2008). *PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE* . Recuperado el 26 de MAYO de 2022, de MANUAL DE OPERACION DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE CALIDAD DE AIRE :

<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88>

norte, C. A. (mayo 2021). *generacion e integral de herramientas tecnicas y cientificas necesarias para la gestion integral de la calidad del aire en el distrito de barraquilla* .
barranquilla.



ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD . (22 de SEPTIEMBRE de 2021).

Contaminación del aire ambiente (exterior). Obtenido de Contaminación del aire ambiente (exterior)

ORGANIZACION MUNDIAL DE SALUD. (2018). *CONTAMINACION ATMOSFERICA*. Recuperado el 26 de MAYO de 2022, de https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1

Ortega, V. N. (17 de SEPTIEMBRE de 2021). *EL HERALDO* . Obtenido de Los retos para garantizar la calidad del aire en Barranquilla: <https://www.elheraldo.co/medio-ambiente/cumplira-barranquilla-con-la-meta-en-calidad-del-aire-para-el-2030-850745>



ANEXOS

Formatos para calibración de equipos

FORMATO FPM-GAM-01-02


| | | | | | | | | | |
|--|--|---|-------------------|---|--------|--------|---|-----------------------|----------|
| | GESTION AMBIENTAL | | | CODIGO: FPM-GAM-01-02 | | | | | |
| | REGISTRO CALIBRACIÓN / VERIFICACIÓN MULTIPUNTO | | | VERSIÓN: 01 | | | | | |
| | | | FECHA: 24/05/2019 | | | | | | |
| | | | PÁGINA 1 DE 1 | | | | | | |
| Información general: | | ID: 3. | ESTACIÓN: POLICIA | | | | | | |
| Inventario, marca y modelo del analizador: | | 395, Environnement S.A., CO12M | ANALIZAD | CO Método RFCA: 0206-147 | | | | | |
| Inventario, marca y modelo del calibrador: | | 400, Environic, 6100 | | | | | | | |
| PROCEDIMIENTO A REALIZAR: | | <input type="radio"/> VERIFICACIÓN MULTIPUNTO | | <input checked="" type="radio"/> CALIBRACIÓN MULTIPUNTO | | | | | |
| CONCENTRACIONES DEL CILINDRO: | | CO (ppm) | NO (ppm) | SO ₂ (ppm) | | | | | |
| | | 4432 | 102 | 83 | | | | | |
| CRITERIOS DE ACEPTACIÓN | | Rango: De 0 a 50 ppm | | | | | CRITERIOS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA COLOMBIANA Y HAND BOOK U.S. E.P.A. | | |
| | | 0 | 20% | 40% | 60% | 80% | | | |
| Escala equipo | 50 | Concentración de referencia del calibrador | 0.0 | 10 | 20 | 30 | 40 | | |
| Porcentaje aceptable | 2% | Ajuste de la mejor concentración | - | 9.90 | 19.84 | 29.78 | 39.71 | | |
| Valor punto aceptable | 1 | Diferencia de puntos (ajuste mejor Promedio) | - | 0.07 | 0.01 | 0.35 | 0.25 | | |
| Span 1% | 0.5 | Porcentaje de diferencia (ajuste mejor Conc vs. Promedio) | - | 0.71% | -0.04% | -1.16% | 0.62% | | |
| | | Promedio del valor medido | 0.00 | 9.97 | 19.83 | 29.43 | 39.96 | | |
| REALIZÓ LA CALIBRACIÓN: | | Jacques Berdejo | | | | | CRITERIO | RANGO PERMITIDO | OBTENIDO |
| | | | | | | | PENDIENTE | ENTRE 0.95 Y 1.05 | 0.9938 |
| | | | | | | | INTERCEPTO | MENOR AL 1% DEL RANGO | -0.0380 |
| | | | | | | | R ² | MAYOR A 0.995 | 0.9998 |
| | | | | | | | 1% | SPAN (del rango) | CUMPLE |
| | | | | | | | 2% | % DE DIFERENCIA | CUMPLE |

| | | |
|--|--|---|
| <p align="center">RESULTADO CALIBRACIÓN</p> | | <p align="center">RESULTADO DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN:</p> <p align="center">EQUIPO CALIBRADO</p> <p align="center">FINALIZAR</p> |
|--|--|---|

| | | |
|----------------|-----------------------------------|----------------------|
| OBSERVACIONES: | | |
| | PERSONAL AUTORIZADO | FECHA DE REALIZACIÓN |
| | OSCAR ARREDONDO - JACQUES BERDEJO | 5/20/2021 |

FORMATO FPM-GAM-01-05



| | | | | |
|---|---|--|-----------------------|--|
|  | GESTION AMBIENTAL | | CÓDIGO: FPM-GAM-01-05 | |
| | | | VERSIÓN: 01 | |
| | REGISTRO CALIBRACION Y/O VERIFICACION MATERIAL PARTICULADO | | FECHA: 05-06-2019 | |
| | | | PÁGINA 1 DE 1 | |

| | | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------------|------------|-----------|--|
| ID: | | Estación: | POLICIA | | |
| Fecha (dd/mm/aa) | 5/20/2021 | Monitor de partículas | PM10 [X] | PM2.5 [] | |
| Persona autorizada: | JACQUES BERDEJO | | | | |

| INFORMACION DE EQUIPOS | | | | | | |
|------------------------|-------|---------------|--------|-----------|-------|--------|
| Equipo a calibrar: | Marca | Environnement | Modelo | MP101M | Serie | 4964 |
| Equipo de referencia: | Marca | Mesalabs | Modelo | Def. 520H | Serie | 164393 |

| VERIFICACIÓN DE FUGAS | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Verificación de fugas*: | Antes de ajuste registre aquí | Si ajusta registre aquí |
| *Flujo debe ser menor a 5 lpm | Flujo 3 | Flujo |
| NOTA: | | |


| VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS Y FLUJO | | | | |
|------------------------------------|---------------------|--------|------------|--------|
| | INICIO* | | FINAL** | |
| | Equipo Ref | EQUIPO | Equipo Ref | EQUIPO |
| Temperatura Ambiente: ±2°C | T (°C) | | | |
| Presión Barométrica: ± 5 hPa | P (hPa) | | | J35 |
| Flujo (Volumétrico Actú) | F (lpm) | 17.1 | 16.5 | 16.6 |
| *(Entre 16.33 lpm a 17.00 lp | * Antes de ajuste | | | |
| | **Despues de ajuste | | | |

| VERIFICACIÓN / CALIBRACIÓN DE MASA | | | |
|---|--------|--------------------|---------------------------|
| Valor de la lamina de calibración | 864.00 | µg/cm ² | |
| Valor de masa o parámetro | 853.34 | µg/cm ² | Valor de masa o parámetro |
| Error antes de ajuste | 1.23 | % | Error después de ajuste* |
| | | | 100.00 % |
| *El error debe ser menor al 3% de la referencia | | | |

| OBSERVACIONES | |
|-------------------------------------|--|
| A56 | |
| Salir del modo de pantalla completa | |



FORMATO FPM-GAM-01-01

|  | | GESTION AMBIENTAL | | | CODIGO: FPM-GAM-01-01 | |
|---|-------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| | | FORMATO DE REGISTRO CERO Y SPAN | | | VERSION: 01 | |
| | | | | | FECHA: 16-MAYO-2018 | |
| | | | | | PAGINA 1 DE 1 | |
| Deriva de CERO menor o igual al 1%. Deriva de SPAN mas o menos 1% del rango | | | | | | |
| Identificación: | 2 | Tipo de Estación: | FIJA | Nombre: | MOVIL | |
| Criterios de cumplimiento: Norma Colombiana, Hand Book US EPA, Manuales analizadores | | | | | | |
| FECHA de realización (día/mes/año) | ANALIZADOR MODELO | Cero sin ajuste | Span sin ajuste | Cero con ajuste | Span con ajuste | OBSERVACIONES |
| 29 de septiembre de 2021 | CO-CO12M | 0.00 | 41.40 | 0.00 | 40.02 | |
| 29 de septiembre de 2021 | SO2-AF22M | 0.55 | 353.00 | 0.55 | 400.20 | |
| 29 de septiembre de 2021 | NO-AC32M | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | Fuera de servicio |
| 29 de septiembre de 2021 | O3-O342M | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | Fuera de servicio |
| 7 de octubre de 2021 | CO-CO12M | 0.00 | 39.50 | 0.00 | 40.10 | |
| 7 de octubre de 2021 | SO2-AF22M | 0.00 | 438.50 | 0.00 | 399.60 | |
| 7 de octubre de 2021 | NO-AC32M | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | |
| 7 de octubre de 2021 | O3-O342M | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | |
| 13 de octubre de 2021 | CO-CO12M | 0.00 | 39.70 | 0.00 | 40.03 | |
| 13 de octubre de 2021 | SO2-AF22M | 0.00 | 406.80 | 0.00 | 400.00 | |
| 13 de octubre de 2021 | NO-AC32M | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | |
| 13 de octubre de 2021 | O3-O342M | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | |
| 22 de octubre de 2021 | CO-CO12M | 0.00 | 39.84 | 0.00 | 39.96 | |
| 22 de octubre de 2021 | SO2-AF22M | 0.67 | 389.70 | 0.28 | 400.00 | |
| 22 de octubre de 2021 | NO-AC32M | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | |
| 22 de octubre de 2021 | O3-O342M | | | | | |
| 27 de octubre de 2021 | CO-CO12M | 0.00 | 40.11 | 0.00 | 40.06 | |
| 27 de octubre de 2021 | SO2-AF22M | 0.00 | 425.20 | 0.00 | 400.40 | |
| 27 de octubre de 2021 | NO-AC32M | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | |
| 27 de octubre de 2021 | O3-O342M | | | | | |
| 4 de noviembre de 2021 | CO-CO12M | 0.00 | 39.92 | 0.00 | 39.92 | |
| 4 de noviembre de 2021 | SO2-AF22M | 0.43 | 372.20 | 0.00 | 399.90 | |
| 4 de noviembre de 2021 | NO-AC32M | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | |
| 4 de noviembre de 2021 | O3-O342M | | | | | |



FORMATO FPM-GAM-01-03

| | | | |
|--|---|------------------|--|
| | GESTION AMBIENTAL | | CODIGO: FPM-GAM-01-03 |
| | REGISTRO CALIBRACION Y/O VERIFICACION MFC | | VERSIÓN: 01 |
| | | | FECHA: 06/05/2019 |
| | | PÁGINA 1 DE 5 | |
| ID | ESTACION | FECHA | Personal autorizado Oscar Arredondo |
| | | | |
| 1. INFORMACION DE CALIBRADOR MULTIGAS | | | |
| | | Modelo | 6100 |
| | | Firmware Version | 6100-1.36-01 |
| | | Serial | |
| 2. CHEQUEO A/D EN MILIVOLTIOS | | | |
| FINALIZAR | | INICIAL TP2 | |
| | | INICIAL TP4 | |
| | | AJUSTADO TP2 | |
| | | AJUSTADO TP4 | |
| 3. OBSERVACIONES | | | |
| | | | |

X34

Tablas resumen estadístico para cada contaminante

COLOCAS LAS DEMAS TABLAS DE RESUMEN.