

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE (PM10, PM2.5) ANTES, DURANTE Y
DESPUES DE LA PANDEMIA DEL COVID-19, SEGÚN REPORTES DE DATOS
OBTENIDOS DE DOS ESTACIONES DE MUESTREO DEL SISTEMA DE
VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE, EN VALLEDUPAR, CESAR.**

AUTOR (ES):

ANDREA CAROLINA PEÑARANDA BLANCO

ANDRES FELIPE RODRIGUEZ SALAZAR

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR**

2024

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE (PM10, PM2.5) ANTES, DURANTE Y
DESPUES DE LA PANDEMIA DEL COVID-19, SEGÚN REPORTES DE DATOS
OBTENIDOS DE DOS ESTACIONES DE MUESTREO DEL SISTEMA DE
VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE, EN VALLEDUPAR, CESAR.**

AUTOR (ES):

**ANDREA CAROLINA PEÑARANDA BLANCO
ANDRES FELIPE RODRIGUEZ SALAZAR**

DIRECTOR / ASESOR:

ING. JOSE MAURICIO PEREZ ROYERO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR**

2024

DEDICATORIA

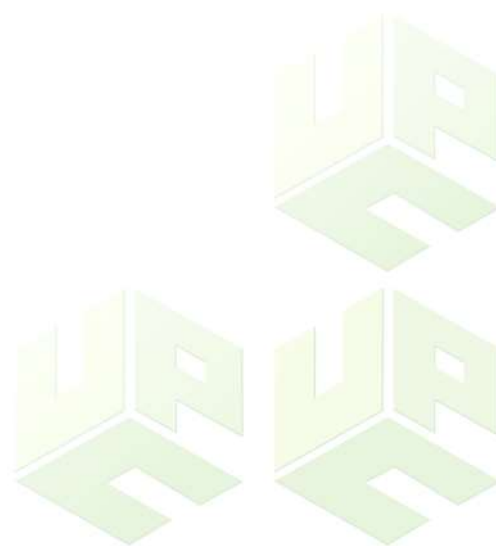
Este trabajo fruto de nuestro esfuerzo y constancia va dedicado primeramente a Dios y a nuestros padres Mario Peñaranda, Margarita Blanco, Samir Rodriguez y Yolinma Salazar porque ellos estuvieron siempre a nuestro lado brindándonos su apoyo incondicional he inculcaron en nosotros el amor al estudio como herramienta de superación, a nuestros hermanos, amigos, compañeros y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para alcanzar este hermoso logro.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darnos la fortaleza y la constancia para culminar este proceso lleno de altos y bajos, donde hubo momentos en los que casi tiramos la toalla, pero su amor y su bondad nos sostuvieron hasta el final, gracias a nuestro tutor Jose Mauricio Perez, que sin su ayuda y conocimientos no hubiese sido posible realizar este proyecto, a nuestra familia y amigos por cada una de sus palabras de aliento.

Agradezco también a nuestra alma mater U.P.C. que nos abrió sus puertas y con ella nos enseñó lo que es el mundo como tal, gracias por formarnos como profesionales.



RESUMEN

Se ha evaluado la calidad del aire en Valledupar referentes a PM10 y PM2.5 durante los años 2019, 2020 y 2021 con base a los registros del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire. La investigación fue de carácter cualitativa y descriptiva. Para ello, se recopiló información secundaria sobre las mediciones de PM10 y PM2.5 de las estaciones SEMINARIO y BOMBEROS, la movilidad vehicular y los incendios forestales ocurridos durante los años mencionados; posteriormente se determinaron los índices de calidad de aire; y, por último, se formularon planes de acción para mitigar la problemática. Los resultados demostraron que, para el año 2019 presentaron niveles promedio entre los $17\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 y $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5, el año 2020 con niveles promedio de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 y $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5. y el año 2021 con $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 y $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5; donde se refleja un incumplimiento con el material PM2.5 que supera el límite establecido por la norma ($37\mu\text{g}/\text{m}^3$) registrando los niveles máximos entre los meses de marzo, junio y julio de los años estudiados, y un incumplimiento parcial con el límite máximo permisible de PM10 permitido por la norma ($75\mu\text{g}/\text{m}^3$) registrando los niveles máximos entre los meses de marzo, julio, agosto y octubre de los años estudiados. El análisis de los puntos de calor en los años estudiados reveló que; en los primeros semestres de cada año mostraron una incidencia notablemente alta en comparación con los segundos semestres. En el año 2019 circulaban 83.991 vehículos, el año 2020 94.000 vehículos y el año 2021 con más de 103.000 vehículos. El índice de calidad del aire para los años estudiados se destacó que, las concentraciones de PM2.5 fueron superiores a las de PM10 en Valledupar. La formulación de un plan de acción para mejorar la calidad del aire en Valledupar, considerando el impacto de la pandemia de COVID-19, es crucial para salvaguardar la salud de los ciudadanos, reducir los riesgos asociados a enfermedades respiratorias y cardiovasculares y establecer estrategias que reduzcan las emisiones contaminantes.

Palabras claves: COVID – 19, material particulado, índice de calidad de aire, PM2.5, PM10, movilidad vehicular, incendios forestales.

ABSTRACT

The air quality in Valledupar has been evaluated regarding PM10 and PM2.5 during the years 2019, 2020 and 2021 based on the records of the Air Quality Surveillance System. The research was qualitative and descriptive in nature. To this end, secondary information was collected on PM10 and PM2.5 measurements from the SEMINARIO and FIRE stations, vehicular mobility and forest fires that occurred during the aforementioned years; Subsequently, the air quality indices were determined; and, finally, action plans were formulated to mitigate the problem. The results showed that, for the year 2019, they presented average levels between $17\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 and $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5, in 2020 with average levels of $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 and $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5. and the year 2021 with $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 and $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5; where a non-compliance with the PM2.5 material that exceeds the limit established by the standard ($37\mu\text{g}/\text{m}^3$) is reflected, recording the maximum levels between the months of March, June and July of the years studied, and a partial non-compliance with the maximum limit permissible PM10 allowed by the standard ($75\mu\text{g}/\text{m}^3$) recording the maximum levels between the months of March, July, August and October of the years studied. The analysis of hot spots in the years studied revealed that; in the first semesters of each year, they showed a notably high incidence compared to the second semesters. In 2019 there were 83,991 vehicles circulating, in 2020 there were 94,000 vehicles and in 2021 there were more than 103,000 vehicles. The air quality index for the years studied highlighted that the concentrations of PM2.5 were higher than those of PM10 in Valledupar. The formulation of an action plan to improve air quality in Valledupar, considering the impact of the COVID-19 pandemic, is crucial to safeguard the health of citizens, reduce the risks associated with respiratory and cardiovascular diseases and establish strategies that reduce polluting emissions.

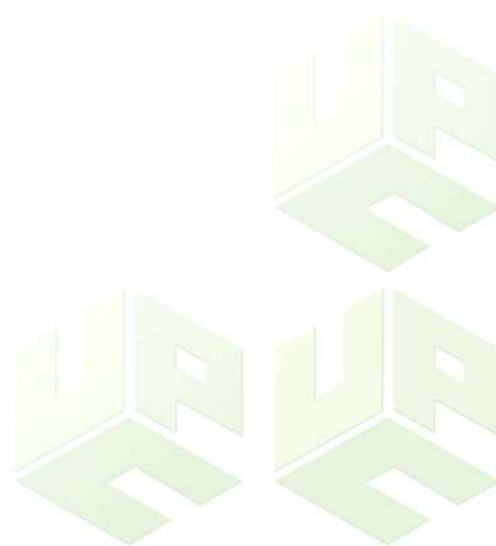
Keywords: COVID – 19, particulate matter, air quality index, PM2.5, PM10, vehicular mobility, forest fires.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA	5
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. OBJETIVOS	8
3.1. OBJETIVO GENERAL	8
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
4. MARCO REFERENCIAL	9
4.1. ANTECEDENTES	9
4.2. MARCO TEÓRICO	12
4.2.1. Contaminación del aire	12
4.2.2. Covid-19	21
4.3. MARCO CONCEPTUAL	24
4.4. MARCO CONTEXTUAL	26
4.5. MARCO LEGAL	27
5. MARCO METODOLÓGICO	30
5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN	30
5.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	30
5.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	30
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	31
5.5. MUESTRA POBLACIONAL	31
5.6. DESARROLLO METODOLÓGICO	33

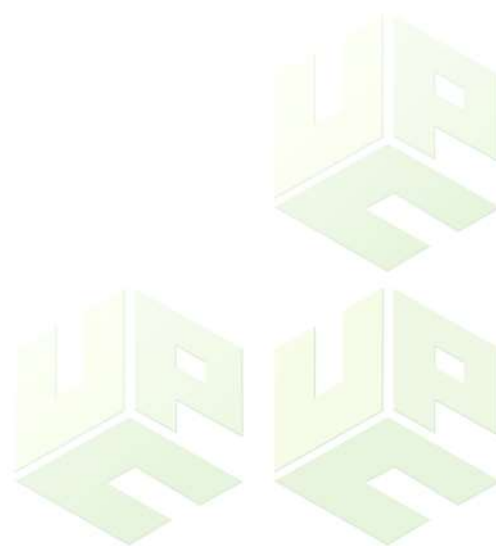
5.6.1. <i>ETAPA I: Recopilación de información bibliográfica de la base de datos de la calidad del aire de CORPOCESAR y el Sistema De Vigilancia De Calidad Del Aire para los años 2019, 2020 y 2021.</i>	33
5.6.2. <i>ETAPA II: Establecimiento de los efectos del covid-19 sobre la calidad del aire (PM10, PM2.5) según reportes de datos suministrados por El Sistema De Vigilancia De Calidad Del Aire, En Valledupar, Cesar.</i>	35
5.6.3. <i>ETAPA III: Formulación del plan de acción de calidad del aire de la ciudad de Valledupar, como estrategia de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del covid-19.</i>	36
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	37
6.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA BASE DE DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CORPOCESAR Y EL SISTEMA DE VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE PARA LOS AÑOS 2019, 2020 Y 2021.	37
6.1.1. <i>Puntos de control.</i>	37
6.1.2. <i>Información de la página de CORPOCESAR componente aire.</i>	38
6.1.3. <i>Información de páginas oficiales acerca de incendios forestales de la zona.</i> .	56
6.1.4. <i>Información de sitios oficiales acerca de movilidad vehicular.</i>	64
6.1.5. <i>Información de la secretaría de tránsito y transporte sobre la movilidad vehicular.</i>	69
6.2. ESTABLECIMIENTO DE LOS EFECTOS DEL COVID-19 SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE (PM10, PM2.5) SEGÚN REPORTES DE DATOS SUMINISTRADOS POR EL SISTEMA DE VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE, EN VALLEDUPAR, CESAR.	71
6.2.1. <i>Cumplimiento de la calidad del aire mediante la Resolución 2254 de 2017 para los años estudiados.</i>	71
6.2.2. <i>Analizar los datos obtenidos.</i>	80

6.3. FORMULACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE VALLEDUPAR, COMO ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS GENERADOS EN EL MARCO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19.	
6.3.1. Objetivos del plan de acción de gestión de la calidad del aire.....	82
6.3.2. Formulación de líneas de acción del plan de acción.....	83
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFIA.....	91
ANEXO A: Envío de Carta de solicitud de información a CORPOCESAR sobre los monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5 entre los años 2019, 2020 y 2021. ...	96
ANEXO B: Respuesta positiva a solicitud de información a CORPOCESAR sobre los monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5 entre los años 2019, 2020 y 2021. ...	97
ANEXO C: Envío de Carta de solicitud de información a SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR sobre el registro del parque automotor entre los años 2019, 2020 y 2021.....	98
ANEXO D: Memorias de cálculo de índices de calidad ICA por CORPOCESAR.....	101



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de muestreador PM10 – PM2.5 bajo HI-VOL.	18
Tabla 2. Normatividad referente a la calidad de aire en Colombia.....	27
Tabla 3. Especificaciones de las estaciones de monitoreo estudiadas.	31
Tabla 4. Resumen estadístico básico de concentraciones PM10 y PM2,5 en el semestre 2019 - I.	38
Tabla 5. Resumen estadístico básico de concentraciones PM10 y PM2,5 en el semestre 2019 - II.	42
Tabla 6. Resumen estadístico básico de concentraciones PM10 y PM2,5 en el semestre 2020..	45
Tabla 7. Resumen estadístico básico de concentraciones PM10 y PM2,5 en el semestre 2021..	50
Tabla 8. Efectos de la movilidad en el municipio de Valledupar para el año 2019.....	65
Tabla 9. Plan de acción para la gestión de la calidad de aire en Valledupar postpandemia	83



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Contaminación del aire.....	13
Figura 2. Ilustración de un muestreador de PM10 – PM2.5 para HI-VOL.	19
Figura 3. Ilustración de un muestreador de PM2.5 sistema TOPAS.	20
Figura 4. Monitoreo de PM2.5 a marzo del 2020.....	23
Figura 5. Ubicación de la ciudad de Valledupar en el departamento del Cesar.	27
Figura 6. Ubicación de las estaciones de monitoreo.....	32
Figura 7. Comparación de material particulado PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2019 – I con la resolución 2254 del 2017 (24 horas).....	39
Figura 8. Registro de material particulado PM10 diario en Valledupar, 2019 - I.	40
Figura 9. Registro de material particulado PM2.5 diario en Valledupar, 2019 - I.	40
Figura 10. Comparación de material particulado PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2019 – II con la resolución 2254 del 2017 (24 horas).....	42
Figura 11. Registro de material particulado PM10 diario en Valledupar, 2019 - II.	43
Figura 12. Registro de material particulado PM2.5 diario en Valledupar, 2019 - II.	44
Figura 13. Comparación de material particulado PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2020 con la resolución 2254 del 2017 (24 horas).....	45
Figura 14. Concentraciones promedio mensuales de PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2020.	47
Figura 15. Registros de contaminante PM10 y PM2,5 con equipo automático TOPAS en la estación SEMINARIO de Valledupar, 2020.....	48
Figura 16. Registros de contaminante PM10 y PM2,5 con equipo automático TOPAS en la estación BOMBEROS de Valledupar, 2020.	49
Figura 17. Comparación de material particulado PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2021 con la resolución 2254 del 2017 (24 horas).....	50
Figura 18. Concentraciones promedio mensuales de PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2021.	51
Figura 19. Registros de contaminante PM10 y PM2,5 con equipo automático TOPAS en la estación SEMINARIO de Valledupar, 2021.....	52

Figura 20. Registros de contaminante PM10 y PM2,5 con equipo automático TOPAS en la estación BOMBEROS de Valledupar, 2021.....	53
Figura 21. Registros de contaminante PM10 en los años de estudio (2019 – 2020 – 2021).	54
Figura 21. Registros de contaminante PM2.5 en los años de estudio (2019 – 2020 – 2021).	54
Figura 21. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el primer semestre del año 2019.	57
Figura 22. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el segundo semestre del año 2019....	58
Figura 23. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el primer semestre del año 2020.	59
Figura 24. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el segundo semestre del año 2020....	60
Figura 25. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el primer semestre del año 2021.	61
Figura 26. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el segundo semestre del año 2021....	62
Figura 27. Propósito de los viajes y recorridos de tránsito en la ciudad de Valledupar.	68
Figura 28. Tiempos de viaje en cada medio de transporte de la ciudad de Valledupar.....	68
Figura 29. Medios de transporte usados por los ciudadanos de Valledupar.....	69
Figura 30. Información de Parque automotor en Valledupar, 2019 – 2020 – 2021.	69
Figura 31. Índice de calidad de aire para el material particulado PM10 en Valledupar, 2019 - I.	72
Figura 32. Índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 en Valledupar, 2019 - I.	72
Figura 33. Índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 en Valledupar, 2019 - II.	73
Figura 34. Índice de calidad de aire para el material particulado PM10 en Valledupar, 2019 - II.	74
Figura 35. Índice de calidad de aire para el material particulado PM10 en Valledupar, 2020....	75
Figura 36. Índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 en Valledupar, 2020...	76
Figura 37. Índice de calidad de aire para el material particulado PM10 en Valledupar, 2021....	78
Figura 38. Índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 en Valledupar, 2021... 79	

INTRODUCCIÓN

El material particulado atmosférico definido como un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas presentes en suspensión en la atmósfera (Meszáros, 1999), es uno de los principales contaminantes emitidos por la combustión de vehículos diésel, además de ser un contaminante criterio y el que determinará la calidad del aire de un lugar. Las concentraciones de material particulado (PM10 y PM2.5 entre otros) a la atmósfera están siendo emitidos cada vez en mayor proporción debido al aumento demográfico y por ende a la alta demanda de vehículos a diésel (Guevara et al., 2019).

Colombia es uno de los países con mayor problema de calidad del aire; mediciones realizadas desde el 2010 en ciudades como Bogotá, Barranquilla y el área metropolitana del Valle de Aburrá registraron altos niveles de contaminación (Toro, M.V., secretaria de ambiente, 2010), cuyo origen son el mal estado de las vías, la quema de residuos sólidos, la deforestación y los incendios forestales, entre otros. Algunas de las estaciones de los sistemas de vigilancia de calidad del aire de estas ciudades exceden los niveles máximos permisibles de material particulado. La exposición aguda o crónica a altos niveles de contaminación puede causar congestión nasal, irritación ocular, tos seca, asma, neumonía y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Félix-Arellano, E.E., 2020), genera más de 600 mil atenciones al año en niños menores de 5 años (secretaria de ambiente, 2010), así como ausentismo y baja productividad laboral en los adultos (Rojas, N., 2017)

El estudio tiene como objetivo evaluar La Calidad Del Aire (PM10, PM2.5) Antes, Durante Y Después De La Pandemia Del Covid-19, Según Reportes De Datos Suministrados Por El Sistema De Vigilancia De Calidad Del Aire, En Valledupar, Cesar, por medio de una recopilación de información bibliográfica de la base de datos de la calidad del aire de Corpopesar y el Sistema

De Vigilancia De Calidad Del Aire para los años 2019, 2020 y 2021, estableciendo los efectos del covid-19 sobre la calidad del aire (PM10, PM2.5) y formulando estrategias de mitigación.

La investigación se estructura en nueve capítulos, divididos de la siguiente manera: en el capítulo número uno, se realiza la descripción del planteamiento del problema, el capítulo número dos menciona la justificación. El capítulo número tres menciona los objetivos de la investigación. El capítulo 4 encontramos el marco referencial. El capítulo número cinco, hace referencia al marco metodológico, en el que se encuentra la descripción de la línea, sublínea, tipo, nivel, población y muestra que requiere el desarrollo de la investigación. Adicionalmente, se encuentra el desarrollo metodológico. El capítulo sexto son los resultados que se esperan obtener. Posteriormente, en el capítulo séptimo se encuentra el cronograma, seguido por el capítulo octavo, presupuesto y por último la bibliografía.

Los resultados de la implementación de esta investigación demostraron que, para el año 2019 presentaron niveles promedio entre los $17\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{10}$ y $15\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{2.5}$, el año 2020 con niveles promedio de $20\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{10}$ y $18\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{2.5}$. y el año 2021 con $25\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{10}$ y $20\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{2.5}$; en donde los niveles máximos registrados en los años fueron de $144.6\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{10}$ y $91.7\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{2.5}$; logrando ver que se incumplieron los niveles límites permitidos por la resolución 2254 de 2017 de $75\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{10}$ y $37\mu\text{g}/\text{m}^3\text{PM}_{10}$ y así, reportando un índice de calidad moderado a dañino para la salud entre los años 2020 y 2021 respectivamente.

El análisis de los puntos de calor en los años estudiados reveló que; en los primeros semestres de cada año mostraron una incidencia notablemente alta en comparación con los segundos semestres. En el año 2019 circulaban 83.991 vehículos, el año 2020 94.000 vehículos y el año 2021 con más de 103.000 vehículos. El índice de calidad del aire para los años estudiados se destacó que, las concentraciones de PM2.5 fueron superiores a las de PM10 en Valledupar.

La formulación de un plan de acción para mejorar la calidad del aire en Valledupar, considerando el impacto de la pandemia de COVID-19, es crucial para salvaguardar la salud de los ciudadanos, reducir los riesgos asociados a enfermedades respiratorias y cardiovasculares y establecer estrategias que reduzcan las emisiones contaminantes; en donde se incluyeron las políticas ambientales para el desarrollo de las actividades propuestas.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 (coronavirus), causante de la enfermedad denominada COVID-19 (coronavirus disease 2019), se constituyó en uno de los más importantes desafíos para la salud pública en el último siglo, por los altos índices de morbilidad y el consecuente impacto en aspectos sociales, económicos y políticos a nivel global, generando la necesidad inmediata de investigación científica que permitiera identificar factores contribuyentes y determinantes sociales y ambientales que conducen a esta enfermedad, para orientar las medidas de mitigación, diagnóstico, tratamiento, prevención y control, y el desarrollo de políticas públicas en salud (Ching, J., Copat, C.H. Cox, L.A, 2020)(Gupta,A,2021).

Al respecto, la calidad del aire, medida por la concentración de material particulado en sus fracciones gruesa (PM10), fina (PM2.5) y ultrafina (PM <0.1micrometros), ha sido relacionada directamente como factor contribuyente a la morbilidad por enfermedades crónicas, cardiovasculares, metabólicas y respiratorias, patologías que han sido identificadas de alto riesgo para las complicaciones y muerte por la COVID-19 (Brandt, M., Comunian, S. & Copiello, S., 2020) (OMS,2021); así mismo, se ha estudiado que los virus pueden adherirse al material particulado respirable, que les sirve de transportador hacia el torrente sanguíneo y los sistemas respiratorio y cardiovascular (Adhikari, A., Filippini, T. & Zhu, Y., 2020).

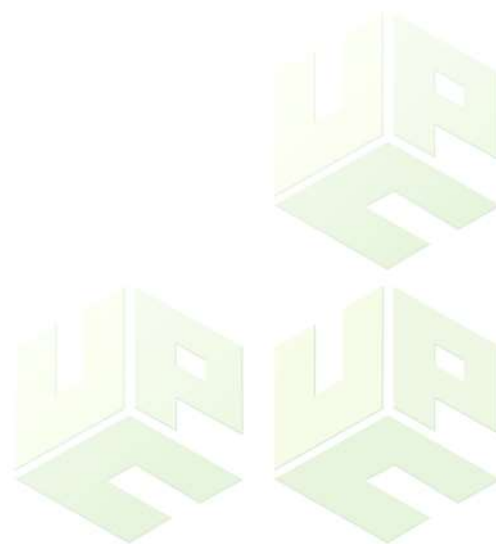
Colombia es uno de los países con mayor problema de calidad del aire; mediciones realizadas desde el 2010 en ciudades como Bogotá, Barranquilla y el área metropolitana del Valle de Aburrá registraron altos niveles de contaminación (Toro, M.V., secretaria de ambiente, 2010), cuyo origen son el mal estado de las vías, la quema de residuos sólidos, la deforestación y los incendios forestales, entre otros. Algunas de las estaciones de los sistemas de vigilancia de calidad del aire de estas ciudades exceden los niveles máximos permisibles de material particulado. La exposición aguda o crónica a altos niveles de contaminación puede causar congestión nasal, irritación ocular, tos seca, asma, neumonía y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Félix-

Arellano, E.E., 2020), genera más de 600 mil atenciones al año en niños menores de 5 años (secretaría de ambiente, 2010), así como ausentismo y baja productividad laboral en los adultos (Rojas, N., 2017).

En Colombia, se han efectuado algunas investigaciones que incluyen la asociación entre calidad del aire y COVID-19 durante los primeros meses de la pandemia; sin embargo, estos estudios no han encontrado asociación significativa ante la exposición crónica a material particulado, ni el aporte de los incendios forestales de las zonas, resaltando una importante influencia de otras variables como las sociodemográficas (Rodríguez, L.; Bolaño-Ortíz, T.; 2020) (Cifuentes, M., & Wilches- Visbal, J.H., 2021), así mismo, no se ha tenido en cuenta los tres tiempos de la investigación (presente, pasado y futuro) por lo que se hace necesario conocer y crear investigaciones a nivel local con datos de la ciudad de Valledupar y los sistemas de vigilancia de la calidad del aire, que vinculen las variables como movilidad vehicular y la incidencia de los incendios forestales y su aporte a la calidad del aire en el marco de la pandemia del COVID-19.

1.1.FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA

¿Cuál fue el efecto de la pandemia del COVID-19 en la calidad del aire de la ciudad de Valledupar para los años 2019, 2020 y 2021?



2. JUSTIFICACIÓN

Según el Conpes 3943 de 2018, Colombia posee la necesidad de formular estudios de prevención y control de la contaminación del aire de manera que se mantenga y fortalezca la gestión coordinada de todos los actores relacionados con la gestión de la calidad del aire y se garantice la coherencia, consistencia y armonía con las políticas y regulaciones ambientales y sectoriales, a través de espacios de coordinación y participación. De esta forma el país podrá centrar y focalizar los esfuerzos de manera estructurada para combatir la problemática actual, promoviendo un progreso constante hacia el cumplimiento de los niveles aceptables de calidad del aire (Conpes 3943 de 2018).

Conforme con lo anterior, es evidente que el país ha contado con referentes investigativos para orientar la definición de las estrategias de prevención, reducción y control de la contaminación del aire y su relación con el covid-19, así como un desarrollo normativo y de política que establece el marco de acción. Pese a estos avances, es necesario fortalecer la implementación de las medidas investigativas que garanticen la reducción de emisiones de las fuentes móviles y fijas, la cobertura, calidad y disponibilidad de la información para medir la efectividad de las acciones desarrolladas, aumentar los estudios, mejorar los diagnósticos, así como el seguimiento y control, ordenar el territorio incorporando la calidad del aire como variable de análisis, gestionar el riesgo, implementar y fortalecer los instrumentos económicos, articular estrategias de reducción de contaminantes del aire, mejorar los sistemas de información y fomentar la educación y la participación ciudadana en el control de la contaminación del aire.

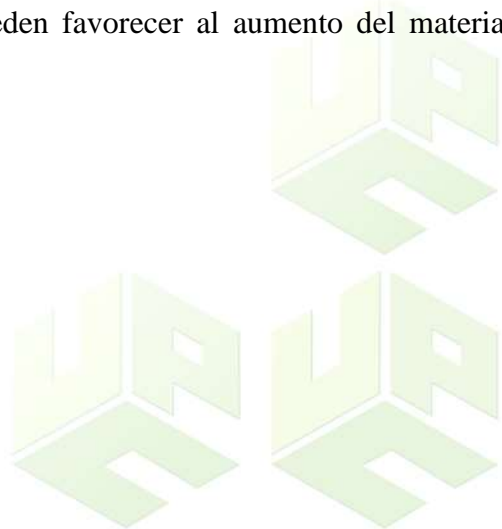
Por medio de la presenta investigación se pretende determinar La Calidad Del Aire (PM10, PM2.5) Antes, Durante Y Después De La Pandemia Del Covid-19, Según Reportes De Datos Suministrados Por El Sistema De Vigilancia De Calidad Del Aire, En Valledupar, Cesar, estableciendo los efectos del covid-19 sobre la calidad del aire (PM10, PM2.5) y formulando el

plan de acción de calidad del aire de la ciudad de Valledupar, como estrategia de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del covid-19.

Esta investigación aportó en la definición de objetivos y metas medibles para el mejoramiento de la calidad del aire y su relación con el covid-19, en el reconocimiento de la calidad del aire en el ordenamiento territorial; en la necesidad de promover la investigación en esta materia; en el desarrollo de planes de gestión del riesgo y en la participación ciudadana para la prevención y el control de la contaminación del aire.

Por otra parte, se analizó como los efectos económicos y sociales que la pandemia del COVID-19 y las medidas asociadas para hacerle frente pueden afectar el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además de presentar un recuento de algunos de los efectos iniciales de la crisis sanitaria en el medio ambiente, se discutieron los efectos potenciales en términos de regulaciones ambientales e intervenciones de política pública de la calidad del aire. Lo anterior sirvió como base para que los gobiernos establezcan medidas y programas que garanticen la gestión de la calidad del aire, y el protocolo para hacer frente a una crisis como la del COVID-19.

Finalmente, este proyecto sirvió como base para que los valduparenses conozcan el efecto de la pandemia del covid-19 sobre la calidad del aire, y generen conciencia acerca de la importancia de mitigar los impactos y el uso de vehículos que pueden favorecer al aumento del material particulado atmosférico.



3. OBJETIVOS

3.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del aire (PM10, PM2.5) antes, durante y después de la pandemia del covid-19, según reportes de datos obtenidos de dos estaciones de monitoreo del Sistema De Vigilancia De Calidad Del Aire en Valledupar, Cesar según la resolución 2254 de 2017.

3.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar información bibliográfica de la base de datos de la calidad del aire de Corpocesar y el Sistema De Vigilancia De Calidad Del Aire para los años 2019, 2020 y 2021.
- Establecer los efectos del covid-19 sobre la calidad del aire (PM10, PM2.5) según reportes de datos suministrados por El Sistema De Vigilancia De Calidad Del Aire, En Valledupar, Cesar.
- Formular estrategias de calidad del aire para mitigar los impactos generados en el marco de la pandemia del covid-19 en la ciudad de Valledupar, como estrategia



4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES

Cepal. (2022). Realizó el informe titulado: Efectos de las cuarentenas y restricciones de actividad relacionadas con el COVID-19 sobre la calidad del aire en las ciudades de América Latina. Tuvo por objeto dar a conocer los efectos del covid-19 en la calidad del aire a nivel Latinoamérica. Las series estadísticas en las que se basó el documento fueron procesadas y presentadas en forma de índices de calidad del aire asociados a niveles de concentración de cada contaminante. Este índice compiló los datos oficiales de las instituciones o autoridades ambientales de cada ciudad a partir de estaciones de monitoreo. Se realizó un ejercicio de comparación de los niveles de concentración en estaciones de monitoreo locales, que mostró niveles de concentración coherentes con lo informado por el compilador global. Los resultados mostraron la disminución de tres contaminantes estudiados en el aire respirable de ciudades de América Latina se traduce en una mejora de la salud ambiental y humana (reduce la morbilidad respiratoria), especialmente en el caso de las personas vulnerables. La investigación es importante, puesto que, establece métodos para la recopilación de información de calidad del aire.

Moreno, K., et. Al, (2022) desarrollaron la investigación titulada: Perspectiva del COVID-19 sobre la contaminación del aire en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú., para optar por el título de ingeniero ambiental. El objetivo principal fue presentar una revisión basada en un análisis integral de los estudios publicados abordando implicancias teóricas usadas dentro de los estudios. Se realizó por medio de dos fases: la recopilación de información de artículos del año 2020, y la posterior evaluación o análisis de estos. Se analizaron 68 estudios, los cuales se publicaron en 17 revistas hasta agosto del 2020. Seguidamente, se procedió a la normalización de los datos, eliminando los duplicados existentes y aquellos que no guardaban relación con las palabras de búsqueda. Con los trabajos seleccionados se procedió a la lectura de cada uno, mediante análisis y síntesis de la información, profundizando en los conocimientos del

tema en estudio, considerando las implicancias de la pandemia respecto a la contaminación del aire. Los resultados mostraron que, la relación entre COVID-19 y contaminación del aire es un tema emergente, debido a la situación indistinta que afecta a los países, por lo cual el análisis de calidad del aire es substancial. La investigación es importante, puesto que, establece métodos para la recopilación de información.

González, Y. (2021), realizó el estudio llamado: Evaluación del impacto en la calidad del aire generado por el aislamiento preventivo como medida frente al COVID-19 en tres ciudades de Colombia, para optar por el título de maestría en ingeniería ambiental en la Universidad Nacional de Colombia. investigación tuvo como objetivo analizar dicho impacto en tres ciudades de Colombia. Para ello, se seleccionó a Bogotá, Medellín y Cali, ciudades que cuentan con una red de monitoreo de calidad de aire y se caracterizan por ser grandes urbes del país. Se utilizó información de calidad de aire medida en superficie de los Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire (SVCA) de cada ciudad identificando los cambios en las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), material particulado (PM_{2.5}). Se seleccionaron estaciones que cumplieran con un porcentaje de datos válido igual o superior al 75%. Seguido de esto, se analizó el comportamiento de las concentraciones de los contaminantes con promedios diarios de los años 2015 al 2019 frente al promedio diario del año 2020. Los resultados indican que en la cuarentena estricta se presentó un comportamiento atípico en las concentraciones de los contaminantes analizados, donde para Bogotá y Medellín el NO₂ disminuyó considerablemente (58 y 66% respectivamente), al igual que el PM_{2.5} para Bogotá, Medellín y Cali (33, 45 y 62% respectivamente). La investigación es importante, puesto que, establece métodos para la recopilación de información.

Rodríguez, D. (2021), realizó la investigación titulada: Relación entre calidad del aire y mortalidad por COVID-19 en dos localidades de Bogotá durante al año 2020 para optar por el título de maestría en salud pública en la Universidad de los Andes. Este estudio tiene como objetivo evaluar la relación entre altos niveles de material particulado y la mortalidad por COVID-19 en el

año 2020 en Bogotá, y de manera particular en dos de sus localidades, Usaquén y Kennedy. Se aplicó un modelo de análisis de regresión de Poisson ajustado por las variables de humedad y temperatura y seguidamente se estimó un LAG para calcular el riesgo de mortalidad en los tres escenarios. Se identificó una asociación positiva entre altos niveles de PM10 y PM2.5 y mortalidad por COVID-19 en los tres escenarios. Ante el aumento de un 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 Se incrementó el riesgo de mortalidad para Bogotá (0,08%), para Usaquén (0,19%) y para Kennedy (0,01%) en el día del deceso (lag 0). Además, siete días antes del evento (lag 7) la elevación de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 incrementa la mortalidad por COVID-19 para Bogotá (0.04%) , para Usaquén (0.21%) y para Kennedy en (0.02%).

Flores, C. (2020). Efectos del aislamiento COVID-19 en la calidad de aire en la provincia de Lima - Perú en el año 2020. Trabajo de investigación para optar el grado académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, Perú. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar los efectos del aislamiento COVID-19 en la calidad de aire en la Provincia de Lima – Perú en el año 2020. La investigación se planteó ya que la contaminación del aire cada día es un problema global, ya que puede provocar impacto ambiental negativo y en la salud provocando enfermedades en el sistema respiratorio. Los resultados obtenidos en la investigación fue que efectivamente desde el año 2015 al 2018 el flujo vehicular en la provincia de Lima aumentó significativamente, y por ende las concentraciones de contaminantes que estos generan también, por otro lado, las estaciones en los cinco puntos de muestreo indicaron que en este año debido a la pandemia Covid los niveles de concentración de contaminantes en el aire disminuyeron significativamente, especialmente del ozono ya que este puede ser generado por vehículos con motores a gasolina y por solventes químicos, estos contaminantes se reflejan en la cantidad de vehículos e industrias en funcionamiento.

4.2.MARCO TEÓRICO

4.2.1. *Contaminación del aire*

La contaminación del aire representa un importante riesgo ambiental para la salud. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire es responsable de 300.000 muertes al año en el continente americano, y nueve de cada diez personas respiran ahora mismo aire contaminado. Los contaminantes del aire claves en relación con la salud humana y ambiental son el material particulado grueso (PM10) y el fino (PM2,5), el dióxido de nitrógeno (NO2) y el dióxido de azufre (SO2).

Dentro de los efectos en la salud asociados a la contaminación del aire se encuentra la inflamación y disminución de función pulmonar, aumento de casos o síntomas de asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), mayor morbilidad y mortalidad respiratoria y cardiovascular (Laumbach R, 2010). Otros efectos negativos de la contaminación del aire incluyen el deterioro de materiales de construcción en edificios, puentes y estatuas. Adicionalmente, la lluvia ácida, que es la combinación de gases como ácido sulfúrico y nítrico con la precipitación, ocasiona el aumento de la acidez en los cuerpos de agua afectando la fauna presente y el material vegetal, disminuyendo los nutrientes del suelo y ocasionando daño en los cultivos con importantes pérdidas económicas (Granados Sánchez & López Ríos, (2010); Alvarez & Hidalgo, (2002)).

Figura 1. Contaminación del aire



Nota. Tomado de la Organización Mundial de la Salud, 2020.

4.2.1.1. Clasificación de los contaminantes según el origen. La contaminación atmosférica es originada por la emisión, acumulación y mezcla de contaminantes en el aire provenientes de fuentes naturales y fuentes antropogénicas (Buitrago y Rodríguez, 2022).

Los contaminantes emitidos directamente de las fuentes a la atmósfera se denominan contaminantes primarios (Buitrago y Rodríguez, 2022). Se incluyen en esta categoría:

- Gases inorgánicos como SO₂, NO_x, H₂S, CO, NH₃, CO₂, HF.
- Partículas como cenizas, humo, polvo, humos, nieblas, aerosoles.
- Hidrocarburos oleofílicos y aromáticos.
- Compuestos radiactivos.

Los contaminantes secundarios son aquellos que se derivan de los contaminantes primarios resultado de reacciones químicas o fotoquímicas en la atmósfera. Los contaminantes como SO₂, NO₂, O₃, sales de sulfato y nitrato, aldehídos y nitrato de peroxiacetilo (PAN) se incluyen en esta categoría (Buitrago y Rodríguez, 2022).

4.2.1.2. Clasificación de los contaminantes según el estado de la materia. Pueden ser contaminantes gaseosos y particulados, aerosoles, componentes metálicos, contaminantes radiactivos y pesticidas (Buitrago y Rodríguez, 2022).

- **Contaminantes gaseosos:** Compuestos de azufre (SO₂ - H₂S - SO₃ - H₂SO₄), compuestos de nitrógeno, (NO - NH₃ - NO₂), compuestos del carbono (Aldehídos - cetonas), óxidos de carbono (CO, CO₂), compuestos de los halógenos (HF, HCL)
- **Contaminantes por partículas:** PM 10 Y PM 2.5 Los pequeños cuerpos sólidos y las gotas líquidas se denominan partículas. Las fuentes antropogénicas para la emisión de partículas incluyen cenizas volantes de plantas de energía, fundiciones, combustión de combustible, operaciones industriales, quema de desechos, etc. La contaminación por partículas incluye:
 - **PM10:** partículas inhalables que tienen diámetros de, por lo general, 10 micrómetros y menores.
 - **PM2.5:** partículas inhalables finas que tienen diámetros de, por lo general, 2.5 micrómetros y menores.

El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diésel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos (Fang et al., 2003).

Conforme la normatividad colombiana, el material particulado no se deposita en períodos cortos, sino que persiste en el aire debido a su tamaño y densidad (MAVDT, 2010). Estas partículas en suspensión (MP) son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos,

como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos (Billet et al., 2007).

El material particulado es emitido a la atmósfera por fuentes naturales o antrópicas. Entre las actividades naturales se encuentran las emisiones volcánicas y las partículas arrastradas por el viento. Dentro de las actividades antropogénicas se encuentran las emisiones de gases de escape de vehículos principalmente a combustión diésel y las emisiones producto de diversas industrias. Las emisiones de contaminantes provenientes del parque automotor contribuyen en primera instancia al deterioro de la calidad del aire (Toro *et al.*, 2001), ocasionando alteraciones en la composición química de la atmosfera a nivel local y regional (Moldanova et al., 2009). El material particulado en suspensión puede ser retirado de la atmósfera por diversos mecanismos, puede realizarse por deposición seca o por deposición húmeda, en donde el diámetro, composición química y propiedades termodinámicas de las partículas determinaran la eficacia de la deposición (Viana, 2003). El material particulado está asociado con compuestos con conocida actividad genotóxica, mutagénica o carcinogénica (García, et. Al, 2008).

Según el Departamento de Protección Ambiental de Hong Kong (HKEPD), la principal causa de las altas concentraciones de material particulado en las zonas urbanas, se deben al escape de los vehículos, los cuales no cuentan con sistemas de control de emisiones (Ho *et al.*, 2003; Quijano & Orozco, 2005). Los principales elementos encontrados por la quema de combustibles fósiles, transformación de metales e incineración de residuos son el Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, V, Sb (Gao *et al.*, 2002).

4.2.1.3. Monitoreo de la calidad de aire. Bajo la Resolución 2254 de 2017, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo actualizó los estándares nacionales de calidad del aire ambiental para el ozono (O₃), material particulado menor a 10 micras (PM₁₀), material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}), monóxido de carbono (CO), dióxido de

nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂), con el fin de proteger la salud de la población y el bienestar humano (Buitrago y Rodríguez, 2022).

Para monitorear los contaminantes criterio con el fin de realizar la comparación con los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad nacional, se deben utilizar los métodos de referencia o métodos equivalentes basados en las agencias ambientales US–EPA (Environmental Protection Agency) y EEA (European Environment Agency). La medición de contaminantes atmosféricos se realiza a través de diversos métodos que se agrupan según el principio de medición (Buitrago y Rodríguez, 2022).

- **Muestreo pasivo.** Consiste en coleccionar un contaminante específico por medio de su adsorción y/o absorción en un sustrato químico, por un periodo de muestreo, que puede variar desde una hora hasta un año. Posteriormente la muestra se traslada al laboratorio donde se realiza la desorción del contaminante para ser analizado cuantitativamente.
- **Muestreo activo.** Consiste en succionar el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico, para lo que se requiere de energía eléctrica. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que se efectúan mediciones diarias promedio. Los muestreadores activos incluyen burbujeadores (gases) e impactadores (partículas)
- **Método automático.** Estos métodos son los mejores en términos de la alta resolución de sus mediciones, permitiendo llevar a cabo mediciones de forma continua para concentraciones horarias y con mayor resolución temporal. El espectro de contaminantes que se pueden determinar va desde los contaminantes criterio (PM₁₀-PM_{2.5}, CO, SO₂, NO₂, O₃) hasta los contaminantes tóxicos en el aire como mercurio y algunos compuestos orgánicos volátiles.
- **Método óptico de percepción remota.** Se basa en transmitir un haz de luz de una cierta longitud de onda a la atmósfera y medir la energía absorbida. Esta técnica espectroscópica permite hacer mediciones, en tiempo real, de la concentración de los contaminantes y

proporciona mediciones integradas de multicomponentes a lo largo de una trayectoria específica en la atmósfera.

4.2.1.4. Equipos de muestreo de material particulado comúnmente utilizados bajo el método automático.

- **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 μ M (PM10 Y PM2.5) EN LA ATMÓSFERA – MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN (HI-VOL).** El muestreador PM10 y PM2.5 provee una medida de concentración másica de material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 μ m nominales (PM10 – PM2.5) en el aire ambiente durante un periodo de 24 h. El proceso de medición es no destructivo y la muestra de PM10 – PM2.5 está sujeta a posterior análisis físico o químico (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008). El muestreador debe estar diseñado para:
 - ✓ Arrastrar la muestra de aire hacia la entrada del muestreador y a través del filtro de recolección de partículas a una velocidad de fase uniforme.
 - ✓ Mantener y sellar el filtro en una posición horizontal tal que la muestra de aire sea arrastrada en forma descendente a través del filtro.
 - ✓ Permitir que el filtro se instale y remueva convenientemente.
 - ✓ Proteger el filtro y el muestreador de las precipitaciones y prevenir que insectos y otros desechos sean muestreados.
 - ✓ Minimizar las fugas de aire que puedan causar error en la medición del volumen de aire que pasa a través del filtro.
 - ✓ Descargar el aire de salida a una distancia suficiente de la entrada del muestreador para minimizar el muestreo del aire de salida.
 - ✓ Minimizar la recolección de polvo de la superficie de soporte.

Tabla 1. Descripción de muestreador PM10 – PM2.5 bajo HI-VOL.

Principio	Intervalo	Precisión	Exactitud	Fuentes de error
<p>Arrastra aire ambiente a una velocidad de flujo constante.</p> <p>Se separa el material PM10 por inercia en el filtro de dicho material.</p>	<p>El límite inferior del intervalo de la concentración másica se determina por la repetibilidad de los pesajes de tara del filtro.</p>	<p>La precisión de los muestreadores de PM10 – PM2.5 debe ser de 5 µg/m³ para concentraciones de PM10 por debajo de 80 µg/m³ y 7% para concentraciones por encima de 80 µg/m³.</p>	<p>Debido a que el tamaño de las partículas que constituyen el material particulado del ambiente varía en un amplio rango y la concentración de partículas varía con el tamaño (+/- 10%)</p>	<p>Partículas volátiles. Pérdida de material particulado.</p> <p>Interferencias. Retención de otros materiales particulados diferentes (metales).</p> <p>Humedad. Reduce el material suspendido en el aire.</p> <p>Manejo de filtro. Daño del filtro o pérdida de muestra al extraer el material.</p> <p>Variación de velocidad. Varía en la entrada del flujo.</p>

Nota. Tomado de (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008)



Figura 2. Ilustración de un muestreador de PM10 – PM2.5 para HI-VOL.



Nota. Tomado de (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008)

- **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO 2.5 μ M (PM2.5) EN LA ATMÓSFERA – MUESTREADOR TOPAS.** El Topas es un monitor de estación fija y está alojado en una pequeña unidad con cerradura que se puede montar en la pared en un lugar conveniente en el sitio. Topas significa sistema de análisis de partículas ópticas llave en mano. Diseñado para registrar continuamente partículas ambientales TSP, PM10, PM2.5 y PM1, ofrece una solución integral de prueba y monitoreo para sitios de construcción, sitios de fabricación y operaciones industriales, así como para autoridades locales y otras organizaciones (ENVIEQ: Equipamiento Ambiental, 2024). Sus principales características son:
 - ✓ Medición continua de la calidad del aire in situ.
 - ✓ Entradas para velocidad del viento, dirección, contadores de tráfico, sensores de gas, sonómetros.
 - ✓ Filtro de referencia para calibración gravimétrica.

El Topas se puede utilizar con el software AirQ. Diseñado internamente por los expertos de Turnkey, el software es fácil de usar e ideal para administrar y mostrar resultados. Luego, los datos y los resultados se pueden informar y recopilar fácilmente con AirQ, y los gráficos y las tablas se pueden exportar a Excel para realizar más análisis e informes (ENVIEQ: Equipamiento Ambiental, 2024).

Además, se ha desarrollado AirQApp para dispositivos móviles Android y Apple, lo que permite a los usuarios acceder a los datos sobre la marcha. Con la aplicación, los usuarios pueden generar gráficos 3D, iniciar y detener el muestreo, cambiar la configuración de los sensores y generar informes (ENVIEQ: Equipamiento Ambiental, 2024).

Figura 3. Ilustración de un muestreador de PM2.5 sistema TOPAS.



Nota. Tomado de (ENVIEQ: Equipamiento Ambiental, 2024).

4.2.2. Covid-19

La enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una enfermedad infecciosa provocada por el virus SARS-CoV-2 (OMS, 2022). La mayoría de las personas que padecen COVID-19 sufren síntomas de intensidad leve a moderada y se recuperan sin necesidad de tratamientos especiales. Sin embargo, algunas personas desarrollan casos graves y necesitan atención médica (OMS, 2022).

El virus puede propagarse desde la boca o la nariz de una persona infectada en forma de pequeñas partículas líquidas que expulsa cuando tose, estornuda, habla, canta o respira. Estas partículas pueden ser desde pequeños aerosoles hasta gotitas respiratorias más grandes (OMS, 2021). Puedes contagiarte de COVID-19 si respiras cerca de una persona infectada o si tocas una superficie contaminada y, seguidamente, te tocas los ojos, la nariz o la boca. El virus se propaga más fácilmente en espacios interiores o en aglomeraciones de personas. Tengan o no tengan síntomas, las personas infectadas pueden transmitir el virus a otras personas (OMS, 2021).

Los informes de laboratorio sugieren que, aparentemente, las personas infectadas son más contagiosas justo antes de que aparezcan los síntomas (a saber, dos días antes) y en la primera fase de la enfermedad. Las personas que desarrollan enfermedad grave pueden ser contagiosas por más tiempo (OMS, 2021). Aunque nunca tengan síntomas, algunas personas pueden transmitir el virus a otras; no está claro aún con qué frecuencia ocurre esto, por lo que es preciso seguir investigando a ese respecto (OMS, 2021).

4.2.2.1. Covid-19 y contaminación atmosférica. Los impactos negativos que la contaminación del aire tiene en la salud han sido documentados de manera extensa. A pesar de que el aire contaminado entra al cuerpo a través del tracto respiratorio, tiene efectos sistémicos que pueden dañar otros órganos (Schraufnagel et al., 2019). La contaminación del aire está ligada a muchos problemas de salud, incluso causando la muerte prematura en niños y adultos (Chay y Greenstone, 2003; Curtis, Rea, Smith,

Fenyves y Pan, 2006). Sin embargo, la exposición al aire contaminado y, por ende, sus efectos negativos, no está uniformemente distribuida entre la población. La exposición continua a la contaminación del aire es particularmente problemática para una región en la que una parte significativa de la población económicamente activa pertenece al sector informal. Los más acaudalados pueden mudarse lejos de las áreas altamente contaminadas, ya sea temporal o permanentemente (Shen, Srivastava, Yang, Jain y Schröder, 2020). Algunos incluso están en condiciones de cambiar de trabajo o comprar equipos de alta calidad para su protección (e. g., máscaras de aire o purificadores de ambiente).

En contraste con esta situación, aquellos en el lado bajo de la distribución del ingreso tienden a vivir en áreas de mayor densidad de tráfico o cerca de fuentes de contaminación (e. g., plantas de energía o complejos industriales), tienen que caminar distancias largas para tomar el transporte público o incluso trabajan en las calles (Calderón-Garcidueñas y Torres-Jardón, 2012; Neidell, 2004; Schraufnagel et al., 2019). Lo mismo suele ser cierto con relación a su exposición a la contaminación de aire en interiores, debido a que el uso de leña está negativamente correlacionado con el ingreso; la exposición de largo plazo a la contaminación en interiores puede ser particularmente alta para las mujeres, quienes están más involucradas en el trabajo doméstico (Jeuland et al., 2015).

Dado que la contaminación del aire puede ser una causa significativa de las condiciones preexistentes asociadas a una mayor mortalidad por COVID-19, se ha argumentado que la exposición prolongada a la contaminación del aire ha hecho a la población más vulnerable a la enfermedad (Wu, Nethery, Sabath, Braun y Dominici, 2020). En el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México, se ha encontrado que, efectivamente, existe una relación positiva entre la exposición prolongada a PM_{2.5} y la probabilidad de morir por COVID-19 (López-Feldman et al., 2020).

La exposición actual a la contaminación del aire puede contribuir a la propagación de la enfermedad. Esto está basado en la posibilidad de que el virus SARS-CoV-2 esté presente en material particulado, como la evidencia preliminar lo sugiere (Setti et al., 2020). Si en realidad este fuera el caso, el virus podría viajar en la superficie de ese material particulado hasta los pulmones (Schraufnagel et al., 2019). A pesar de que el papel de la contaminación del aire en la transmisión por aire del virus todavía es incierto, resultados en China sugieren que existiría una relación positiva entre la presencia de contaminantes en el aire y la infección por COVID-19 (Zhu et al., 2020). Si periodos extensos de exposición a la contaminación incrementan el riesgo asociado de contraer la enfermedad (Wu et al., 2020; Zhu et al., 2020), los trabajadores informales podrían ser una de las poblaciones más vulnerables.

Las restricciones para controlar y reducir el movimiento entre y a través de las áreas urbanas de la región han disminuido la actividad económica y el uso de automóviles, camiones y otros vehículos motorizados. Como resultado, al igual que en otras grandes urbes del mundo, muchas ciudades de América Latina han experimentado una reducción de la contaminación del aire en el corto plazo.

Figura 4. Monitoreo de PM_{2.5} a marzo del 2020



Nota. Datos del Pm_{2.5} (columna vertical troposférica), procesados mediante el motor de Google Earth. Tomado del Banco Mundial, 2020.

4.3.MARCO CONCEPTUAL

Atmosfera: Es la mezcla de gases y partículas suspendidas que envuelve la Tierra y que permanece en torno a ella gracias a la atracción gravitacional del planeta. La atmósfera terrestre es extremadamente delgada en comparación a la dimensión del Planeta cuyo radio aproximado es 6400 km. Así, un poco más del 90% de la masa de la atmósfera se concentra en los primeros 20 kms. sobre la superficie (Glosario de términos de Calidad del aire, 2017)

Calidad del aire: Se define la inmisión o calidad del aire como la concentración de contaminante que llega a un receptor, más o menos lejano de la fuente de emisión, una vez transportado y difundido por la atmósfera (Troposfera, 2005).

Contaminación: La presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente, de manera que puedan ser nocivos para la salud, seguridad o bienestar humano, la vida animal o vegetal, o impidan el aprovechamiento normal de un ecosistema (Glosario de términos de Calidad del aire, 2017).

Contaminación Atmosférica: Presencia de contaminantes en la atmósfera, tales como polvo, gases o humo en cantidades y durante períodos de tiempo tales que resultan dañinos para los seres humanos, la vida silvestre y la propiedad. Estos contaminantes pueden ser de origen natural o producidos por el hombre directa o indirectamente (Glosario de términos de Calidad del aire, 2017).

Contaminantes criterio: Los contaminantes criterio son sustancias que se liberan en grandes cantidades de gran variedad de fuentes y presentan un riesgo a la salud y bienestar humano en grandes regiones (IDEAM, 2014).

Emisiones Difusas: Son aquellas emisiones, no necesariamente visibles, que son imposibles de canalizar por un ducto. Ejemplo de estas son los caminos de tierra, extracción de mineral, detonaciones, canchas de fundición, etc. (Glosario de términos de Calidad del aire, 2017).

Emisiones Fugitivas: Emisiones que se escapan del sistema de captación, debido a un mal diseño o desperfectos en él. Estas emisiones pueden salir por ductos, filtros, campanas, etc. (Glosario de términos de Calidad del aire, 2017).

Estación De Monitoreo De Material Particulado Respirable: Una estación de monitoreo podrá clasificarse como EMRP si se cumplen simultáneamente los siguientes criterios: i) que exista al menos un área edificada habitada en un círculo de radio de 2 km, contados desde la ubicación de la estación; ii) que esté colocada a más de 15m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50m de la calle o avenida más cercana que tenga un flujo igual o superior a 2.500 vehículos/día; iii) que esté colocada a más de 50m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes fijas similares. (Glosario de términos de Calidad del aire, 2017).

Fuentes fijas: Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa (IDEAM, 2018).

Fuentes móviles: Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas (IDEAM, 2018).

Gestión de la calidad del aire: La gestión de la calidad del aire se refiere a todas las actividades que se realizan para ayudar a proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos de la contaminación del aire. El proceso de gestión de la calidad del aire se puede ilustrar como un ciclo de elementos interrelacionados.

Índice de calidad del aire: El Índice de calidad del aire (ICA) permite comparar los niveles de contaminación del aire de las estaciones de monitoreo que conforman un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (Unidades espaciales de referencia), en un tiempo t, que corresponde al período de exposición previsto en la norma para cada uno de los contaminantes que se está midiendo (IDEAM, 2018).

Sistema de vigilancia de calidad del aire: Un SVCA es un conjunto de equipos de medición instalados sistemáticamente dentro de un espacio geográfico que hace parte de la jurisdicción de la autoridad ambiental, la cual deberá definir la escala de monitoreo que a su vez delimita el área de cobertura; el SVCA puede tener diferentes funciones, como determinar el cumplimiento de las normas nacionales de la calidad del aire, evaluar las estrategias de control de las autoridades ambientales, observar las tendencias a mediano y largo plazo, evaluar el riesgo para la salud humana, determinar posibles riesgos para el medio ambiente, activar los procedimientos de control en episodios de contaminación, estudiar fuentes de contaminación e investigar quejas concretas y validar modelos de dispersión de la calidad del aire (Política Nacional de la Calidad del aire, 2018).

4.4.MARCO CONTEXTUAL

Valledupar es la capital del departamento del Cesar, Colombia. Está ubicada al nororiente de la Costa Caribe colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá. La cual tiene una extensión de 4493 km², 483 250 habitantes y junto a su área metropolitana reúne 662 9413 habitantes; está conformado por 25 corregimientos y 102 veredas. (Alcaldía de Valledupar).

Figura 5. Ubicación de la ciudad de Valledupar en el departamento del Cesar.



Nota. Tomado del Atlas del Cesar, 2021.

4.5.MARCO LEGAL

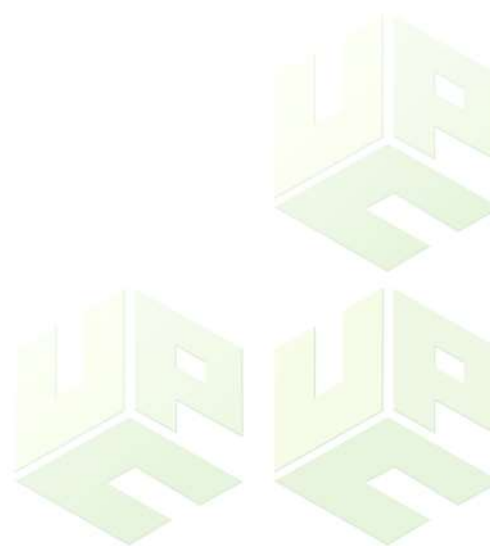
A continuación, se presenta la temática referente al marco normativo que rige dentro de la presente investigación.

Tabla 2. Normatividad referente a la calidad de aire en Colombia

Normativa	Descripción
Constitución Política de Colombia: Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
Constitución Política de Colombia: Artículo 80	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá

	prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.
Ley 99 de 1993	Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental
Ley 1205 de 2008	Por medio de la cual se mejora la calidad de vida a través de la calidad del diésel y se dictan otras disposiciones.
Decreto 948 de 1995	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire
Decreto 0637 de 2020	Decreto por el cual se declaró emergencia sanitaria a nivel nacional a causa del covid-19
Decreto 417 de 2020	Por medio del cual se declara estado de emergencia económica, social y ecológica en el marco de la pandemia del COVID-19
Decreto 979 del 2006	Modifica parcialmente el Decreto Nacional 948 de 1995, por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

Resolución 610 de 2010	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
Resolución 000222 de 2021	Por medio de la cual se proroga la emergencia sanitaria por el nuevo coronavirus COVID-19, declarada mediante la resolución 385 de 2020
Resolución 910 de 2008.	Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 2154 de 2010.	Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones
Resolución 1111 de 2013.	Por la cual se modifica la resolución 910 de 2008- límites de emisión en prueba dinámica para vehículos diésel, dedicados a gas natural o GLP.
Resolución 2254 de 2017	Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la investigación se basó en el acuerdo 003 del 8 julio del año 2021; el cual se menciona que, la línea de investigación fue la *Sostenibilidad y gestión ambiental*. La sublínea corresponde a Gestión integral de la calidad del aire; y el Área temática fueron los métodos de evaluación, monitoreo y seguimientos a la calidad del aire.

5.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La investigación que orientó a este proyecto es la investigación *cualitativa*. La investigación cualitativa analiza las características de una población o fenómeno sin entrar a conocer las relaciones entre ellas (Hernández, 2011), debido a que se hará un análisis de datos bibliográficos obtenidos a partir del SVCA de la ciudad de Valledupar, Cesar.

5.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

El alcance de investigación fue descriptivo y perceptual. El nivel descriptivo de una investigación no es causal y su tipo de análisis es predominante cualitativo, en base a fuentes documentales (Hernández, 2011). El nivel perceptual contiene los objetivos explorar y describir, y corresponde a los tipos de investigación (holotipos) exploratoria y descriptiva (Hurtado, 2012).

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se referencia a la ciudad de Valledupar con una población urbana de 490.075 habitantes según los reportes del DANE para el año 2018.

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional corresponderá a las estaciones de monitoreo de la ciudad de Valledupar que para los años 2019, 2020 y 2021 cumplieran con un porcentaje de datos válido igual o superior al 75% solo para los contaminantes Pm10 y Pm2.5. La ubicación y localización de las estaciones de muestreo, incluyendo el equipo utilizado para tal fin se evidencian a continuación en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Especificaciones de las estaciones de monitoreo estudiadas.

ID	ESTACIÓN	TEC	TIPO	CONTAMINANTE MONITOREADO	OESTE	NORTE	DISTANCIA ESPACIAL (entre estaciones)
V1	Seminario	HI – VOL	Manual	PM10	73°17'4.07"	10°30'39.91"	5.41Km desde el Seminario hasta Bomberos
		TOPAS	Automático	PM2.5			
V4	Bomberos	HI – VOL	Manual	PM10	73°15'27.51"	10°28'07.04"	
		TOPAS	Automático	PM2.5			

Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2020)

Figura 6. Ubicación de las estaciones de monitoreo



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2020) y modificado por autores del proyecto, 2024.

5.6. DESARROLLO METODOLÓGICO

5.6.1. *ETAPA I: Recopilación de información bibliográfica de la base de datos de la calidad del aire de CORPOCESAR y el Sistema De Vigilancia De Calidad Del Aire para los años 2019, 2020 y 2021.*

5.6.1.1. Actividad 1.1 Establecer puntos de control. El primer paso fue definir los puntos de control de la calidad del aire en la ciudad, para esto se tomaron los puntos donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo de la calidad del aire de Valledupar.

5.6.1.2. Actividad 1.2 Revisar información de la página de Corpocesar componente aire. Se ingresó a la página de la Corporación autónoma del Cesar, en el componente aire, ahí se recolectaron todos los datos proporcionados por las estaciones de monitoreo para los años 2019, 2020 y 2021. Los datos de las estaciones debieron cumplir los siguientes requisitos:

A. Criterios de inclusión

Se ha considerado los criterios de inclusión; de acuerdo con los años de emisión desde el año 2019 – 2021, asimismo se tomó en cuenta datos válidos con un 75% de representatividad de ambas estaciones. Este criterio se basa en las condiciones atípicas vividas durante la época de la pandemia, ya que, el número de visitas técnicas a los sitios de muestreo se redujeron, la cantidad de material particulado fue volátil y a veces con errores técnicos por falta de mantenimiento, errores de medición, factores climas, reducción de polución, etc.

B. Criterios de exclusión

- Datos de estaciones de años que no correspondan a 2019, 2020 y 2021
- Están sujetos a exclusión los artículos de Google
- Son excluidos artículos que no demuestran autenticidad

Para ello, se procedió a radicar una carta ante la Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR con el fin de que, la entidad pudiera facilitar la información sobre los reportes de calidad de aire durante los años 2019, 2020 y 2021 sobre los estudios de material particulado PM10 y PM2.5; el cual se evidencia en el **ANEXO A: Envío de Carta de solicitud de información a CORPOCESAR sobre los monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5 entre los años 2019, 2020 y 2021.** Dicha entidad respondió positivamente y se evidencia en el **ANEXO B: Respuesta positiva a solicitud de información a CORPOCESAR sobre los monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5 entre los años 2019, 2020 y 2021.** A continuación, se presentan los resultados pertinentes a los informes de calidad de aire de material particulado PM10 y PM2.5 suministrados por la entidad.

5.6.1.3. Actividad 1.3 Revisar información de páginas oficiales acerca de incendios forestales de la zona. Se identificaron las emisiones de los incendios forestales como fuentes externas de contaminación en la ciudad, ya que se tuvo en cuenta este factor a la hora de determinar la calidad del aire como consecuencia del covid-19. Para esta información se recurrió a paginas oficiales del país, como el IDEAM, el cuerpo de bomberos voluntarios de la ciudad de Valledupar y la oficina departamental de gestión del riesgo del Cesar. En cuanto a la ruta de búsqueda de documentos se ha tomaron en cuenta:

- Limitante: Texto completo y resumen
- Tipo de herramienta: Artículos científicos
- Tiempo: Del 2019 al 2021.
- Idiomas: español – inglés.

5.6.1.4. Actividad 1.4 Revisar información de páginas oficiales acerca de movilidad vehicular. Se analizó el cambio en la movilidad vehicular, por medio de conteos vehiculares suministrados por páginas de la Secretaría de Tránsito, de la movilidad

local con información de Google y los informes oficiales de Corpoesar. En cuanto a la ruta de búsqueda de documentos se ha tomado en cuenta:

- Limitante: Texto completo y resumen
- Tipo de herramienta: Artículos científicos
- Tiempo: Del 2019 al 2021.
- Idiomas: español – inglés.

Para esta información oficial, se radicó una carta a la Secretaría de Tránsito y Transporte de la ciudad de Valledupar, con el de facilitar la información pertinente sobre el parque automotor existente en la ciudad durante los periodos 2019, 2020 y 2021 que puedan estar relacionados con la calidad del aire antes, durante y después de la pandemia del virus COVID – SARS2; el cual se evidencia en el **ANEXO B: Respuesta positiva a solicitud de información a CORPOCESAR sobre los monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5 entre los años 2019, 2020 y 2021.**

5.6.2. ETAPA II: Establecimiento de los efectos del covid-19 sobre la calidad del aire (PM10, PM2.5) según reportes de datos suministrados por El Sistema De Vigilancia De Calidad Del Aire, En Valledupar, Cesar.

5.6.2.1. Actividad 2.1 Establecer el cumplimiento de la calidad del aire mediante la Resolución 2254 de 2017 para los años estudiados. Se realizó la verificación de la calidad del aire (promedio semestral y principales días de medición según el reporte de CORPOCESAR) para los años 2019, 2020 y 2021, identificando si estas excedían o no los límites máximos permisibles y su variación con respecto a los años estudiados. Lo anterior permitió establecer las posibles causas de las variaciones en los datos obtenidos por las estaciones de calidad del aire en la ciudad.

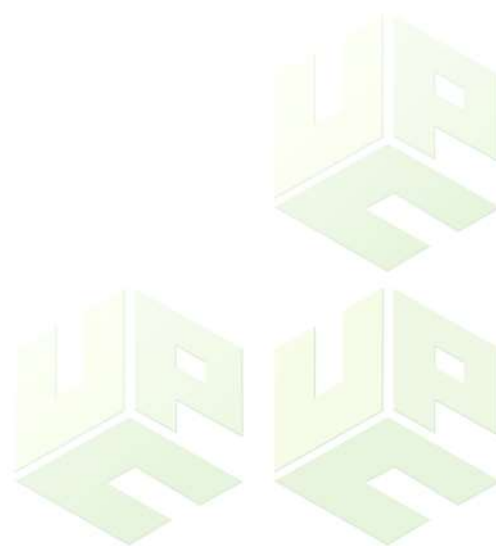
5.6.2.2. Actividad 2.2 Analizar los datos obtenidos Se realizó un análisis de los datos obtenidos en la actividad anterior, de manera que se puedan relacionar los efectos del

COVID-19 y las variaciones en los datos obtenidos por las estaciones de calidad del aire en la ciudad para los años 2019, 2020 y 2021.

5.6.3. ETAPA III: Formulación del plan de acción de calidad del aire de la ciudad de Valledupar, como estrategia de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del covid-19.

5.6.3.1. Actividad 3.1 Los objetivos del plan de acción de gestión de la calidad del aire. Los objetivos específicos del plan se alcanzaron mediante el cumplimiento de metas de corto, mediano y largo plazo para cada uno de ellos, con un horizonte de largo plazo. A su vez, las metas alcanzan un conjunto de actividades que deben ser ejecutadas en forma coordinada, por entidades responsables y de apoyo, iniciando en el corto plazo.

5.6.3.2. Actividad 3.2 Formular las líneas de acción del plan de acción. Para el cumplimiento del objetivo general del plan de acción se establecieron líneas de acción prioritarias en concordancia con los objetivos específicos definidos.



6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se presentan los resultados referentes a la evaluación de la calidad de aire, específicamente sobre el material particulado PM10 y PM2.5 antes, durante y después de la pandemia del virus COVID – SARS 2 o COVID – 19, con base en los datos suministrados de las estaciones de monitoreo del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire en la ciudad de Valledupar, Cesar. Esta investigación se desarrolló con la intención de determinar los efectos que tuvo la ciudad, en términos de polución de aire reflejadas en los materiales particulados entre los años 2019, 2020 y 2021 respectivamente bajo los efectos del tiempo de la pandemia del virus COVID SARS-2 o COVID 19; tomando como criterio la resolución 2254 de 2017. A continuación, se presenta cada uno de los resultados de las actividades de la investigación.

6.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA BASE DE DATOS DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CORPOCESAR Y EL SISTEMA DE VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE PARA LOS AÑOS 2019, 2020 Y 2021.

6.1.1. Puntos de control.

Se definieron los puntos clave para el análisis de la calidad de aire en términos de material particulado PM10 y PM 2.5 para la ciudad de Valledupar. Por consiguiente; según fuente proporcionadas por la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) se seleccionaron 2 estaciones de muestreo denominadas “SEMINARIO” y “BOMBEROS” mencionados en el ítem de la metodología 5.6.1.1. Para este caso, los puntos de control de monitoreo tienen una identificación presentada por CORPOCESAR, en donde identifican a la estación SEMINARIO como estación V1 y la estación BOMBEROS como estación V4. Esta codificación se tuvo en referencia para la presentación de los resultados de cada valor de material particulado

6.1.2. Información de la página de CORPOCESAR componente aire.

Se presenta un análisis de la información proporcionada por CORPOCESAR referente con los resultados de calidad de aire en material particulado PM10 y PM2.5 para la ciudad de Valledupar en las estaciones de monitoreo referenciadas anteriormente.

6.1.2.1. Informe de calidad de aire PM10 y PM2.5. en Valledupar, 2019. Se presenta el balance de resultados obtenidos de las estaciones SEMINARIO y BOMBEROS de la ciudad de Valledupar durante el primer y segundo semestre del año 2019.

- **INFORME DE PRIMER SEMESTRE 2019, VALLEDUPAR – CESAR**

Tabla 4. Resumen estadístico básico de concentraciones PM10 y PM2,5 en el semestre 2019 - I.

PARÁMETROS	SEMINARIO (V1)		BOMBEROS (V4)	
	PM10 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³	PM10 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³
Promedio	19,2	12,9	32,5	21,4
Max	57	48,4	96,9	69,1
Norma 2254 2017 (24 horas)	75	37	75	37
Excede 24H	0	1	1	5

Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Figura 7. Comparación de material particulado PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2019 – I con la resolución 2254 del 2017 (24 horas).

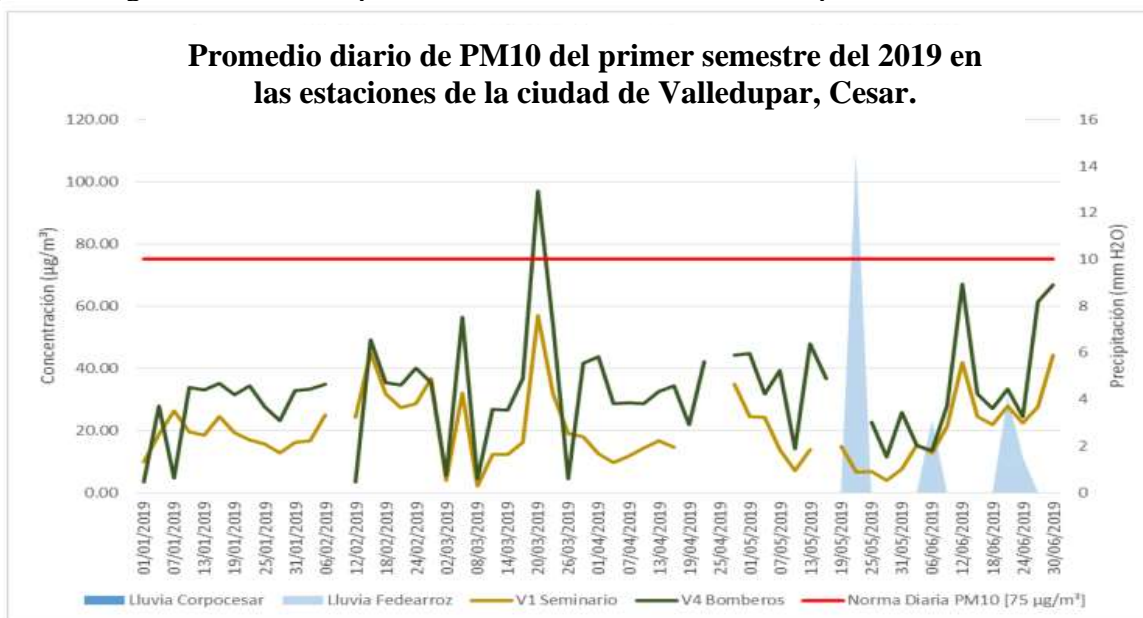


Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Según la información procesada por la entidad ambiental; se pudo registrar que, las concentraciones promedio semestrales de PM10 obtenidas en las estaciones referenciadas, fueron más altas en la estación BOMBEROS (V4) durante el primer semestre del año 2019 con un valor de 96.9 µg/m³ el cual supera el umbral de exposición diaria (24horas) establecidas en la Resolución 2254 de 2017 en su artículo 2 que es de 75 µg/m³. Igualmente, en dicha estación, se presentó los niveles promedios más altos en material PM2.5 durante el semestre del año 2019 con un valor de 21.4 µg/m³ y la concentración más alta registrada fue de 69.1 µg/m³ excediendo el estándar diario (24horas) establecido en la norma de calidad del aire que es de 37 µg/m³ .

Por su parte, la estación SEMINARIO (V1) registró una concentración promedio semestral de material PM2.5 de 12.9 µg/m³ y un máximo de 48.4 µg/m³; seguidamente, de un registro promedio semestral de material PM10 de 19.2 µg/m³ con un máximo de 57µg/m³ registrado el día 20 de marzo del año 2019.

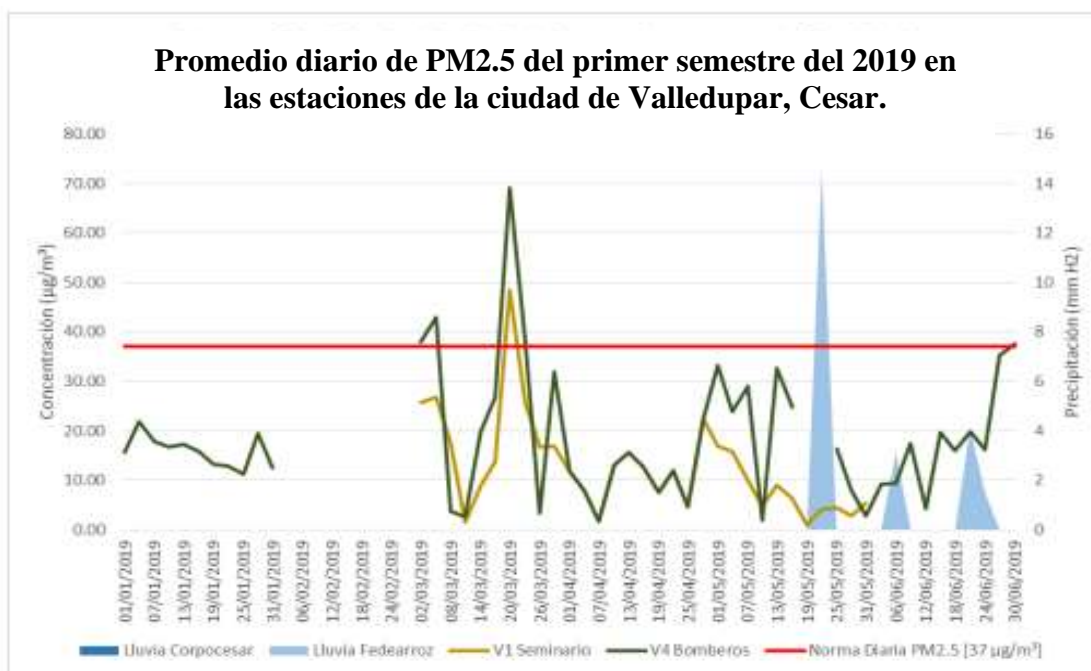
Figura 8. Registro de material particulado PM10 diario en Valledupar, 2019 - I.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Según la **Figura 8** se pudo evidenciar que; en los meses de enero a febrero y de abril a junio los niveles de PM10 se mantuvieron por debajo de los niveles máximos diarios permisibles autorizados por la resolución 2254 del 2017. Las razones por las cuales presentaron estos niveles mínimos de PM10 son: la alta pluviosidad registrada durante los meses de abril a junio, provocando que redujera el nivel de contaminación por la disolución o combinación del material particulado con el agua; y, los niveles están siempre constantes debido a las actividades económicas, de transporte y tránsito vehicular que provoca o genera la contaminación en este sector tan concurrido y central de la ciudad. Por otro lado; se presenta un incremento considerable de este parámetro durante todo el mes de marzo, llegando al nivel máximo mencionado en la tabla anterior, lo cual hace que se incumplan el nivel diario permitido; este incumplimiento se generó por una inestabilidad atmosférica (por lo general la velocidad del viento) y el incremento de las actividades antrópicas conllevaron a la concentración de los contaminantes.

Figura 9. Registro de material particulado PM2.5 diario en Valledupar, 2019 - I.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Según la **Figura 9** se pudo evidenciar que; mantienen el mismo comportamiento de tendencias de incremento máximo que el registrado por el PM₁₀ para ambas estaciones, donde las mayores concentraciones tuvieron lugar en la estación Bomberos, específicamente en el mes de marzo que excede de la norma permitida. Por ende, se puede inferir que; presentaron las mismas variaciones. De igual forma, se da por entendido que las condiciones meteorológicas explicadas con el material particulado PM₁₀ fueron similares, y provocaron que; los meses de enero a febrero y de abril a junio tuvieran los niveles bajos; excepto en marzo que sufrió dicho incremento.

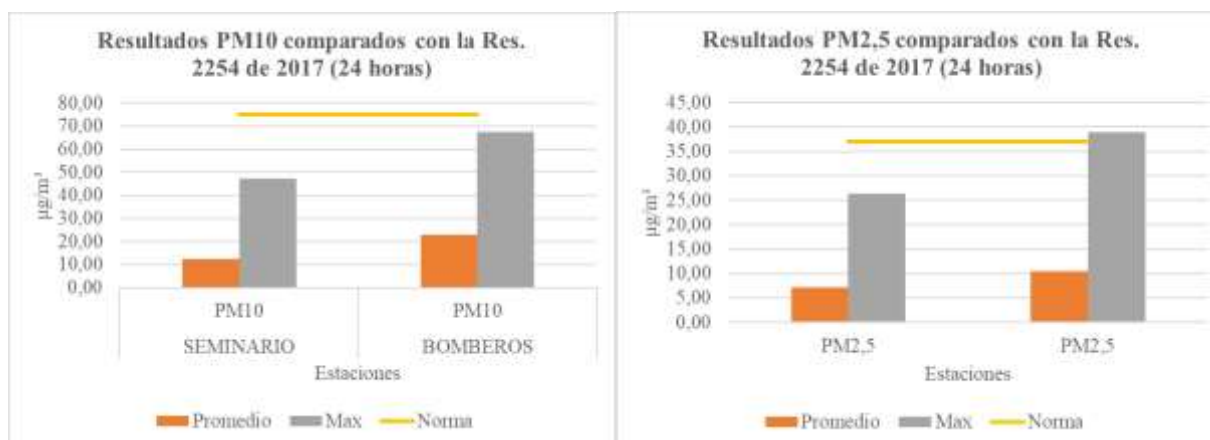
- **INFORME DE SEGUNDO SEMESTRE 2019, VALLEDUPAR – CESAR**

Tabla 5. Resumen estadístico básico de concentraciones PM10 y PM2,5 en el semestre 2019 - II.

PARÁMETROS	SEMINARIO (V1)		BOMBEROS (V4)	
	PM10 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³	PM10 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³
Promedio	12,53	7,10	22,92	10,38
Max	47,2	26,4	67,6	38,9
Norma	75	37	75	37
Excede 24H	0	0	0	1

Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Figura 10. Comparación de material particulado PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2019 – II con la resolución 2254 del 2017 (24 horas).

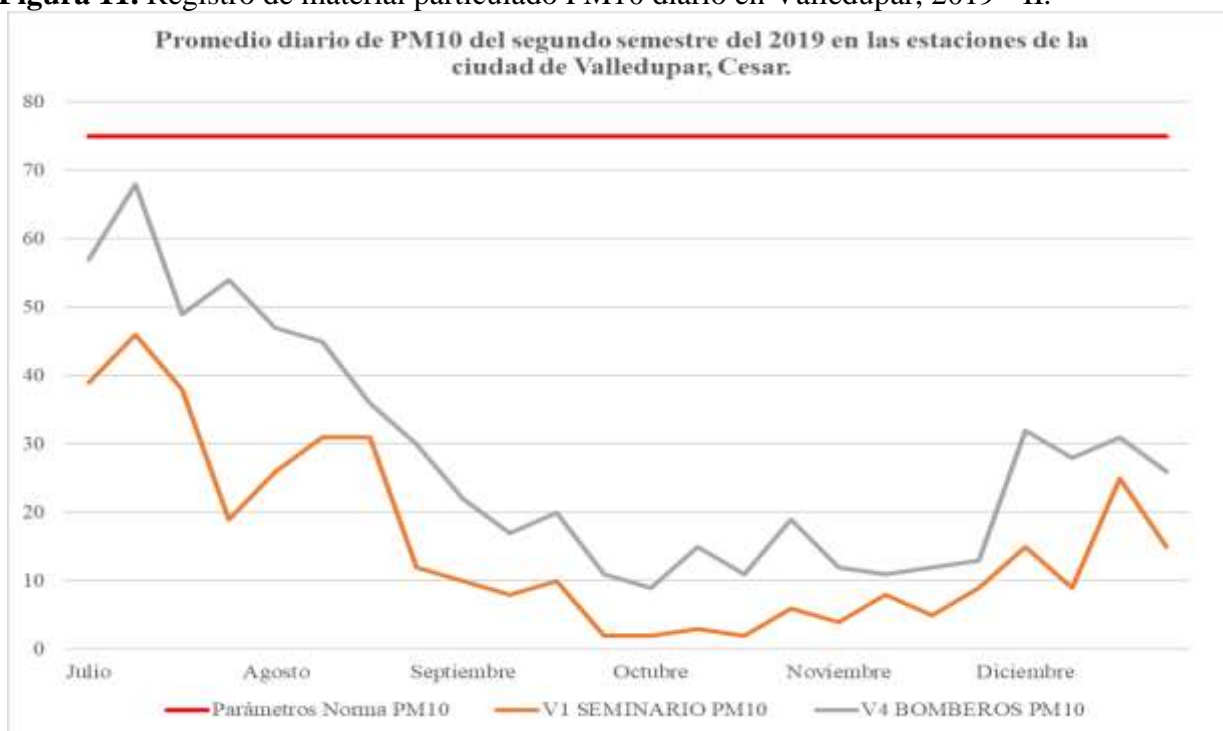


Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Según la información procesada por la entidad ambiental; se pudo registrar que, las concentraciones promedio semestrales de PM10 obtenidas en las estaciones referenciadas, fueron más altas en la estación BOMBEROS (V4) durante el segundo semestre del año 2019 con un valor de máximo de 67.6 µg/m³, el cual no superó el umbral de exposición diaria de la norma. Pero, para el contaminante PM2.5 presentó el máximo nivel de registro durante ese semestre con un valor máximo de 38.9 µg/m³, superando así el valor umbral diario según la norma citada anteriormente.

Por su parte, la estación SEMINARIO (V1) registró una concentración promedio semestral de material PM10 de $12.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un máximo de $47.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$; seguidamente, de un registro promedio semestral de material PM2.5 de $7.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con un máximo de $26.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$; por lo tanto, en esta estación, los niveles estuvieron por debajo de la norma vigente.

Figura 11. Registro de material particulado PM10 diario en Valledupar, 2019 - II.

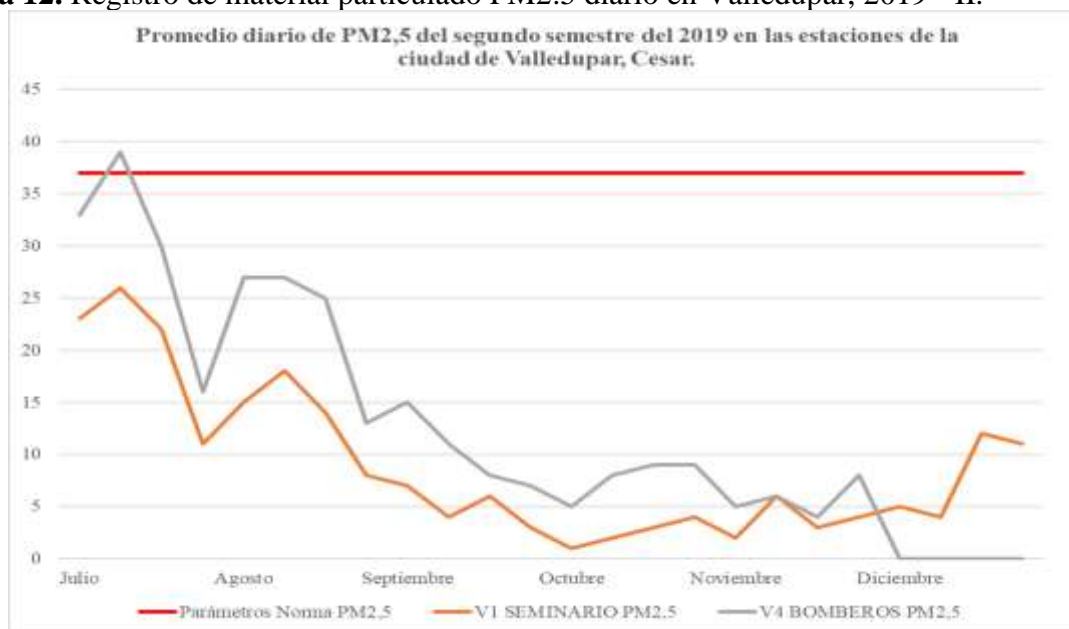


Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Según la **Figura 11** se pudo evidenciar que; en los meses de julio a agosto del año estudiado, presentaron niveles altos de PM10, que, a pesar de que sus valores se encuentran por debajo de la norma, esto puede ser consecuente al momento de determinar el índice de calidad de aire ICA con base a la metodología propuesta por la resolución 2254 del 2017 y aplicada por CORPOCESAR. Las razones por las cuales presentaron estos niveles PM10 en los meses mencionados se debieron principalmente a la reducción de precipitaciones que, provocaron que el

material contaminante se encontrara disperso en el aire, especialmente en la zona de la estación de BOMBEROS (V4) por su cercanía a la zona urbana de alta actividad antrópica; e incluso, las variaciones atmosféricas que afectaron el comportamiento del contaminante como el viento y la temporada de sequía respectivamente. A medida en que la temporada de lluvia comenzaba y duraba durante los meses siguientes, los niveles de contaminación en ambas estaciones se redujeron progresivamente hasta el mes de diciembre donde cesaron las lluvias.

Figura 12. Registro de material particulado PM2.5 diario en Valledupar, 2019 - II.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Según la **Figura 12** se pudo evidenciar que; mantienen el mismo comportamiento de tendencias de incremento máximo que el registrado por el PM10 para ambas estaciones, donde las mayores concentraciones tuvieron lugar en la estación Bomberos, específicamente en los meses de julio y agosto; que, a diferencia de la gráfica anterior, en la estación BOMBEROS (V4) excedió los límites máximos permisibles diarios para dicho contaminante, logrando que, al ser evaluado con el ICA pudieran arrojar una calificación negativa. Pero, a partir del mes de septiembre hasta

noviembre los niveles comenzaron a reducirse por las altas precipitaciones de la temporada de lluvias hasta llegar a diciembre cuando comenzó su incremento progresivamente.

6.1.2.2. Informe de calidad de aire PM10 y PM2.5. en Valledupar, 2020. Se presenta el balance de resultados obtenidos de las estaciones SEMINARIO y BOMBEROS de la ciudad de Valledupar durante el año 2020.

Como bien se sabe, este año fue un registro atípico de la información del sistema de vigilancia de la calidad de aire debido a la emergencia sanitaria promulgada por la Organización Mundial de la Salud y el gobierno de Colombia por la pandemia del virus COVID – SARS 2, que involucró a la contingencia y aislamiento preventivo, suspendiendo así toda actividad comercial no vital durante los primeros meses de dicha emergencia. A la vez, en la apertura pausada de toda actividad productiva del municipio de Valledupar como solución de retomar toda actividad productiva de la zona.

Tabla 6. Resumen estadístico básico de concentraciones PM10 y PM2,5 en el semestre 2020.

PARÁMETROS	SEMINARIO (V1)		BOMBEROS (V4)	
	PM10 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³	PM10 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³
Promedio	14,10	5,50	26,20	17,25
Max	56	33,1	144,6	91,7
Norma	75	37	75	37
Excede 24H	0	1	0	7

Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2020)

Figura 13. Comparación de material particulado PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2020 con la resolución 2254 del 2017 (24 horas)



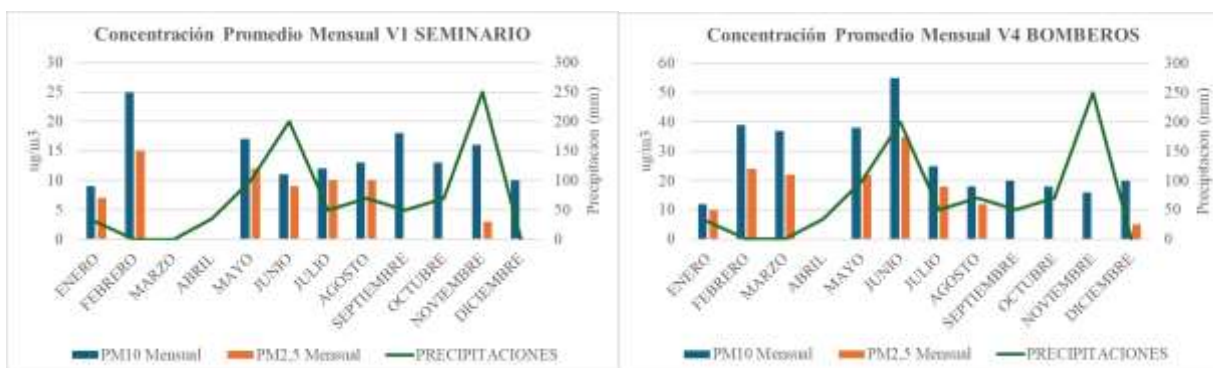
Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2020)

Con base en **Figura 13** se logra apreciar que; las concentraciones promedio anual de PM10 obtenidas en la estación BOMBEROS (V4) fue de 26.2 µg/m³ y la estación SEMINARIO (V1) de 14.1µg/m³. Sin embargo, se registraron niveles máximos diarios de PM10 en la estación BOMBEROS con valor de 144.6 µg/m³; superando el valor registrado por SEMINARIO de 56.0µg/m³ respectivamente. Este incremento de concentración de PM10 en la zona urbana del municipio se debió principalmente a dos factores: el primer lugar la temporada de sequía que fue extensa en los primeros meses del año estudiado; y, en segundo lugar, la incidencia de los vientos del Sahara, que incursionaron en la zona norte de Colombia, afectando así la calidad del aire. A pesar de esta situación, en la mayoría de los meses de año presentaron niveles por debajo a los establecido por la resolución 2254 del 2017 excepto en la estación BOMBEROS durante el mes de junio. Las concentraciones promedio anual y diarias en los dos puntos de monitoreo, en su mayoría, el cual presentó su nivel máximo permitido.

Por otro lado, el contaminante criterio PM2.5 medido por equipos indicativos Topas, en las estaciones analizadas, resultó no ser representativo por los niveles bajos promedios durante la mayoría de los meses del año debido a la poca actividad económica que incidiera el incremento, pero se tomaron registros diarios de algunos meses, en donde, registraron valores diarios de 91.7µg/m³ en la estación BOMBEROS y 33.1 µg/m³ en SEMINARIO. Esto constaría que, en la

primera estación mencionada superaron los niveles máximo-permisibles establecidos por la resolución mencionada anteriormente; este incremento se debió esencialmente por las actividades esenciales en la zona hospitalaria, que involucraron en la construcción de extractores de aire, logrando liberar contaminantes al sector.

Figura 14. Concentraciones promedio mensuales de PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2020.



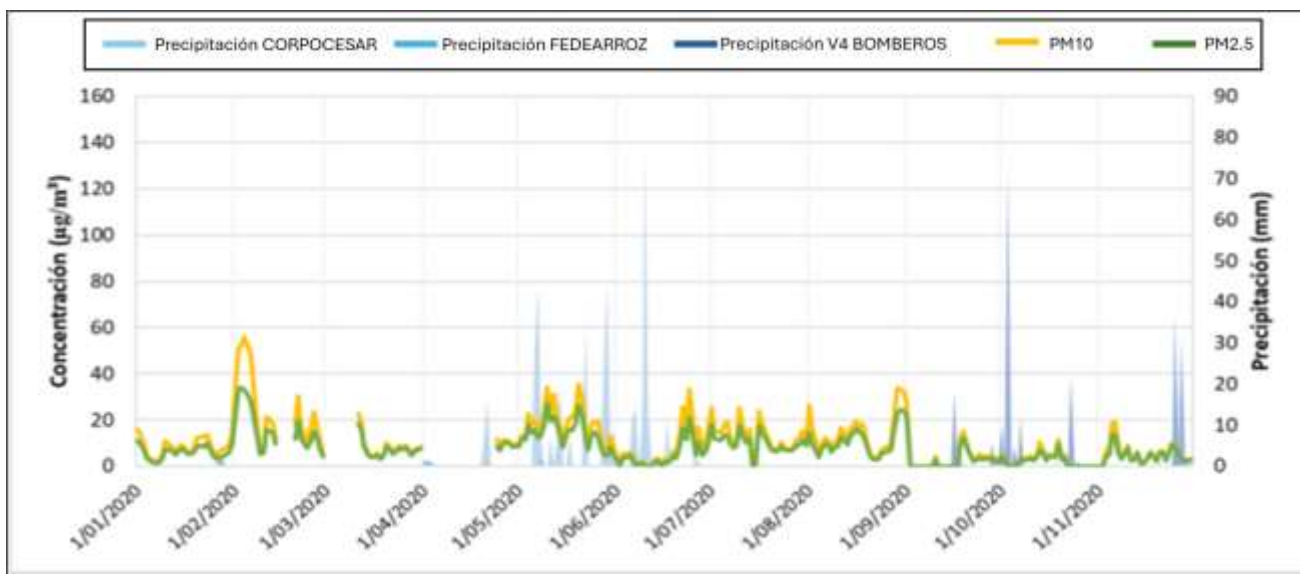
Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2020)

Teniendo en consideración la **Figura 14** la entidad ambiental analizó que:

- Durante los meses de abril y mayo no se tomaron muestras de material particulado en ambas estaciones de monitoreo, por la declaratoria de emergencia sanitaria en todo el territorio nacional.
- En la estación BOMBEROS se registraron altos niveles de material particulado durante los meses de febrero y junio, alcanzando concentraciones de 52.8 µg/m³ para PM10 y 34.3 µg/m³ para PM2.5. La estación está influenciada por múltiples fuentes de contaminación.
- La estación SEMINARIO presentó la concentración promedio mensual considerable durante el mes de febrero con registros de 23.5 µg/m³ para PM10 y 15.4 µg/m³ para PM2.5. Pero, a pesar de esos datos, no se evidenciaron comportamientos similares debido a su baja influencia de contaminación por encontrarse en la zona perimetral de la ciudad.

- Además, se analizó que, durante los meses de abril a diciembre, perduró la temporada de lluvias haciendo que hubiera una reducción de material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad de Valledupar.

Figura 15. Registros de contaminante PM10 y PM2,5 con equipo automático TOPAS en la estación SEMINARIO de Valledupar, 2020.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2020)

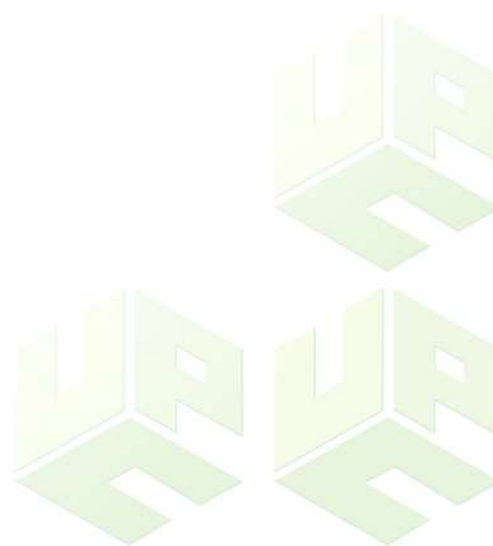
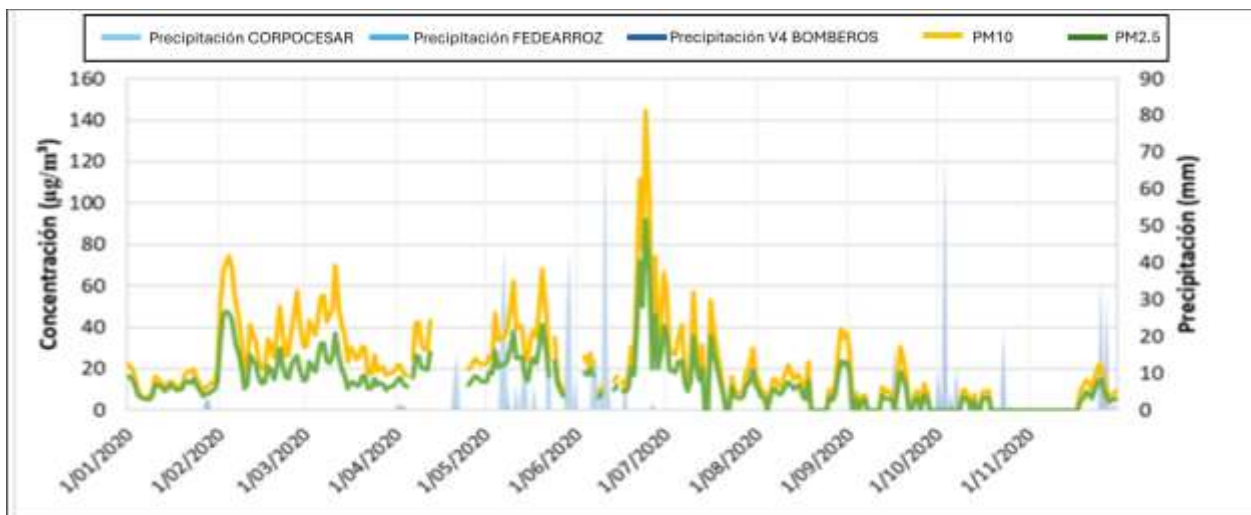


Figura 16. Registros de contaminante PM10 y PM2,5 con equipo automático TOPAS en la estación BOMBEROS de Valledupar, 2020.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2020)

Con base en las **Figura 15** y **Figura 16** la autoridad ambiental registró:

- Variaciones importantes en las concentraciones diarias de material particulado PM10 y PM2.5 especialmente en la estación BOMBEROS.
- Los registros más elevados de PM10 y PM2.5 en la estación mencionada fueron los meses de febrero, marzo, mayo y junio, indicando afectaciones por la temporada seca y por los vientos del Sahara en junio; igualmente ocurrió con la estación SEMINARIO, pero, durante los meses de febrero, mayo y agosto debido al fenómeno mencionado.
- Las mediciones diarias PM10 en las estaciones de monitoreo analizadas, están en la mayoría de los casos muy por debajo del límite máximo permisible, excepto en la estación BOMBEROS durante el mes de junio que superó el umbral de la norma.
- Las mediciones diarias del parámetro PM2.5 en la estación BOMBEROS, deja ver que, para el mes de junio, al menos el 33% de los datos se encuentran superando el umbral diario referenciado en la norma de calidad de aire.

6.1.2.3. Informe de calidad de aire PM10 y PM2.5 en Valledupar, 2021. Se presenta el balance de resultados obtenidos de las estaciones SEMINARIO y BOMBEROS de la ciudad de Valledupar durante el año 2021.

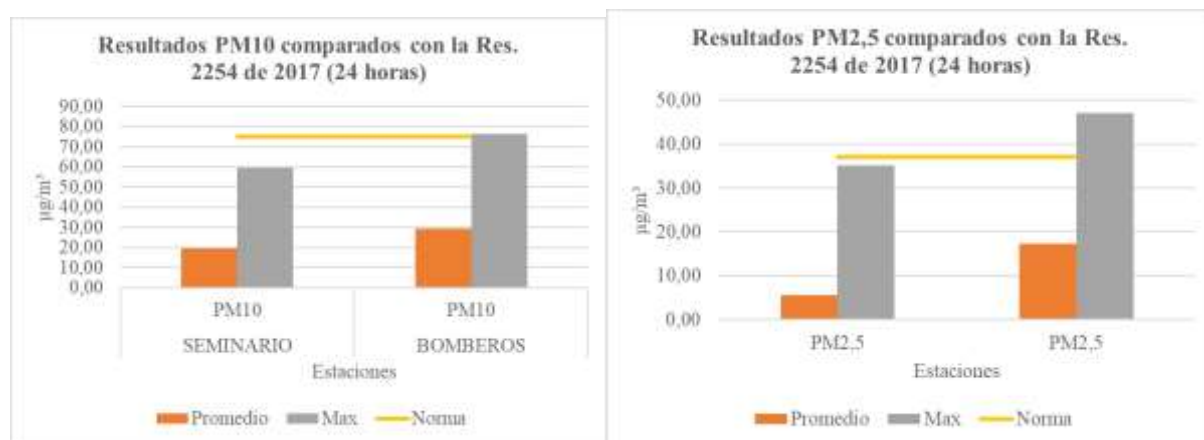
A partir de este año, se comenzó a reactivar toda la actividad económica de la ciudad de Valledupar, finalizando de manera paulatina la medida sanitaria instaurada por el gobierno nacional, generada por la pandemia del virus COVID – SARS -2.

Tabla 7. Resumen estadístico básico de concentraciones PM10 y PM2,5 en el semestre 2021.

PARÁMETROS	SEMINARIO (V1)		BOMBEROS (V5)	
	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Promedio	19,30	5,50	29,10	11,90
Max	59,4	35.1	76,5	47.1
Norma	75	37	75	37
Excede 24H	0	0	1	2

Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2021)

Figura 17. Comparación de material particulado PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2021 con la resolución 2254 del 2017 (24 horas)

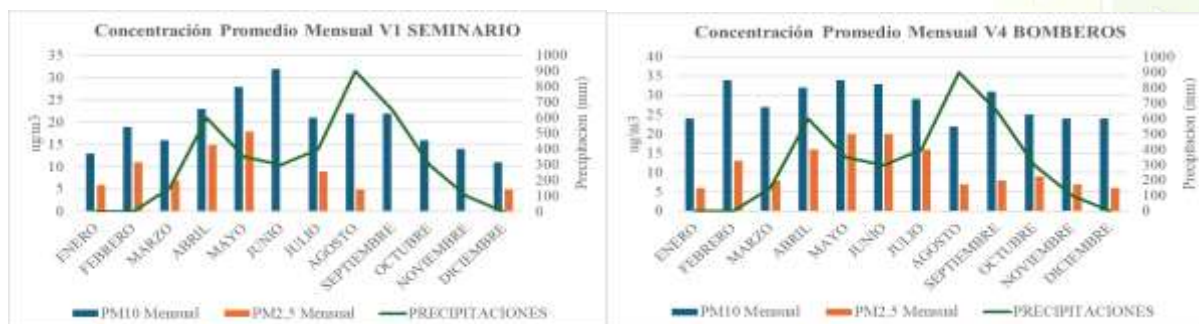


Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2021)

Con base en las representaciones de la *figura 17*, la autoridad ambiental analizó que; la concentración promedio anual de PM10 obtenida en la estación BOMBEROS (V4) alcanzó un valor promedio de 29.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la estación SEMINARIO (V1) con un valor promedio inferior de 19.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La estación BOMBEROS presentó un valor máximo diario de 76.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual fue inferior al valor arrojado por la estación SEMINARIO de 59.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; los cuales, ambos datos máximos se evidenciaron durante el mes de junio 2021. Tal como sucede con el reporte del año anterior, solo se evidencia un incremento del nivel máximo permisible de dicho contaminante en la estación BOMBEROS.

Por su parte, tal como sucedió con el reporte del año anterior, no fue representativo los registros promedios del contaminante criterio PM2.5 para la estación SEMINARIO solamente, debido a la poca información obtenida por el sistema de vigilancia. Pero, en dicha estación registró su máxima concentración de 35.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el mes de mayo. En la estación BOMBEROS resultó ser representativa por la cantidad de datos tomados durante ese año; el cual registró un promedio anual de 11.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y una concentración máxima de 47.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de junio. Bajo este análisis, y según la tendencia marcada; la estación BOMBEROS superó los límites normativos de la resolución que se cita en esta investigación; los factores por las cuales conllevaron el incremento de dichos registros se deben a situaciones atmosféricas y climáticas durante esos meses del año estudiado.

Figura 18. Concentraciones promedio mensuales de PM10 y PM2,5 en Valledupar, 2021.



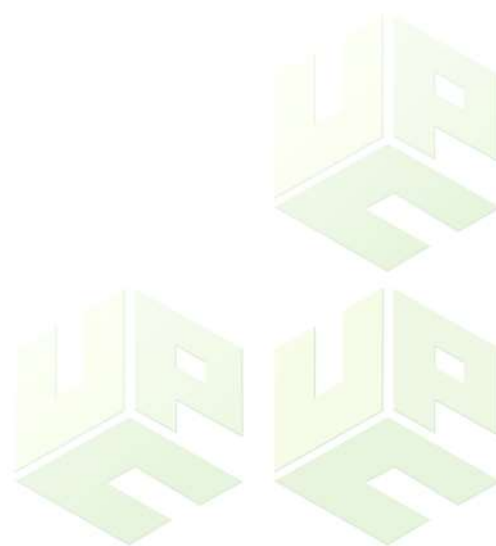
Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2021)

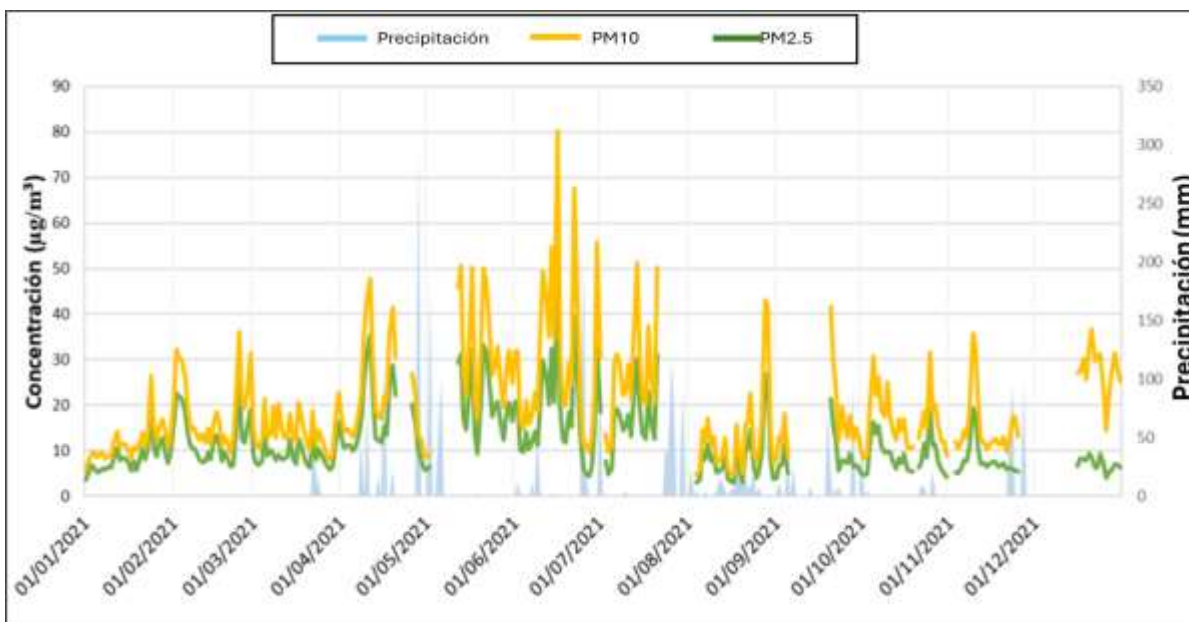
La

Figura 18 muestra la evolución temporal de las concentraciones diarias PM10 y PM2.5 medidas en la ciudad de Valledupar, donde CORPOCESAR analizó que:

- En el punto de monitoreo SEMINARIO se puede observar que; las concentraciones de PM10 presentaron sus mayores valores entre los meses de abril y junio y los más bajos en enero y diciembre.
- La estación BOMBEROS registró concentraciones de PM10 significativas durante los meses de febrero, abril a junio y septiembre; y, los datos más bajos en el mes de agosto.
- Las concentraciones de PM2.5 en SEMINARIO presentaron los valores más elevados en febrero, abril y mayo. Para el caso de BOMBEROS indica los mayores promedios en los meses de febrero y entre abril a julio. Según el laboratorio de la autoridad; no se registraron datos en los meses de junio, septiembre, octubre y noviembre en la estación SEMINARIO debido a fallas en el equipo de medición y no alcanzan la representatividad del 75% en las muestras tomadas de PM2.5 durante el año 2021.

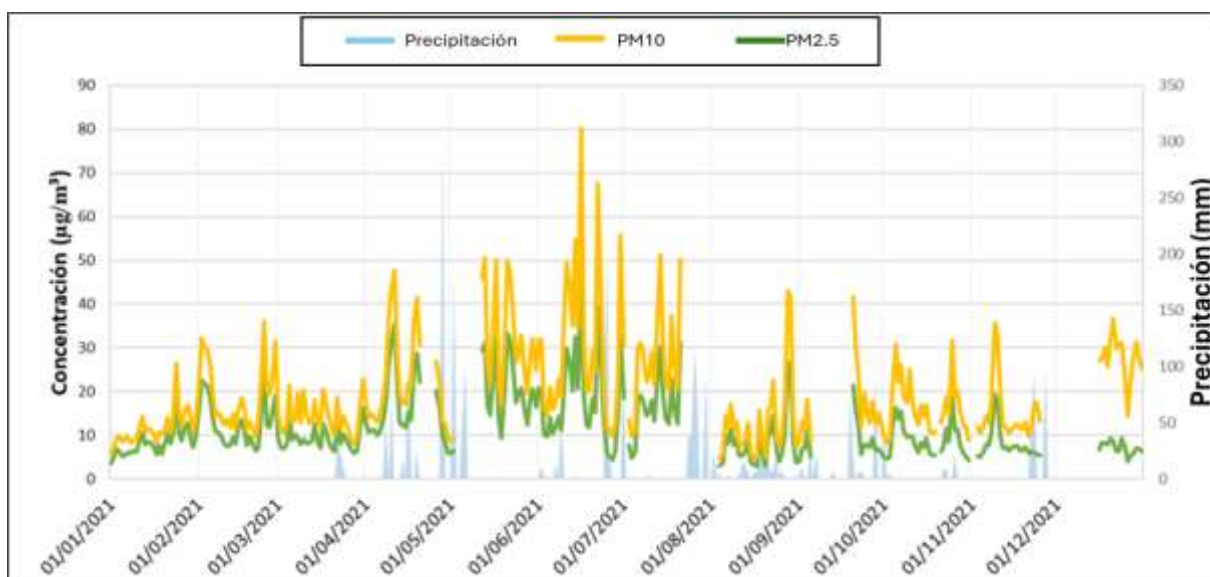
Figura 19. Registros de contaminante PM10 y PM2,5 con equipo automático TOPAS en la estación SEMINARIO de Valledupar, 2021.





Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2021)

Figura 20. Registros de contaminante PM10 y PM2,5 con equipo automático TOPAS en la estación BOMBEROS de Valledupar, 2021.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2021)

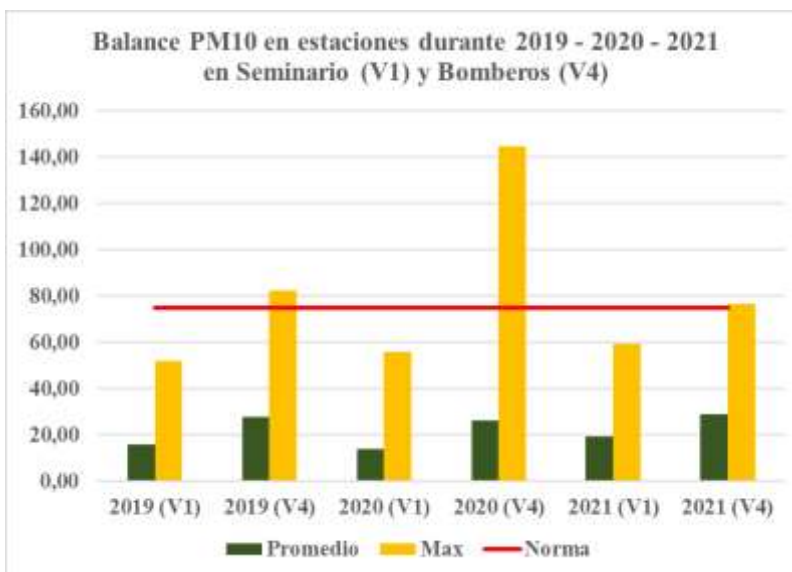
Con base en las

Figura 19 y **Figura 20** se pudo analizar qué; existió un comportamiento similar a la descrita en la evolución temporal (**ver Figura 18**) con la particularidad que las concentraciones en la estación BOMBEROS se encuentran por encima de las concentraciones en la estación SEMINARIO; lo cual evidencia una afectación en las mediciones de PM10 con equipos HIVOL. Además, se pudo evidenciar que:

- La mayor dispersión de los datos diarios de concentraciones PM10 en la estación BOMBEROS se presentaron entre los meses de abril a junio y de agosto a septiembre.
- Para la estación SEMINARIO, se evidenció mayor dispersión de concentración de PM10 entre los meses de mayo y septiembre.
- El contaminante PM2.5 mostró mayor variabilidad en los registros diarios en abril y junio en la estación BOMBEROS y en la estación SEMINARIO reflejado en los meses de abril y mayo.
- Las mayores concentraciones de ambos contaminantes se presentan en la estación BOMBEROS durante todo el 2021 a pesar de que no se registraron datos de concentración de PM2,5 en la estación seminario durante los meses de junio, septiembre, octubre y noviembre debido a fallas en los equipos.
- Las mediciones diarias de PM10 en las estaciones de monitoreo analizadas, están en la mayoría de los casos por debajo del límite máximo permisible establecido en la resolución.
- Por otro lado, el 81 % de los datos de PM2.5 se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido en la resolución.

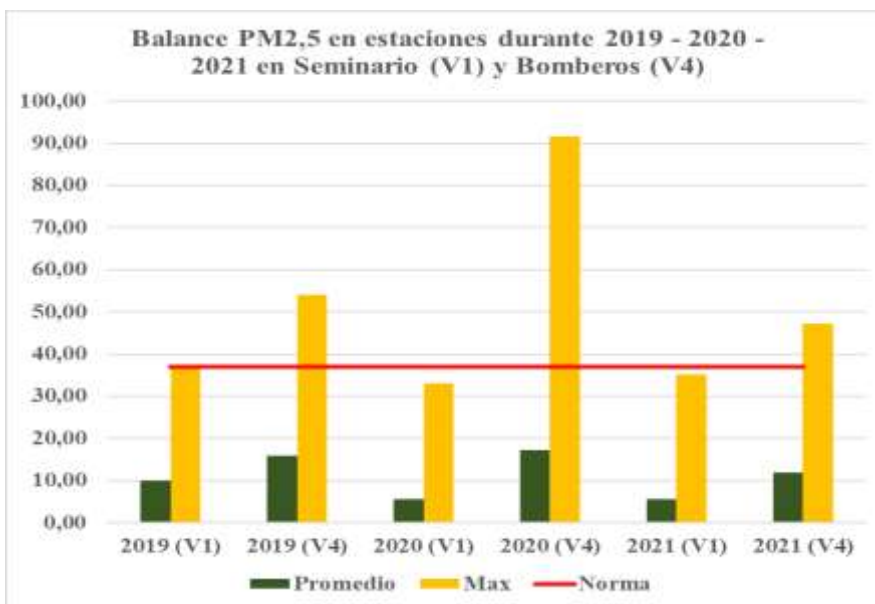
6.1.2.4. Comparación entre las estaciones de monitoreo durante los años 2019, 2021 y 2022 con relación a los resultados de mediciones promedias y máximas de PM10 y PM2.5 en Valledupar. A continuación, se presenta el balance de resultados relacionados con la comparación general de los registros de material particulado durante los años 2019 – 2020 y 2021.

Figura 21. Registros de contaminante PM10 en los años de estudio (2019 – 2020 – 2021).



Nota. Tomado de CORPOCESAR (2019 – 2020 – 2021) adaptado por autores, 2024.

Figura 22. Registros de contaminante PM2.5 en los años de estudio (2019 – 2020 – 2021).



Nota. Tomado de CORPOCESAR (2019 – 2020 – 2021) adaptado por autores, 2024.

Con base en la información verificada en las mediciones de PM10 y PM2.5 en la ciudad de Valledupar antes – durante y después de la pandemia se puede enfatizar que; el promedio de los

registros cumple con los parámetros límites exigidos por la resolución 2254 del 2017 tanto para PM 10 y PM 2.5. Por otro lado, se puede evidenciar que; para el año 2020 se registraron altos niveles de ambos parámetros entre el semestre I y el semestre II del año respectivo. En un estudio realizado por Milanés y Yero (2021) de la Institución de la Educación Superior de Salud en Cuba para el año 2020 explican que; el polvo de la nube del Sáhara proveniente del desierto de Sahara ubicado en la región central de África viaja miles y miles de kilómetros cruzando el océano Atlántico fragmentos de minerales que se pulverizan; a medida en que el polvo recorre medio planeta, las partículas van disminuyendo de tamaño a una tasa de -20micrones de diámetro. Al llegar al continente americano, el polvillo ha alcanzado un nivel de finura en cuanto a su diámetro, llegando a registrar -10micrones de diámetro. La particularidad que tiene el polvo del desierto de Sahara es que, se han registrado valores de tamaño de partícula de 2.5 a 10micras; lo cual incentiva a que arroje este tipo de resultados.

Según los expertos, para la época de los hechos, esta partícula resultó ser dañina y perjudicial para las personas por su tamaño que alcanza a ser inhalado y ocasionaría afecciones respiratorias (en especial a los que sufrían de eso entonces el coronavirus) (Milanés & Yero, 2021). Además, por las bajas precipitaciones y el incremento de la intensidad del viento registradas por CORPOCESAR entre los meses de mayo a junio durante el año 2020 fomentaron a que los niveles de material particulado se incrementaran y registraran dichos datos; este fenómeno fue similar en condiciones climáticas pero para el año 2021 que tuvo un comportamiento similar. Cabe aclarar que, los puntos máximos de registros de material particulado tanto PM10 como PM2.5 son mínimos y solo se visualizaron en algunos días del año, lo cual hace que, el promedio anual cumpla con los requisitos mínimos establecidos por la resolución objeto de estudio.

6.1.3. Información de páginas oficiales acerca de incendios forestales de la zona.

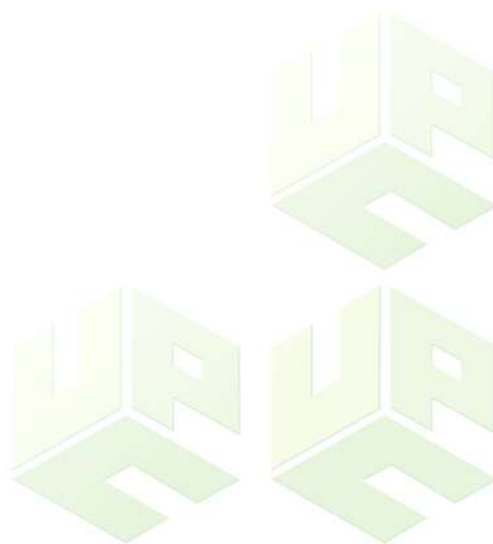
Para obtener la información respectiva sobre incendios forestales en la ciudad de Valledupar, en los años 2019, 2020 y 2021, se realizó una búsqueda en las páginas oficiales del país, como el IDEAM, no obstante, la información que se pudo encontrar al respecto fue sobre los

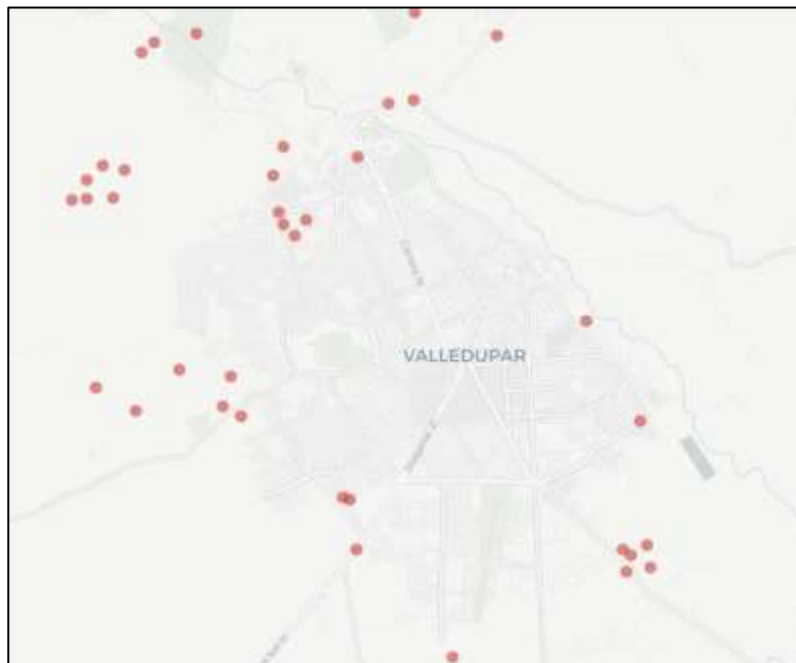
puntos de calor. No obstante, se diligenció una solicitud de información sobre los registros de incendios forestales generados en la ciudad ante el CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS de Valledupar y la OFICINA DEPARTAMENTAL DE GESTIÓN DEL RIESGO del departamento del Cesar; pero nunca brindaron respuesta de ello.

Por ello, los puntos de calor obtenidos de la página del IDEAM hacen referencia a aquellos lugares que emiten una radiación intensa y que son indicadores de posibles incendios o quemas agrícolas, se decidió trabajar con los datos encontrados sobre estos, ya que van acorde con la intención del presente proyecto, y es detectar esas fuentes externas de contaminación en la ciudad que afectan la calidad del aire como consecuencia del covid-19. A continuación, se presentan los datos encontrados por semestre para los años mencionados anteriormente.

6.1.3.1. Informe año 2019. Semestre I (1 enero – 30 junio). Como se puede evidenciar en la siguiente imagen, para el año 2019, en el primer semestre comprendido entre el 1 de enero hasta el 30 de junio, en Valledupar y sus alrededores se registraron 37 puntos de calor, por lo cual se puede afirmar que en estos casos bien se pudo deber a incendios o quemas de otros tipos, como las agrícolas, lo que de igual forma genera contaminación y afecta la calidad del aire.

Figura 23. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el primer semestre del año 2019.

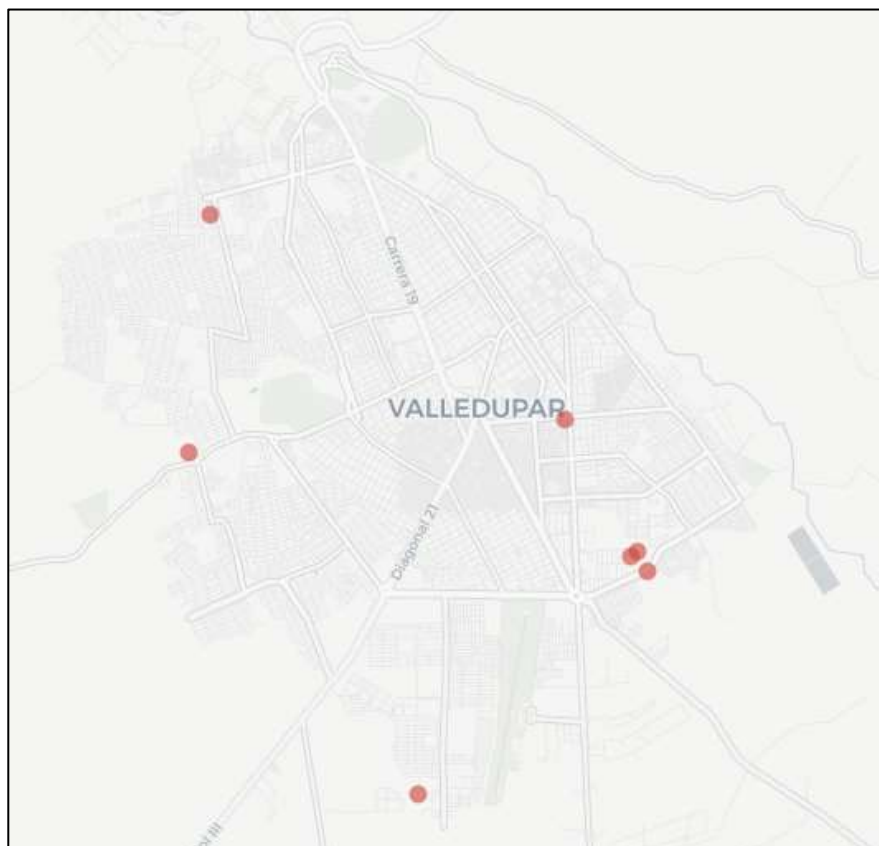




Nota. Tomado de IDEAM, 2019.

6.1.3.2. Informe año 2019. Semestre II (1 julio – 31 diciembre). Según la **Figura 24**, durante la segunda mitad del año 2019, entre el 1 de julio y el 31 de diciembre, se identificaron 7 áreas con altas temperaturas en Valledupar y sus cercanías. Estos puntos de calor probablemente surgieron a causa de incendios o quemas, incluyendo aquellas relacionadas con actividades agrícolas. Estos incidentes no solo representan un riesgo de contaminación, sino que también impactan negativamente la calidad del aire en la región. Se resalta que, en comparación con el primer semestre de dicho año, los puntos de calor fueron significativamente inferior.

Figura 24. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el segundo semestre del año 2019.

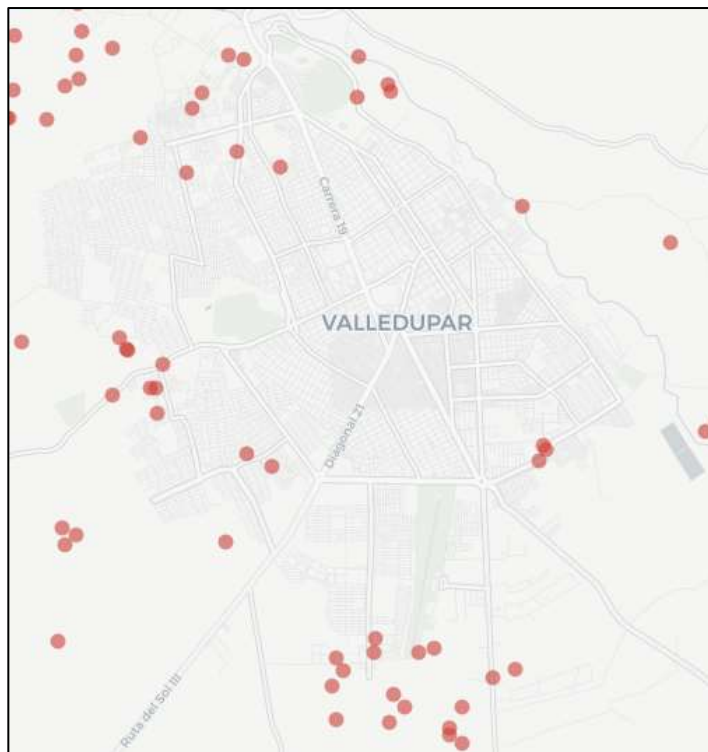


Nota. Tomado de IDEAM, 2019.

Con base en los resultados sobre los puntos de calor en la ciudad se puede deducir que; durante el primer semestre del año 2019 fue la temporada por el cual se presentaron mayores puntos incidentes de calor que, podrían catalogarse como pequeños incendios generados por la misma comunidad, donde su gran acción se visualiza al norte y noroccidente de la ciudad, provocando la liberación de material particulado que fue registrada en la estación SEMINARIO (V1) que se encuentra más cercana a los puntos. Mientras que, en el segundo semestre disminuyeron esos puntos de calor y se presentaron al sur de la ciudad, donde el viento fue un factor clave para la reducción del material particulado disipado en el aire.

6.1.3.3. Informe año 2020. Semestre I (1 enero – 30 junio). De acuerdo con lo evidenciado en la **Figura 25** para el año 2020, en el primer semestre comprendido entre el 1 de enero hasta el 30 de junio, en Valledupar y sus alrededores se registraron 61 puntos de calor, un número mayor al registrado en el primer período del año 2019, el cual fue de 37.

Figura 25. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el primer semestre del año 2020.

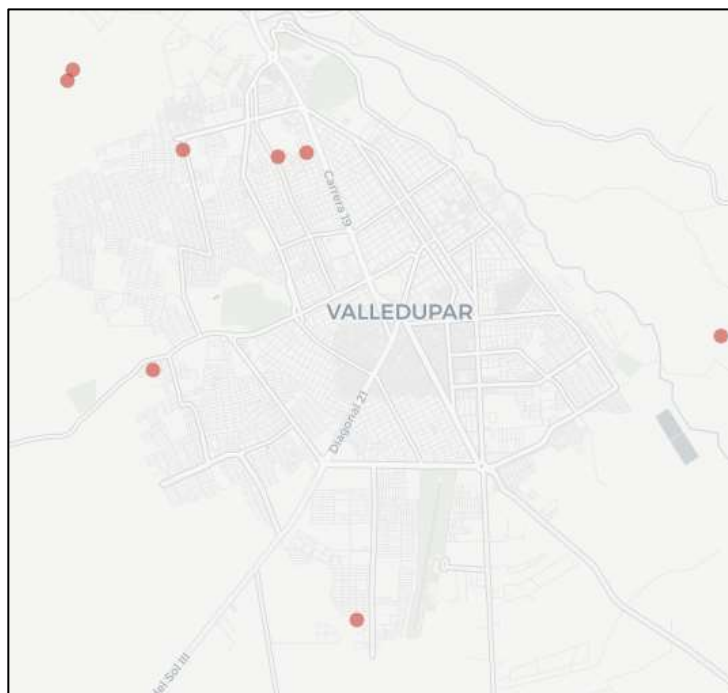


Nota. Tomado de IDEAM, 2020.

6.1.3.4. Informe año 2020. Semestre II (1 julio – 31 diciembre). La información presentada en la **Figura 26** muestra que, en la segunda mitad del año 2020, entre el 1 de julio y el 31 de diciembre, se detectaron 8 zonas con altas temperaturas en Valledupar y sus alrededores. Estos puntos de calor probablemente se originaron por incendios o quemas, posiblemente vinculados a actividades agrícolas. Estos sucesos no solo representan un riesgo de contaminación, sino que también tienen un impacto negativo

en la calidad del aire en esa área. Es relevante notar que, en comparación con la primera mitad de ese mismo año, se registraron significativamente menos puntos de calor.

Figura 26. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el segundo semestre del año 2020.

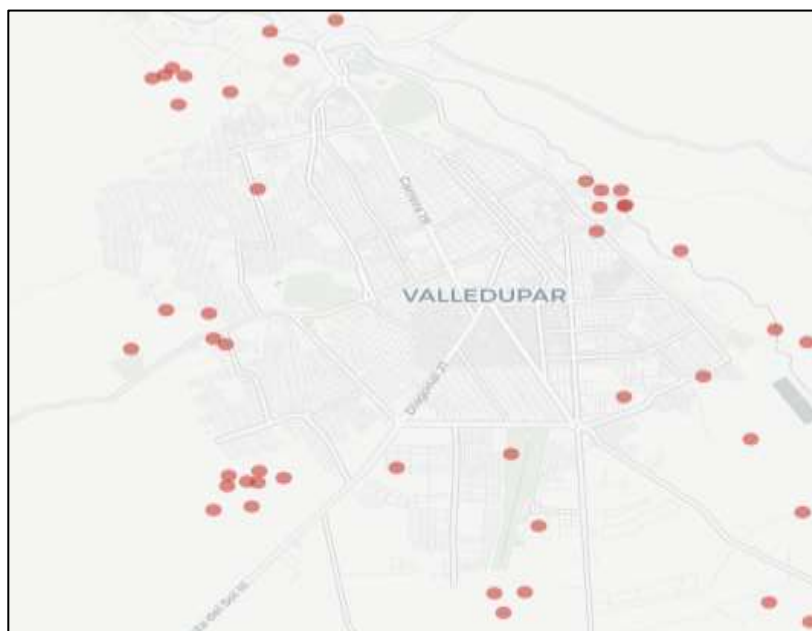


Nota. Tomado de IDEAM, 2020.

Para el año 2020; el primer semestre hubo un incremento alto de puntos de calor, superando así los registrados para ese mismo periodo del año 2019; logrando constatar que, a medida que la emergencia sanitaria provocada por el virus COVID – 19 fue reduciéndose, las actividades de quema o de combustión fueron incrementándose, sobre todo en la zona norte, noroccidente y sur de la ciudad, logrando así, que se registren niveles altos de material particulado tanto PM10 como PM2.5. de la estación SEMINARIO (V1) e influenciada en cierta parte en la estación BOMBEROS (V4). Por otro lado, ya en el segundo semestre fue reduciendo la cantidad de puntos de calor, pero ahora manteniéndose constante en la zona noroccidental de la ciudad.

- 6.1.3.5. Informe año 2021. Semestre I (1 enero – 30 junio).** Según lo que muestra la **6.1.3.6. Figura 27**, en el primer semestre del año 2021, entre el 1 de enero y el 30 de junio, se identificaron 44 áreas con altas temperaturas en Valledupar y sus cercanías. Este número fue superior al registrado durante el mismo período del año 2019, el cual fue de 37 puntos de calor, sin embargo, fue inferior al del 2020 de 61.

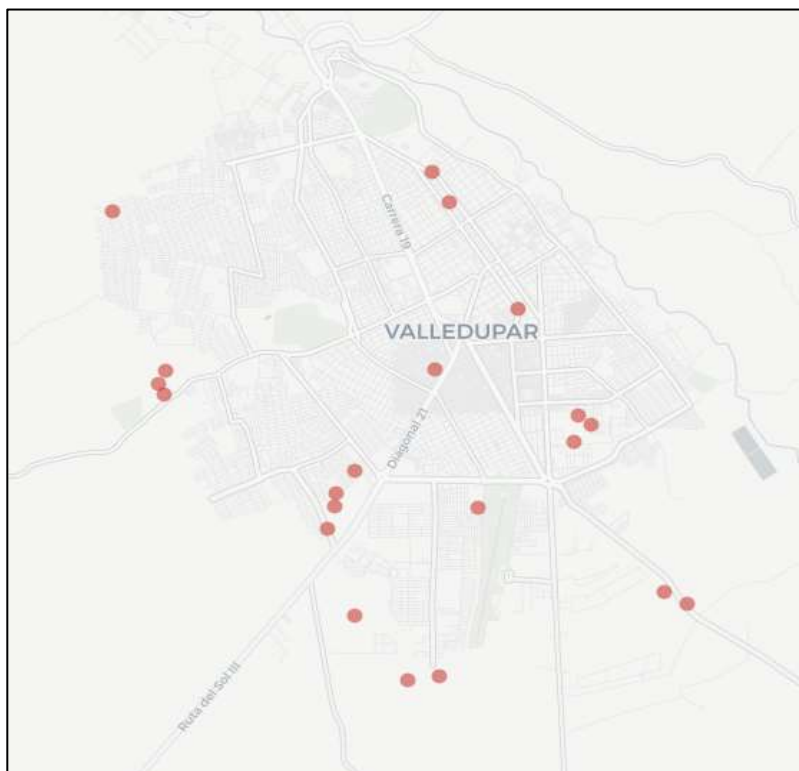
Figura 27. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el primer semestre del año 2021.



Nota. Tomado de IDEAM, 2021.

- 6.1.3.7. Informe año 2021. Semestre II (1 julio – 31 diciembre).** Según lo que muestra la **Figura 28**, en el segundo semestre del año 2021, entre el 1 de julio y el 31 de diciembre, se identificaron 21 áreas con altas temperaturas en Valledupar y sus cercanías. Este número fue superior al registrado durante el mismo período del año 2019 y 2020, los cuales fueron de 7 y 8, respectivamente.

Figura 28. Puntos de calor en la ciudad de Valledupar en el segundo semestre del año 2021.



Nota. Tomado de IDEAM, 2019.

A medida en que la emergencia sanitaria iba reduciéndose, las actividades en la ciudad se incrementaban, lo cual, se evidencia en estos sitios de calor durante el 2021 que fueron incrementándose o manteniéndose perenne con respecto al año 2020. Sigue teniendo la influencia del incremento de calor durante el primer semestre de los años estudiados; su principal razón se debe a los incendios generados en los diferentes lotes baldíos de la ciudad con el fin de quemar todo residuo sólido o en su defecto, eliminar la maleza a través de la quema, afectando de forma proporcional la calidad de aire; la cual se constata en la información suministrada por CORPOCESAR sobre la cantidad de material particulado PM10 y PM2.5. Por tanto, se concluye que; en los primeros semestres de los años 2019 – 2021, se registraron los mayores puntos de calor con relación a los del segundo semestre. Según Chacón (2015) los incendios forestales son una fuente importante de gases de efecto invernadero, afectan los ecosistemas y emiten grandes cantidades de contaminantes que pueden afectar la calidad del aire urbano. Por tanto, la

contaminación del aire generada por la liberación de material particulado producto de la exposición del PM 10 y PM2.5. no es un problema local si los contaminantes que son emitidos viajan grandes distancias afectando regiones que incluso se pueden encontrar a cientos o miles de kilómetros de la fuente.

Por tanto; la problemática de contaminación del aire no se puede tratar de forma aislada más cuando esta produce efectos graves no solo para la población sino para los seres vivos y para los bienes de cualquier naturaleza. Lo que obliga a tratar el tema no solo como lo que pasa en una ciudad o en una localidad determinada, sino como un sistema interconectado, en donde las emisiones generadas en un lugar geográfico tienen implicaciones negativas en zonas alejadas (Chacón, 2015).

Este estudio realizado corrobora lo que hasta ahora se ha obtenido de los resultados de material particulado durante el tiempo de la pandemia COVID-19 con un estudio realizado por González (2021) referente con la contaminación del aire durante los años 2019 – 2021 que se tituló *Evaluación del impacto en la calidad del aire generado por el aislamiento preventivo como medida frente al COVID-19 en tres ciudades de Colombia*. En esta tesis, se concluye que; las cuarentenas establecidas por el COVID-19 y sus medidas de restricción, tienen un efecto las concentraciones de los contaminantes con reducciones significativas en los contaminantes primarios, y aumento en los contaminantes secundarios como el ozono. Y se confirma el impacto de los incendios forestales en la calidad del aire del país, además, los puntos calientes evidencian posibles por incendios forestales que impactan negativamente la calidad de aire desde la perspectiva local (González, 2021).

A pesar de que los ciudadanos de Valledupar cumplieron en su mayor medida las reglas sanitarias durante la emergencia, produjo un impacto significativo en la calidad del aire debido a la influencia de las actividades comunes, además, las precipitaciones registradas durante el tiempo de estudio no resultaron ser un cambio considerable a los parámetros de medición de material

particulado debido al aumento constante de esta variable durante los mayores meses de pluviosidad alta.

6.1.4. Información de sitios oficinales acerca de movilidad vehicular.

En primer lugar, se realizó una búsqueda investigativa para analizar los informes de movilidad vehicular registradas en la ciudad durante los años estudiados, los cuales se describen a continuación:

6.1.4.1. Informe de movilidad vehicular en Valledupar, 2019. Esta información, se obtuvo del documento técnico de la alcaldía de Valledupar en referencia al PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL para la vigencia 2019 – 2023, dentro de la sección de *Movilidad eficiente y seguridad en orden*. Adicionalmente, se brindó información por parte del Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional de Colombia sobre la movilidad del municipio para el año correspondiente.

A. PLAN DE DESARROLLO VALLEDUPAR.

Según los datos suministrados por el PDM de Valledupar, para el año 2019; contaba con un parque automotor que asciende a 83.991 vehículos que crecen a una tasa del 10% anual y entre los cuales se identifican en 49.100 motocicletas es decir un 58.4% del parque automotor total, los demás representados por: automóvil, buldócer, bus, buseta, camión, camioneta, campero, compactador, cuatrimoto, excavadora, maquinaria agrícola, maquinaria industrial, máquina barredora, microbús, minicargador, motocarro, motocicleta, moto triciclo, remolque, retroexcavadora, semiremolque, tractocamión, tractor y volqueta. (Alcaldía de Valledupar, 2020).

B. INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS.

Tabla 8. Efectos de la movilidad en el municipio de Valledupar para el año 2019.

MOVILIDAD Y VIAJES	NUMERO DE VIAJES	DE	MOTIVOS DE VIAJE	POCO USO DE BICICLETA	SITUACION DE CALIDAD DE AIRE
22% en moto	52.000	viajes	El 64 % de los viajes tienen como motivo el trabajo, estudio, visita u ocio	Cuenta solamente con 15,3km de ciclorutas, limita la utilización de la bicicleta como transporte y fomenta el uso de transporte motorizado.	La segunda fuente de emisiones de CO2 es la movilidad y el uso del vehículo particular, responsables del 28 % del total de emisiones que ascienden a 1,3 millones de toneladas de CO2.
21 % en transporte informal (mototaxi)			Menores de 39 años representan el 54 % de los viajes		
13 % en carro particular			Los estratos 1, 2 y 3 representan el 89 % de la población que conmuta.		
16 % en bus					
6% en bicicleta.					

Nota. Tomado de (Instituto de Estudios Urbanos, 2019)

6.1.4.2. Informe de movilidad vehicular en Valledupar, 2020. La principal fuente de información sobre la movilidad vehicular fueron los documentos periodísticos digitales que existen con referente a esta temática sobre la ciudad de Valledupar. Los cuales se presentan a continuación:

A. SITIOS WEB – DIGITALES. Semanario La Calle.

Parque automotor: En la actualidad existen 94.000 vehículos matriculados de los cuales 48.000 son motocicletas. En total, circulando en la ciudad, cuenta con más de 200 mil carros y 80 mil motocicletas diarias. (Semanario La Calle, 2020)

Movilidad vehicular: Trancones, alta velocidad, violación de las normas de tránsito, aumento vehicular, falta de autoridad, huecos en las vías, contaminación auditiva, falta de cultura ciudadana, carros de carga larga en vías urbanas, presencia de ‘carremulas’ en la carretera. Los espacios para transitar son limitados y para colmo, los ciudadanos no respetan las normas de tránsito, hecho que también perjudica la movilidad. El estacionamiento en la calle es uno de los inconvenientes que causa estragos en el fluido vehicular. (Semanario La Calle, 2020)

Afectaciones a la movilidad: (Semanario La Calle, 2020)

- Disminución del espacio vial causado por obras en algunas zonas de alta congestión como glorietas y vías del centro.
- Deficiencias en los tiempos de verde de algunas intersecciones semaforizadas
- Exceso de parqueo en las vías principales.
- Falta de programación de los viajes por parte de los usuarios, generando congestión en estas vías.
- Malas prácticas o costumbres al momento de conducir hacen repetidos cambios de carril, irrespeto de las señales de tránsito, etc.

B. SITIOS WEB – DIGITALES. El Pilón.

Población y crecimiento del parque automotor. Según el departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE en la capital reúne aproximadamente 677.941 ciudadanos, así como el incremento del número de vehículos que ascienden a casi 110 mil, de los cuales 80.600 corresponden a motocicletas. (El Pilón, 2020)

Tránsito vehicular. En fechas vacacionales (festival, semana santa, receso de medio año escolar, vacaciones de fin de año, etc.) la demanda de turistas aumenta, así como la cifra de vehículos alargando los tiempos de tránsito de un sector a otro. (El Pilón, 2020)

C. SITIOS WEB – DIGITALES. El Pilón, Milagros Sánchez.

Puntos críticos de tránsito vehicular. En la zona de la carrera 11, el sector del Mercado Público y el centro de Valledupar debido a los son los automotores mal parqueados; debido a que diariamente son carros de mula, camionetas o camiones de carga atravesados dejando o buscando algún material en las ferreterías, y esto nadie lo controla. Según la Secretaría de Tránsito de la ciudad, los puntos críticos de la movilidad son resultado de un cambio dinámico, ya que hay una

inmensa cantidad de tráfico queriendo circular por vías o zonas de muy baja capacidad vial. (Sánchez, 2020)

D. SITIOS WEB – DIGITALES. ATL Noticias

Restricción a movilidad en zonas críticas. Durante el año, se restringieron la circulación de los vehículos de servicio público y particular de más de dos ejes en el perímetro urbano del municipio de lunes a sábado en el horario comprendido entre las 05:00 a.m. y las 07:00 p.m. Los vehículos que cuenten con tres o más ejes sólo pudieron circular y realizar maniobras de cargue y descargue en el perímetro urbano de la ciudad entre las 07:00 p.m. y las 05:00 a.m. exceptuando:

- De emergencia.
- De valores, animales vivos y gases hospitalarios.
- Los vehículos que estén dotados tecnológicamente para el mantenimiento de redes de servicios públicos que no puedan ser remplazados por otro.
- Los vehículos de transporte de consumo masivo.

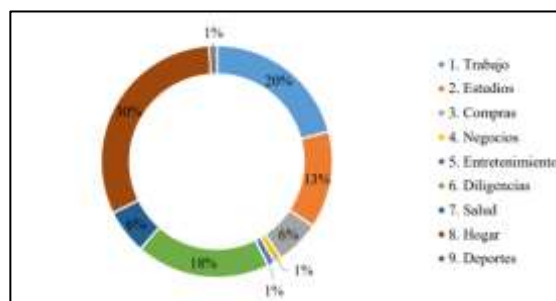
El decreto también contempló restricciones para la circulación de vehículos de carga en el sector del centro histórico de la ciudad, transporte de maquinaria agrícola, industrial y de construcción. (ATL Noticias, 2020)

6.1.4.3. Informe de movilidad vehicular en Valledupar, 2021. Según la información procesada por el Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional de Colombia explica que; el parque automotor vehicular tienen una proyección de crecimiento anual referente al 10%. Por tanto, y referente al año anterior, Valledupar ha tenido un incremento de su parque automotor pasando de 94.000 vehículos del año 2020 a más de 103.000 vehículos matriculados. En resumidas cuentas y con base en los registros del año anterior, para la vigencia 2021; circularon durante el año más de 220.000 vehículos de diversa naturaleza en las principales vías de la ciudad.

A. INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE.

Valledupar cuenta con 580 km de vías públicas urbanas dedicadas al transporte terrestre mixto. Los Kilómetros correspondientes a vías internas del centro de la ciudad se encuentran en buen estado. Las vías periféricas, por el contrario, se encuentran en mal estado o sin pavimentar. El 63% de los viajes en Valledupar tienen como motivo el hogar, el trabajo y el estudio los cuales son los más frecuentes. (Suárez, 2021)

Figura 29. Propósito de los viajes y recorridos de tránsito en la ciudad de Valledupar.

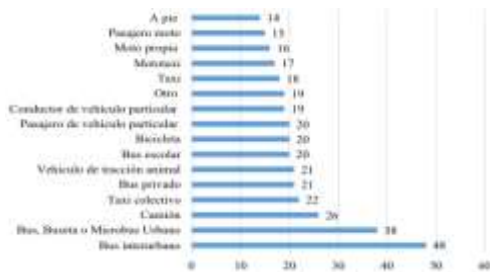


Nota. Tomado de (Suárez, 2021)

B. VIAJES DE TRÁNSITO VEHICULAR.

En cuanto a tiempo de viaje se refiere; para el caso del transporte público, sus altos tiempos de viaje lo convierten en una opción poco atractiva; en el caso de la bicicleta, la falta de espacios dedicados a ella y de su reconocimiento como actor del sistema de movilidad, están desincentivando su uso; para la motocicleta, por el contrario, es la opción más conveniente para el usuario con la contrapartida de graves externalidades para la ciudad (Suárez, 2021).

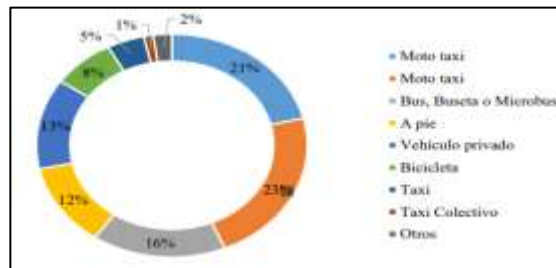
Figura 30. Tiempos de viaje en cada medio de transporte de la ciudad de Valledupar.



Nota. Tomado de (Suárez, 2021)

En Valledupar se realizan un total de 372.000 viajes en hora pico de la mañana, medio día y tarde, de los cuales 80% son motorizados y el 20% restante son no motorizados. Del total de viajes, solo el 21,6% se realiza en transporte público, mientras que la motocicleta asume un mayor protagonismo transportando del 43,6% (moto privada 22,5% y mototaxi 21,1%)

Figura 31. Medios de transporte usados por los ciudadanos de Valledupar.

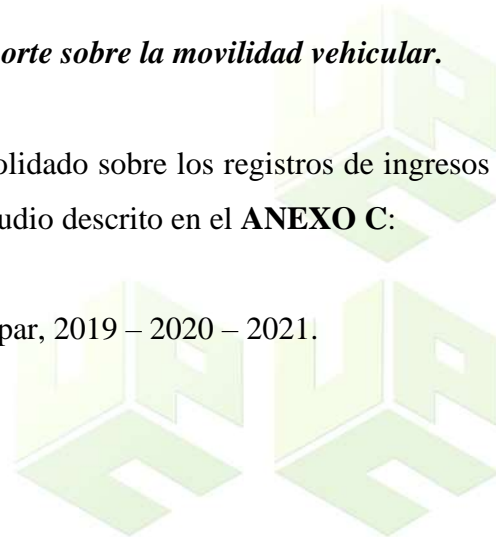


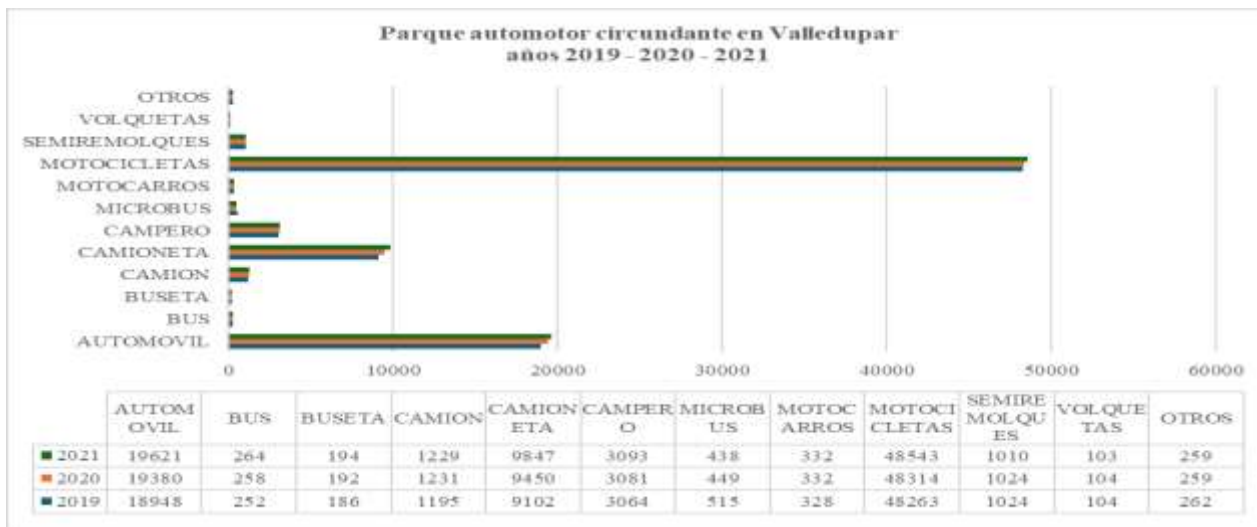
Nota. Tomado de (Suárez, 2021)

6.1.5. Información de la secretaría de tránsito y transporte sobre la movilidad vehicular.

En segundo lugar, se estructuró un informe consolidado sobre los registros de ingresos y egresos a la ciudad de Valledupar durante los años de estudio descrito en el **ANEXO C**:

Figura 32. Información de Parque automotor en Valledupar, 2019 – 2020 – 2021.





Nota. Tomado de Secretaría de Tránsito, 2024.

Con base en las informaciones procesadas en los apartados anteriores, se puede deducir que; el parque automotor de la ciudad de Valledupar ha incrementándose constantemente entre los años de estudio, manteniéndose en una cifra de registro municipal de más de 85.000 vehículos circundando en la ciudad y más de 120.000 vehículos flotantes que circundan o hacen tránsito en las principales calles y avenidas de la ciudad; esto influye principalmente en la calidad de aire por parte de los vehículos particulares y motocicletas que poseen la mayor cifra. Por ende, los valores registrados en material particulado en la estación BOMBEROS (V4) durante los años de estudio son significativamente superiores que la estación SEMINARIO (V1) debido a dos factores: el alto tráfico vehicular que tiene esta estación al ubicarse en la zona céntrica de la ciudad, y la poca disipación del material particulado por la velocidad de viento que resulta ser baja acompañado de algunos focos de incendios en alrededor del sector.

Según Muñoz et. al. (2021) explican y coinciden que “La acumulación excesiva de tránsito vehicular de transporte afecta la salud y medio ambiente en las ciudades debido a las partículas en suspensión, asociada con los combustibles fósiles, impacta en la capa de ozono y puede llevar a cambios climáticos y alteraciones en el ciclo de vida”. Si se expone a este tipo de concentraciones

de material particulado en el aire provoca efectos negativos a la salud como el sistema respiratorio de los transeúntes, además de que; afectan condiciones ambientales como la temperatura, la humedad y los diversos productos químicos absorbidos en su superficie.

Al igual que González (2021) afirma que, los efectos de la cuarentena en las principales ciudades del país al igual que en Valledupar, presentaron concentraciones considerables de material particulado PM2.5. y PM10, principalmente en la zona céntrica donde se encuentra la mayor cantidad de contaminación generada por el tráfico vehicular durante los años de estudio, y, sobre todo la quema de biomasa desde los principales cerros de la ciudad que hicieron que viajara este MP a la zona urbana de la ciudad, afectando su calidad e incumpliendo en algunos meses de los años estudiados los niveles permitidos por la norma.

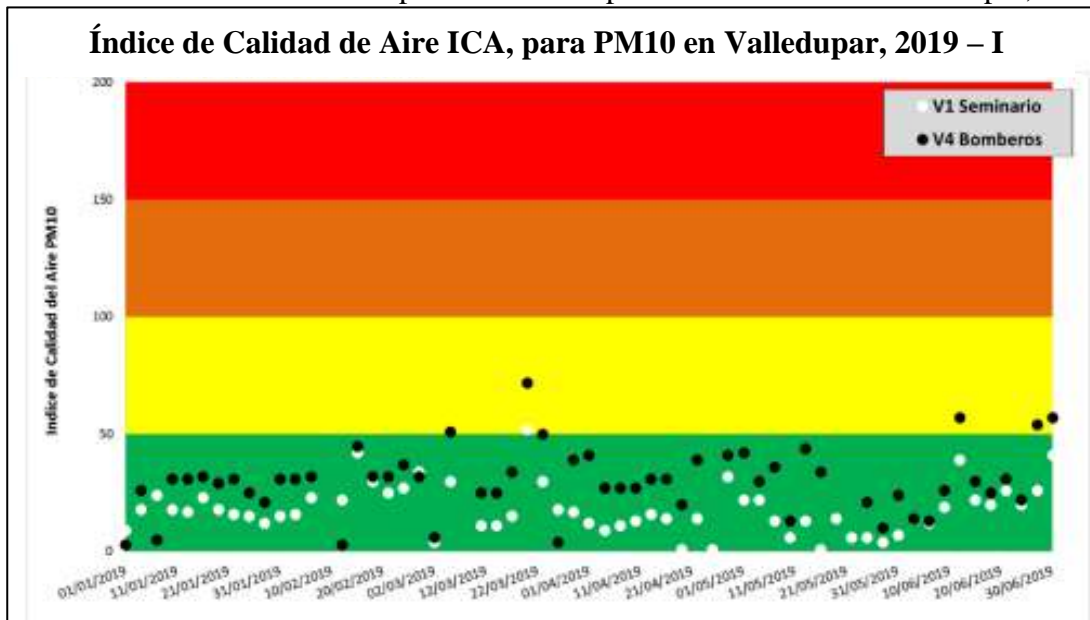
6.2. ESTABLECIMIENTO DE LOS EFECTOS DEL COVID-19 SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE (PM10, PM2.5) SEGÚN REPORTE DE DATOS SUMINISTRADOS POR EL SISTEMA DE VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE, EN VALLEDUPAR, CESAR.

Con base en los resultados obtenidos del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire de la ciudad por parte de CORPOCESAR, se analizaron los efectos y comportamiento que tuvo antes – durante y después de la pandemia del COVID – 19 en la ciudad de Valledupar. Para ello, se verificaron los estándares de cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en materia de calidad de aire. Posteriormente, se realizaron inferencias sobre los efectos que tuvieron estos resultados antes, durante y después de la pandemia. Algunos de las memorias de calculo se evidencian en el **ANEXO D**.

6.2.1. Cumplimiento de la calidad del aire mediante la Resolución 2254 de 2017 para los años estudiados.

6.2.1.1. Índice de calidad de aire para el año 2019. Se presentan los resultados sobre el índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 y PM10 durante los semestres I y II del año 2019 en las estaciones BOMBEROS y SEMINARIO referenciadas en la presente investigación.

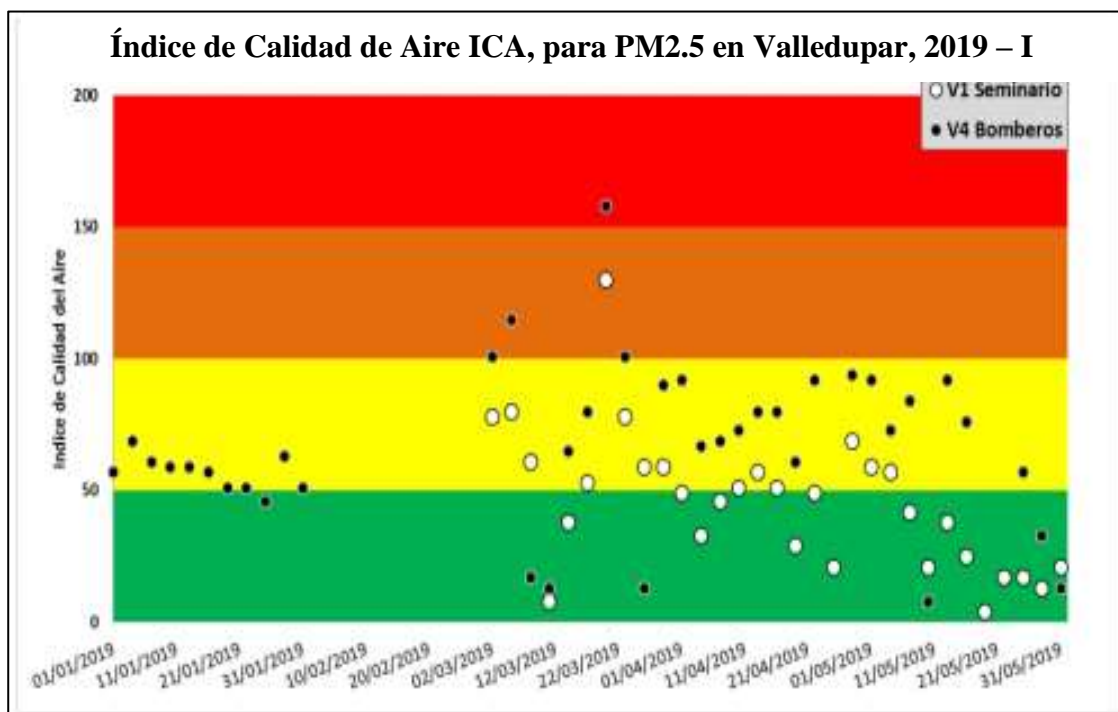
Figura 33. Índice de calidad de aire para el material particulado PM10 en Valledupar, 2019 - I.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Con base en los resultados del índice de contaminación del aire vinculados en la **Figura 33**, se evidenció que; la estación BOMBEROS presentaron valores del material particulado altos, demostrando que, el 85.2% de los datos recopilados se clasifican de calidad buena (verde) y solamente el 8.2% se clasifican de calidad moderada (amarillo). Con respecto a la estación SEMINARIO, se evidenció que el 96.7% de los valores arrojados están clasificados en calidad “buena” (Sin efectos dañinos sobre la salud). Al haber mayor representatividad de los datos analizados, se llega a inferir que la calidad es buena.

Figura 34. Índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 en Valledupar, 2019 - I.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Ahora bien, para el caso del contaminante PM_{2.5} tomando como referencia la **Figura 34** se puede inferir que; la estación BOMBEROS fue la que representó una calidad de aire un poco dañina para la salud, evidenciándose que, el 69.38% de los datos se clasifican en calidad “moderada”, seguido por un 20.41% de aire bueno y menos del 10% de los datos representados en calidad dañina para la salud (roja) y dañina a la salud para grupos sensibles (naranja). Por su parte, la estación SEMINARIO presenta con mayor frecuencia la calidad de aire buena presentado en el 56.66% de los datos recolectados.

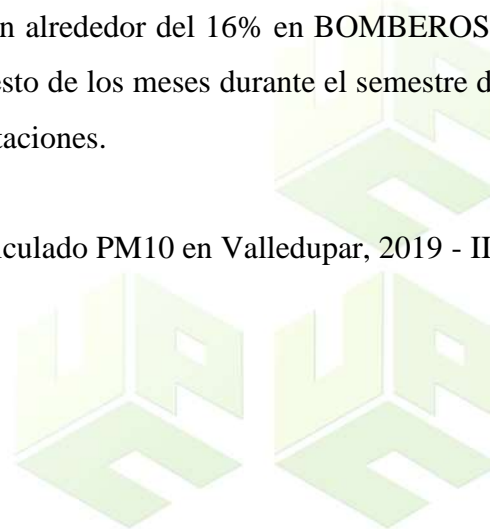
Figura 35. Índice de calidad de aire para el material particulado PM_{2.5} en Valledupar, 2019 - II.

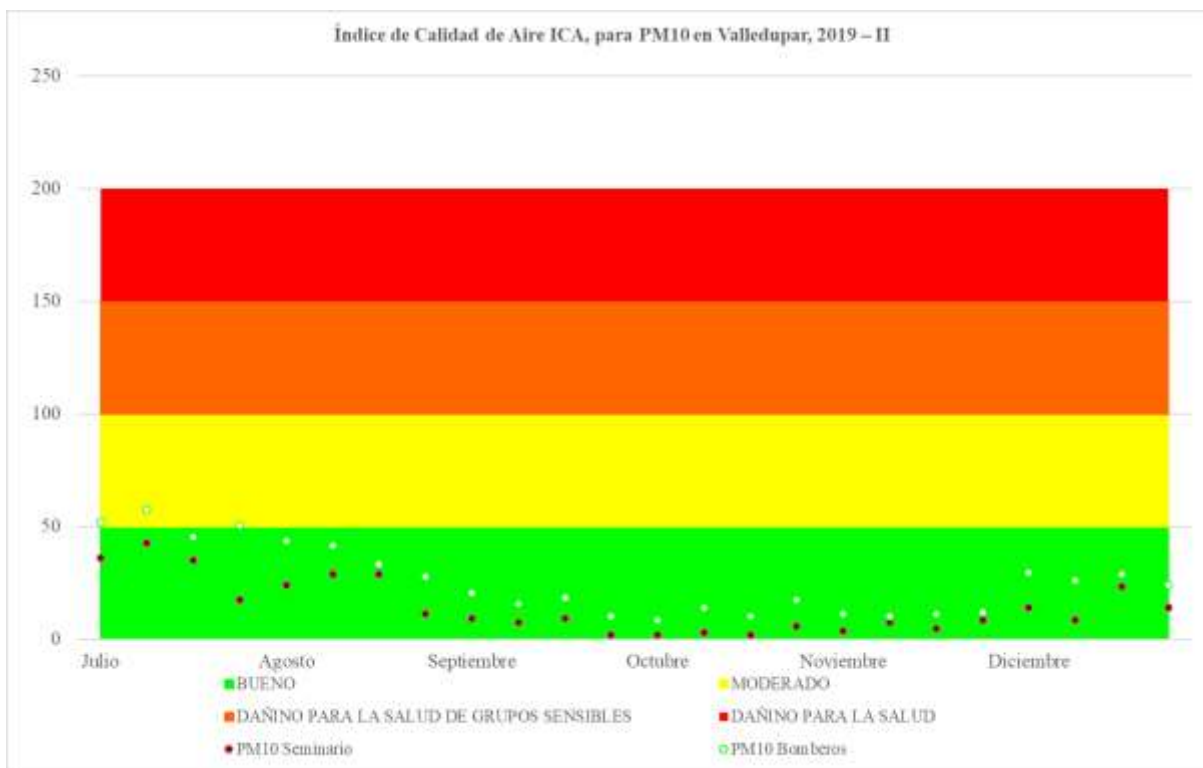


Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Pero, en el caso del contaminante PM2.5 y teniendo como referencia la **Figura 35** se puede inferir que; durante los meses de julio y agosto; ambas estaciones registraron niveles de calidad dañinas para la salud en grupos sensibles (naranja) en alrededor del 21% para la estación BOMBEROS y 12,5% para la estación SEMINARIO de la totalidad de los datos recolectados, y niveles de calidad del aire dañinas para la salud (rojo) en alrededor del 16% en BOMBEROS y 12,5% en SEMINARIO de los datos recolectados. Del resto de los meses durante el semestre del año 2019 se reportó calidad buena (verde) para ambas estaciones.

Figura 36. Índice de calidad de aire para el material particulado PM10 en Valledupar, 2019 - II.



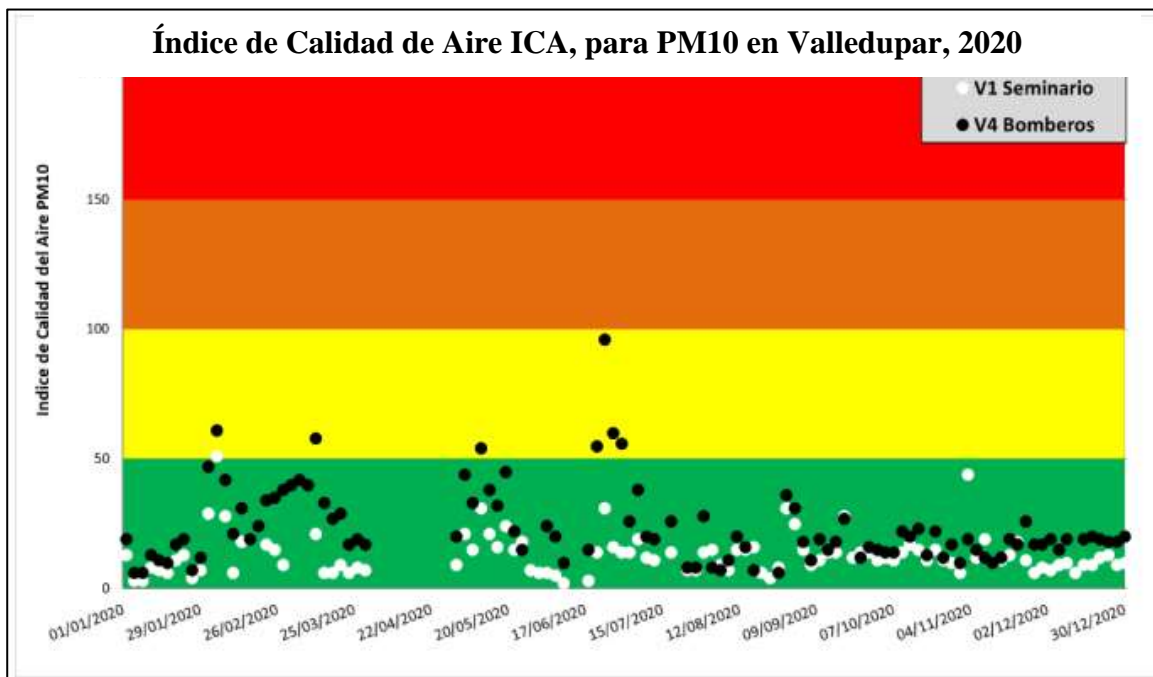


Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2019)

Con base en los resultados del índice de contaminación del aire vinculados en la **Figura 36**, se evidenció que; solamente durante el mes de julio, la estación BOMBEROS presentó una clasificación de calidad moderada (amarilla) representada en un 12,5% de los datos procesados. Del resto de los meses tanto de la estación SEMINARIO como BOMBEROS presentaron en la totalidad de sus datos un indicador de calidad de aire bueno (verde).

6.2.1.2. Índice de calidad de aire para el año 2020. Se presentan los resultados sobre el índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 y PM10 durante el año 2020 en las estaciones BOMBEROS y SEMINARIO referenciadas en la presente investigación.

Figura 37. Índice de calidad de aire para el material particulado PM10 en Valledupar, 2020.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2020)

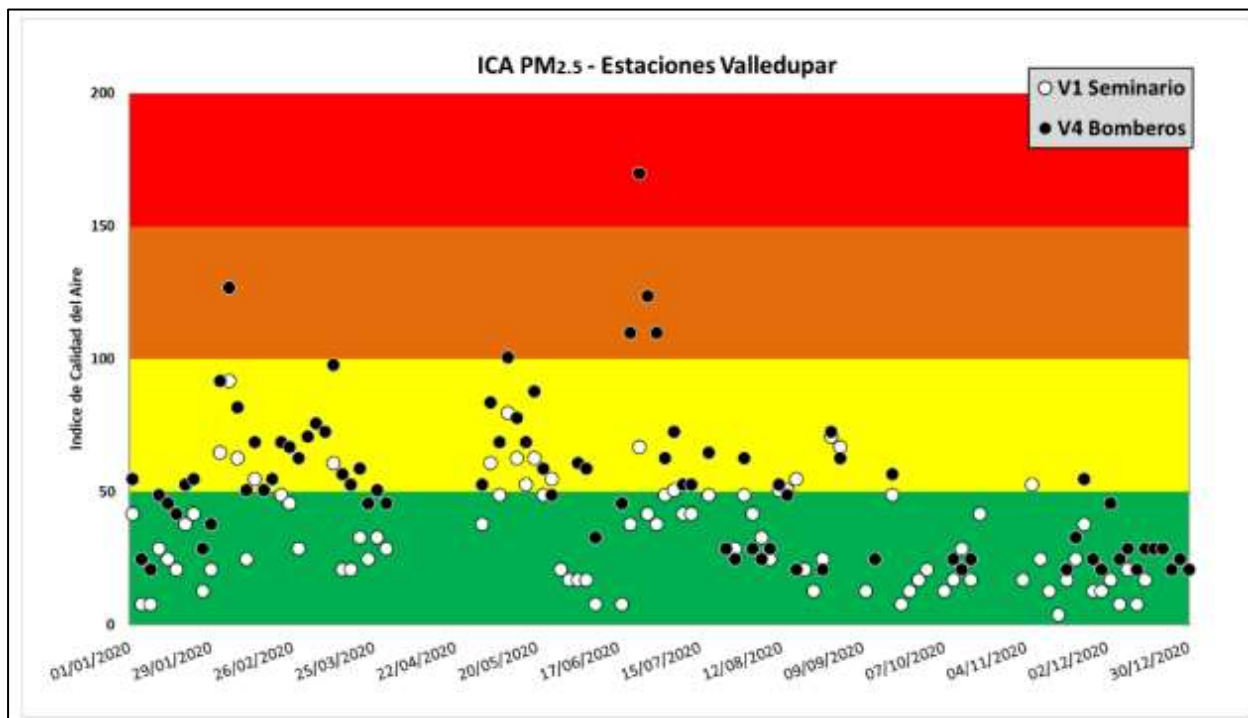
Con base en la **Figura 37** la autoridad ambiental concluyó que; la mayoría de las muestras tomadas en las dos estaciones estuvieron mayormente en la categoría “bueno” (verde); solamente, las muestras representativas de la estación BOMBEROS registraron una clasificación del ICA de moderado (amarillo) indicando que, durante el mes de junio presentó un grado de contaminación, pero no perjudicial para la salud de los habitantes del sector.

Figura 38. Índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 en Valledupar, 2020

Índice de Calidad de Aire ICA, para PM10 en Valledupar, 2020



Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

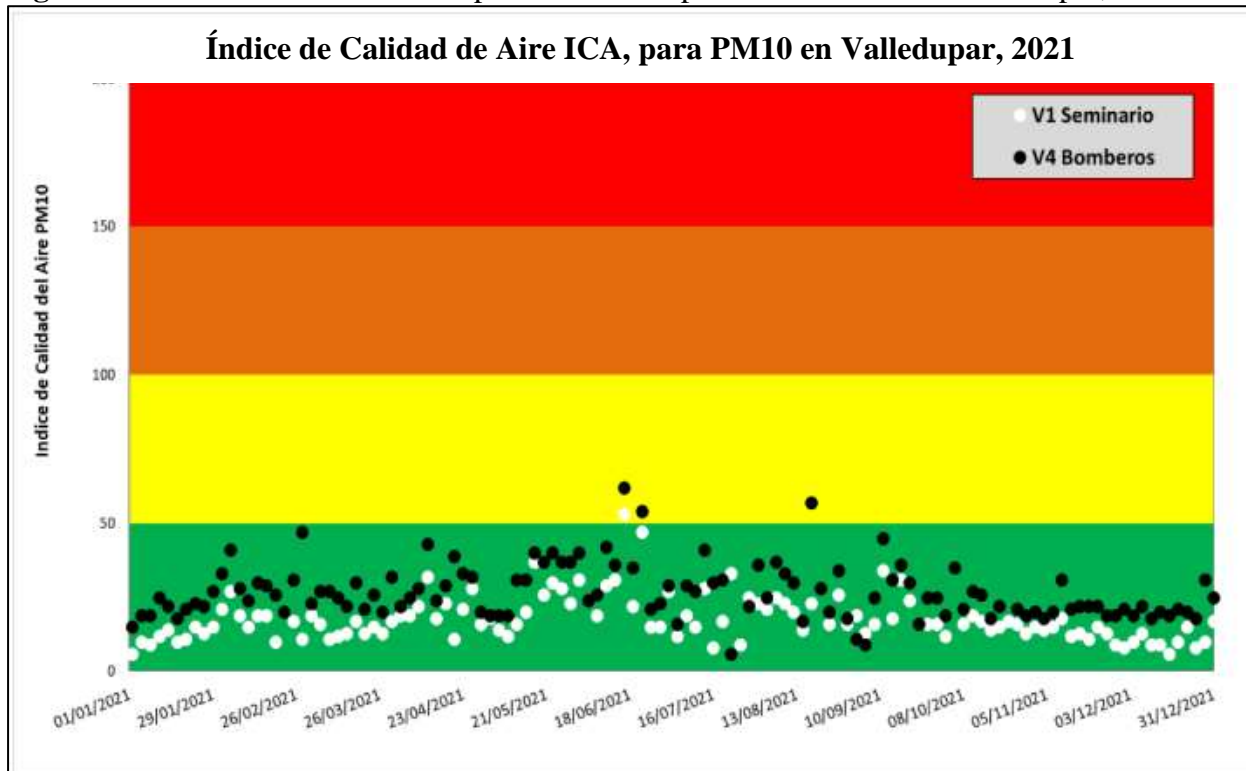


Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2020)

El panorama para el contaminante PM_{2.5} es diferente; a pesar de que algunos no superaron los niveles máximos permisibles por la norma, el índice de contaminación del aire registra categorías moderadas a dañinas para la salud representada en los siguientes porcentajes: 82% de las muestras tomadas en el punto de monitoreo SEMINARIO se clasificaron en la categoría bueno y el 16% clasificaron con categoría moderada; el 31% de las muestras de la estación BOMBEROS se ubicaron en la categoría bueno, el 33% en moderada, el 25% en dañina para la salud en grupos sensibles y menos del 15% en dañinas para la salud entre los meses de febrero, marzo, mayo y junio.

6.2.1.3. Índice de calidad de aire para el año 2021. Se presentan los resultados sobre el índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 y PM10 durante el año 2021 en las estaciones BOMBEROS y SEMINARIO referenciadas en la presente investigación.

Figura 39. Índice de calidad de aire para el material particulado PM10 en Valledupar, 2021.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2021)

Para el año 2021; se observa en la **Figura 39** que; las muestras tomadas en las dos estaciones estuvieron clasificadas en la categoría de ICA “bueno” (color verde), solamente un porcentaje menor al 5% de ambas estaciones se encuentra en categoría del ICA “moderado” (amarillo)

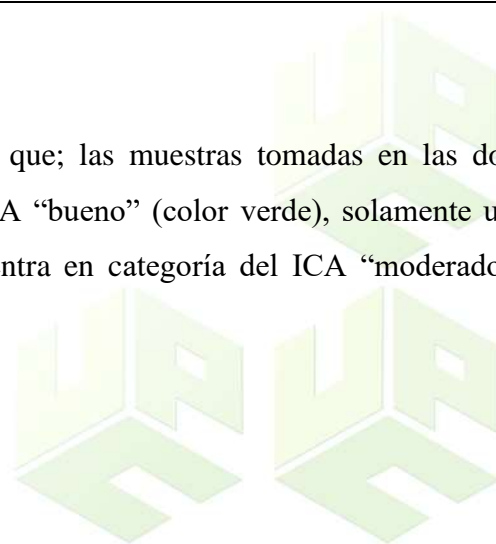
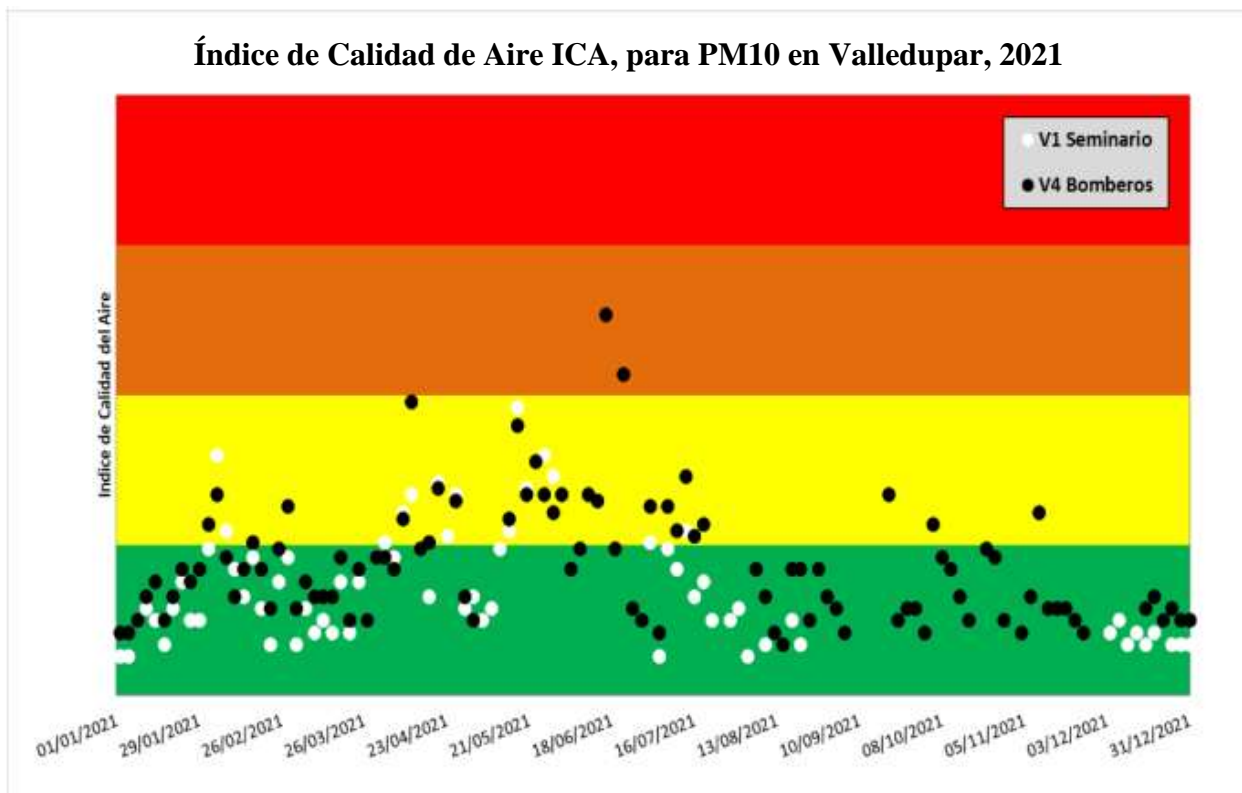


Figura 40. Índice de calidad de aire para el material particulado PM2.5 en Valledupar, 2021.



Nota. Tomado de (CORPOCESAR, 2021)

El comportamiento del contaminante PM2.5 es diferente al PM10, evidenciando que; el 47.0 % de las muestras tomadas en la estación SEMINARIO se clasificaron con ICA “bueno”, mientras que el 12% se clasificó en ICA “Moderado” y el porcentaje restante fueron invalidadas por registro inadecuado de los datos del contaminante en esa estación. Al observar la estación BOMBEROS, se determina que el 59% de las muestras clasificaron en ICA “Bueno”, el 22% se clasificó en un ICA categoría “Moderado” y el 2% restante se clasificó en ICA “Dañino a la salud para grupos sensibles”; tal como sucedió con la estación anterior, el 17 % de las muestras fueron invalidadas.

6.2.2. *Analizar los datos obtenidos.*

Se realizaron los análisis correspondientes a los índices de Calidad de Aire generados por Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire de la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR), en donde se relacionaron los efectos que tuvieron la movilidad y los incendios forestales durante los años 2019, 2020 y 2021.

6.2.2.1. **Índice de calidad de aire para el año 2019:**

Teniendo en cuenta que para el primer semestre la estación BOMBEROS fue la única que registró una calidad de aire no fue buena, por lo tanto, se clasificó como “moderada” evidenciándose un efecto negativo para la salud en la zona céntrica de la ciudad; mientras que, la estación SEMINARIO presenta una calidad de aire buena, esto para PM 2.5. y para PM 10 ambas estaciones arrojaron una calidad del aire buena, se puede afirmar que aquellos factores que pueden incidir en la afectación de la calidad del aire, en su gran mayoría están funcionando dentro de lo permitido, tales como movilidad vehicular e incendios forestales. Y, por tanto, la salud de los habitantes de Valledupar es buena en cuanto a lo relacionado a enfermedades que se originan por causa de este aspecto.

En el segundo semestre, para el caso del PM 2.5, la situación registrada frente a la calidad del aire presentó variaciones, ya que ambas estaciones trabajadas evidenciaron por dos meses (julio y agosto) niveles de calidad del aire dañinos para la salud en grupos sensibles y niveles dañinos para la población en general, no obstante, posterior a estos meses, la calidad del aire pasó a ser buena para ambas estaciones. Mientras que para PM 10, en la mayor parte del tiempo, se registró una buena calidad del aire, con excepción del mes de Julio, ya que, para ese mes, la estación BOMBEROS registró una calidad del aire moderada.

Esos altos niveles registrados en PM 2.5. en el segundo semestre puede sugerir que hubo áreas con mucho tráfico vehicular y otras actividades de quema, lo cual se asocia con efectos

perjudiciales para la salud, especialmente en el sistema respiratorio y cardiovascular. Puede aumentar el riesgo de enfermedades respiratorias como el asma, la bronquitis, e incluso agravar condiciones de salud preexistentes como enfermedades cardíacas y pulmonares.

6.2.2.2. Índice de calidad de aire para el año 2020:

Teniendo en cuenta los resultados de la actividad anterior, se pudo constatar que con respecto a PM 10, la calidad del aire se catalogó como “bueno” y que solo en el mes de junio la estación BOMBEROS presentó un grado de contaminación clasificado en “moderado” pero que no era perjudicial para la salud de las personas. No obstante, para PM 2.5. se registraron niveles de contaminación del aire en las categorías moderadas, aunque se resalta que estas no superaron los niveles máximos permisibles por la norma.

El año 2020, fue un año de pandemia y las altas concentraciones que para algunos meses se registraron en PM 2.5., pueden relacionarse debido las partículas finas, como estas, pueden transportar y servir como vehículos para otros agentes patógenos, incluidos virus. Adicionalmente, se ha especulado que la exposición crónica a altos niveles de contaminación del aire puede debilitar el sistema respiratorio, lo que potencialmente hace a las personas más susceptibles a infecciones virales como el COVID-19.

La inhalación de partículas PM 2.5 puede causar irritación en los pulmones y vías respiratorias, lo que agrava condiciones como el asma, bronquitis, enfisema y otras enfermedades respiratorias. La exposición a largo plazo a niveles elevados de PM 2.5 ha sido asociada con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, como ataques cardíacos, problemas del ritmo cardíaco, y accidentes cerebrovasculares. Las partículas finas pueden penetrar en el torrente sanguíneo a través de los pulmones y desencadenar respuestas inflamatorias que afectan el sistema cardiovascular.

6.2.2.3. Índice de calidad de aire para el año 2021:

Con respecto a los resultados mostrados en la actividad previa, se puede evidenciar que en cuanto a PM 10, se registró una calidad del aire buena en su gran mayoría. Otro panorama se registró para el comportamiento del PM 2.5, el cual, aunque evidencia que porcentajes considerables de las muestras clasificaron a la calidad del aire como buena, hubo otros porcentajes que también evidenciaron que la calidad del aire fue moderada. Si bien en este año el comportamiento del PM 2.5. fue mejor que en el 2020, aun se evidencia que estos valores siguen incidiendo de alguna manera en la calidad del aire.

La presencia elevada de partículas PM 2.5 en el aire, provenientes de diversas fuentes como la quema de combustibles fósiles, incendios forestales o emisiones industriales, tiene efectos perjudiciales en la salud humana, particularmente a nivel respiratorio. Estas partículas microscópicas pueden causar irritación en las vías respiratorias, desencadenar o agravar condiciones como el asma o la bronquitis, y aumentar el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, como se mencionó anteriormente.

6.3. FORMULACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE VALLEDUPAR, COMO ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS GENERADOS EN EL MARCO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19.

6.3.1. Objetivos del plan de acción de gestión de la calidad del aire.

Para la formulación del plan de acción, se tienen trazados unas series de objetivos que se van a cumplir a corto, mediano y largo plazo con la cooperación de las autoridades competentes como CORPOCESAR, la alcaldía y sus dependencias que gestionen la calidad de aire. El objetivo principal de este plan de acción es: *Formular estrategias de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del Covid-19.*

6.3.2. Formulación de líneas de acción del plan de acción.

La formulación de un plan detallado para mejorar la calidad del aire en Valledupar, tomando en cuenta la situación causada por la pandemia de COVID-19, es esencial para resguardar la salud de la población y contrarrestar los efectos perjudiciales resultantes de la polución del aire, así como para reducir el impacto de la enfermedad. La implementación de estrategias que reduzcan la contaminación del aire y, al mismo tiempo, aborden los posibles vínculos entre la calidad del aire y la propagación del COVID-19, es fundamental para seguir asegurando así un entorno más saludable para los residentes de Valledupar. Para el cumplimiento del objetivo general del plan de acción se establecieron unas líneas de acción prioritarias que se describen a continuación:

Tabla 9. Plan de acción para la gestión de la calidad de aire en Valledupar postpandemia

Plan de Acción de Calidad del Aire de la ciudad de Valledupar, como estrategia de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.			
Objetivo: Formular estrategias de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.			
Alcance: Este plan de acción abarca a la ciudad de Valledupar y sus habitantes.			
Recursos: Humano y financiero.			
Información de actividades			
N°	Actividad	Medida	Descripción
1	Análisis de la calidad del aire.	Evaluación y diagnóstico.	Se debe evaluar la calidad del aire para identificar las fuentes de contaminación y los niveles de partículas PM 2.5 y otros contaminantes.
2	Estudio de impacto de la pandemia.	Evaluación y diagnóstico.	Se debe analizar cómo la pandemia ha influido en la calidad del aire, como los cambios en las emisiones debido a la

Plan de Acción de Calidad del Aire de la ciudad de Valledupar, como estrategia de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.

Objetivo: Formular estrategias de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.

Alcance: Este plan de acción abarca a la ciudad de Valledupar y sus habitantes.

Recursos: Humano y financiero.

Información de actividades

N°	Actividad	Medida	Descripción
			reducción de la actividad industrial y del tráfico.
3	Regulaciones y políticas.	Estrategias de Mitigación	<p>Se debe implementar regulaciones más estrictas para reducir emisiones de actividades agrícolas y de vehículos, así como incentivos para fuentes de energía más limpias. Algunas políticas pueden ser:</p> <p>Políticas de transición energética a vehículos con menos generación de contaminantes.</p> <p>Políticas de reducción de movilidad a través de horarios de pico y placa en la ciudad.</p> <p>Políticas de movilidad del día sin carro y moto.</p> <p>Regulaciones a la movilidad en sectores más transitados durante los horarios pico de la ciudad.</p>

Plan de Acción de Calidad del Aire de la ciudad de Valledupar, como estrategia de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.

Objetivo: Formular estrategias de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.

Alcance: Este plan de acción abarca a la ciudad de Valledupar y sus habitantes.

Recursos: Humano y financiero.

Información de actividades

N°	Actividad	Medida	Descripción
			Revisiones técnico-mecánicas de los vehículos automotores. Medidas ingenieriles para la reducción de contaminantes en construcciones cercanas a centros poblados.
4	Promoción del transporte sostenible.	Estrategias de Mitigación	Se debe fomentar el uso de medios de transporte más limpios, como el transporte público, vehículos eléctricos y ciclovías para reducir la congestión vehicular y las emisiones.
5	Educación y concientización.	Estrategias de Mitigación	Llevar a cabo campañas educativas para concienciar a la población sobre la importancia de reducir la contaminación del aire y cómo hacerlo, así como explicar sus efectos sobre la salud humana.
6	Monitoreo y control.	Estrategias de Mitigación	Establecer sistemas de monitoreo continuo de la calidad del aire para evaluar la efectividad de las medidas implementadas.

Plan de Acción de Calidad del Aire de la ciudad de Valledupar, como estrategia de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.

Objetivo: Formular estrategias de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.

Alcance: Este plan de acción abarca a la ciudad de Valledupar y sus habitantes.

Recursos: Humano y financiero.

Información de actividades

N°	Actividad	Medida	Descripción
7	Vinculación con medidas sanitarias.	Estrategias de Mitigación	<p>Coordinar esfuerzos con las autoridades sanitarias para abordar la relación entre la calidad del aire y la salud de la población en el contexto de la pandemia; tales como:</p> <p>Limpiar las calles con equipos de reducción de polución durante las horas nocturnas.</p> <p>Brindar alertas a la población en las zonas donde se evidencie alta polución por medio del sistema de alertas del SVCA.</p> <p>Usar tapabocas en zonas o áreas de alta transitabilidad para aquellas personas que tienen afectaciones respiratorias generadas por el virus COVID – 19.</p> <p>Realizar campañas de sensibilización y autocuidado sobre las infecciones respiratorias adquiridas en el sector.</p>

Plan de Acción de Calidad del Aire de la ciudad de Valledupar, como estrategia de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.

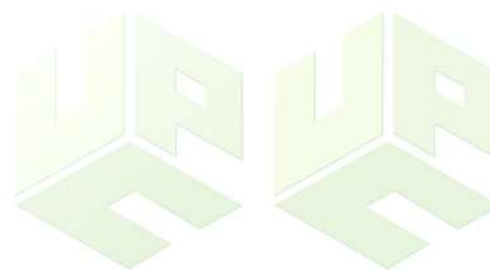
Objetivo: Formular estrategias de mitigación de impactos generados en el marco de la pandemia del COVID-19.

Alcance: Este plan de acción abarca a la ciudad de Valledupar y sus habitantes.

Recursos: Humano y financiero.

Información de actividades

N°	Actividad	Medida	Descripción
			Socializar a las empresas, las medidas pertinentes para la regulación de las actividades generadoras de polución.
8	Identificación de áreas críticas.	Estrategias de Mitigación	Identificar zonas de la ciudad más afectadas por altos niveles de contaminación y COVID-19 para priorizar medidas específicas.
9	Evaluación continua.	Evaluación y seguimiento.	Realizar evaluaciones periódicas para medir el impacto de las medidas implementadas en la calidad del aire y la incidencia de COVID-19.
10	Ajustes y mejora.	Evaluación y seguimiento.	Basándose en los resultados, ajustar y mejorar el plan para optimizar su eficacia en la mitigación de la contaminación del aire en el contexto de la pandemia.



CONCLUSIONES

Se tomaron como puntos de control las estaciones denominadas SEMINARIO y BOMBEROS en donde se ubican en el perímetro y centro de la ciudad de Valledupar, las cuales son administrados por CORPOCESAR, en donde el tipo de tecnología utilizada es la HI – VOL y TOPAS. A partir de los datos suministrados por la autoridad conforme al material particulado PM10 y PM2.5. se pudo concluir que; durante el año 2019 presentaron niveles promedio relativamente bajos que van entre los 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10 y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5; pero, a partir del año 2020 fue incrementando la concentración de dicho contaminante, llegando a niveles promedio de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 y 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM2.5. hasta llegar a la cifra en promedio para el año 2021 a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10 y 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5.

El análisis de los puntos de calor en los años 2019, 2020 y 2021 reveló un patrón consistente: los primeros semestres de cada año mostraron una incidencia notablemente mayor de puntos de calor en comparación con los segundos semestres. Este fenómeno puede estar relacionado con variaciones estacionales en las condiciones climáticas y ambientales que aumentan el riesgo de incendios. Durante los primeros semestres, se observó una combinación de factores que podrían propiciar la ocurrencia de incendios. Se entiende que las temperaturas más altas, la disminución de la humedad y condiciones más secas, características de ciertos climas en esos períodos del año, podrían haber contribuido a un ambiente más inflamable y favorable para la propagación de incendios. Las altas temperaturas y la menor humedad relativa pueden desecar la vegetación, convirtiéndola en material más susceptible al fuego.

En cuanto a los registros del parque automotor, también sucedió un aumento considerable debido a que, para el año 2019 circulaban aproximadamente 83.991 vehículos, al llegar al año 2020 pasó a más de 94.000 vehículos y el año 2021 se acercó a más de 103.000 vehículos con frecuencias de viajes incrementadas proporcionalmente por ser un área metropolitana; los medios de transporte de mayor uso durante los años estudiados fueron las motocicletas y los carros

particulares. Esto promovió a que se emitieran en promedio más de 1,3 millones de toneladas de CO₂; lo cual también que, la movilidad vehicular es propensa a generar concentraciones grandes de material particulado en el aire, que, acompañados de los fenómenos como el viento de Sahara y las bajas precipitaciones promueven la polución en el aire.

El índice de calidad del aire para los años 2019, 2020 y 2021 destacó que las concentraciones de PM_{2.5} fueron superiores a las de PM₁₀ en Valledupar. Esto se debe a que las PM_{2.5} son partículas más pequeñas que las PM₁₀, lo que les confiere una mayor capacidad para mantenerse suspendidas en el aire por períodos prolongados. Las partículas más pequeñas, como las PM_{2.5}, tienen la capacidad de viajar distancias más largas en el aire y penetrar más profundamente en el sistema respiratorio humano debido a su tamaño reducido. Esto se traduce en una mayor probabilidad de impacto en la salud, ya que estas partículas finas pueden ingresar más fácilmente a los pulmones y, a veces, incluso al torrente sanguíneo, lo que plantea riesgos para la salud respiratoria y cardiovascular. En Valledupar, las PM_{2.5} se generan a partir de diversas fuentes, como emisiones de vehículos, quema de biomasa y partículas de polvo. Estas fuentes liberan partículas más pequeñas con facilidad, lo que contribuye a niveles más altos de PM_{2.5} en comparación con las PM₁₀. Esta variedad de fuentes y la facilidad con la que se liberan las partículas más pequeñas juegan un papel fundamental en la predominancia de PM_{2.5} en el ambiente.

La formulación de un plan de acción para mejorar la calidad del aire en Valledupar, considerando el impacto de la pandemia de COVID-19, es crucial no solo para salvaguardar la salud de los ciudadanos, reducir los riesgos asociados a enfermedades respiratorias y cardiovasculares, sino también para aprovechar la coyuntura actual y establecer estrategias que reduzcan las emisiones contaminantes. Este enfoque integral no solo aborda las necesidades inmediatas, sino que sienta las bases para una mayor resiliencia en la salud pública, mejorando la calidad de vida y preparando a la ciudad para enfrentar futuros desafíos de salud y medio ambiente en un escenario cambiante y desafiante.

RECOMENDACIONES

Es fundamental seguir evaluando la calidad del aire de manera continua, sin embargo, es crucial ajustar los procedimientos de monitoreo para garantizar la seguridad de los trabajadores y mantener el cumplimiento de las medidas sanitarias.

Se recomienda priorizar el uso de equipos de monitoreo remoto y automatizado para reducir la presencia de personal en el campo, así como realizar análisis de datos históricos y modelos predictivos para comprender las tendencias y los patrones de contaminación.

Se recomienda articular acciones interadministrativas entre la alcaldía de Valledupar y sus dependencias (especialmente la secretaría de salud local – secretaría de tránsito – secretaría de desarrollo, medio ambiente y turismo) con CORPOCESAR para estructurar nuevos esquemas de monitoreo, control, seguimiento y formulación de acciones a corto, mediano o largo plazo referentes a las actividades que promueven a la polución del aire; en aras de brindar una seguridad pública a la población que ha quedado afectada por el contagio del virus COVID – 19 y otros síntomas respiratorios.

Se recomienda establecer horarios y jornadas de pico y placa en la ciudad que permitan la reducción del parque automotor circulando en las calles, especialmente de aquellos vehículos que provienen de los municipios metropolitanos.

BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía de Valledupar. (25 de abril de 2020). Plan de desarrollo del municipio de Valledupar, Valledupar en Orden 2020 - 2023. Documento técnico. Valledupar, Cesar, Colombia: Alcaldía de Valledupar. Recuperado el 28 de octubre de 2023, de <https://www.valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20VALLEDUPAR%20EN%20ORDEN%202020%20-%202023.pdf>
- Amador, M., Millner, N., Palmer, C., Pennington, R. T., & Sileci, L. (2020). The unintended impact of Colombia's COVID-19 lockdown on forest fires. *Environmental and Resource Economics*, 1-25.
- Angelsen A., & Wunder S. (2003). Exploring the forest-poverty link: Key concepts, issues, and research implications (Occasional Paper, 40). Center for International Forestry Research. Bogor, Indonesia.
- ATL Noticias. (31 de octubre de 2020). Alcaldía de Valledupar pone en orden circulación de vehículos de carga. Local, pág. 1. Recuperado el 28 de octubre de 2023, de <https://atlinnovacion.com/2020/10/31/alcaldia-de-valledupar-pone-en-orden-circulacion-de-vehiculos-de-carga/>
- Banco Mundial. (2020). Global economic prospects, June 2020. Washington, D. C.: World Bank.
- Bartels-Bland, E. (2020). COVID-19 could worsen gender inequality in Latin America and the Caribbean.
- Bauch, S. C., Birkenbach, A. M., Pattanayak, S. K., & Sills, E. (2015). Public health impacts of ecosystem change in the Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24), 7414-7419.

Buitrago, D., & Rodríguez, R. (2022). Estado del arte del uso de sensores de bajo costo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire por Material Particulado (PM10 y PM2.5) en el territorio colombiano. Tesis de maestría. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado el 18 de agosto de 2024, de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/32488/2/RodriguezRamiroBuitragoDavid_2022_SensoresBajoCosto.pdf

Chacón, L. (2015). Efecto de los Incendios forestales sobre la calidad del aire en dos ciudades colombianas. Tesis de maestría. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 21 de agosto de 2024, de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57067>

Chávez, C., Salazar, C., & Simon, J. (2020). Efectos socioeconómicos y respuestas público-privadas de corto plazo ante la crisis del COVID-19 en el sector salmonicultor.

CORPOCESAR. (2019). Informe de Operación del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire de CORPOCESAR, ubicado en la ciudad de Valledupar, Cesar. Corporación Autónoma Regional del Cesar, CORPOCESAR, Cesar. Valledupar: Laboratorio Ambiental de CORPOCESAR.

CORPOCESAR. (2020). Informe de Operación del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire de CORPOCESAR, ubicado en la ciudad de Valledupar, Cesar. Valledupar: LABORATORIO AMBIENTAL DE CORPOCESAR.

CORPOCESAR. (2021). Informe de Operación del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire de CORPOCESAR, ubicado en la ciudad de Valledupar, Cesar. Corporación Autónoma Regional del Cesar, CORPOCESAR, Cesar. Valledupar: Laboratorio Ambiental de Corpocesar.

El Pilón. (07 de enero de 2020). La movilidad en Valledupar, un problema no solo de temporada. General, pág. 1. Recuperado el 28 de octubre de 2023, de <https://elpilon.com.co/la-movilidad-en-valledupar-un-problema-no-solo-de-temporada/>

ENVIEQ: Equipamiento Ambiental. (18 de agosto de 2024). Turnkey Topas. Obtenido de Portada: <https://www.envieq.com/ru/shop/turnkey-topas/>

Flores, C. (2020). Efectos del aislamiento COVID-19 en la calidad de aire en la provincia de Lima - Perú en el año 2020. Trabajo de investigación para optar el grado académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, Perú.

González, Y. (2021). Evaluación del impacto en la calidad del aire generado por el aislamiento preventivo como medida frente al COVID-19 en tres ciudades de Colombia. Tesis de maestría. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 21 de agosto de 2024, de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80998>

<https://www.worldbank.org/en/news/feature/2020/05/15/covid-19-could-worsen-genderinequality-in-latin-america-and-the-caribbean>.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2020). Resultados monitoreo deforestación 2019 [presentación]. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/10182/105413996/presentacionbalancedeforestacion2019/7c9323fc-d0a1-4c95-b1a1-1892b162c067>.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2018). Índice de calidad del aire. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/35-HM+%C3%8Dndice+calidad+aire+3+FI.pdf/6c0c641a-0c9a-430d-9c37-93d3069c595b>.

Instituto de Estudios Urbanos. (19 de abril de 2019). Movilidad en el Área Metropolitana de Valledupar: retos y planificación sostenible. Obtenido de Opinión y divulgación:

<https://ieu.unal.edu.co/en/medios/noticias-del-ieu/item/movilidad-en-el-area-metropolitana-de-valledupar-retos-y-planificacion-sostenible#:~:text=La%20movilidad%20en%20el%20C3%A1rea,el%2058%20%25%20corresponden%20a%20motocicletas.>

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (2018). Conpes 3943. Política de mejoramiento de la calidad del aire.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (2019). Política para la prevención de la calidad del aire.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, DIRECCIÓN DE ASUNTOS AMBIENTALES, SECTORIAL Y URBANA (2019). Estrategia Nacional para la calidad del aire.

Milanés, C., & Yero, C. (2021). Consecuencias del polvo del Sahara para la salud, su influencia en el mundo ante el nuevo coronavirus SARS-CoV-2. Evento Científico AMBIMED, 1(1), 1-9.

<https://doi.org/https://ambimed2021.sld.cu/index.php/ambimed/2021/paper/download/415/44>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Febrero de 2008). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire. Documento técnico. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: MINAMBIENTE. Recuperado el 16 de agosto de 2024, de <https://colibri.veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/2022-06/Anexo%202.%20Protocolo%20para%20el%20Monitoreo%20y%20seguimiento%20de%20la%20calidad%20del%20aire.pdf>

Muñoz, S., Salcedo, J., & Sotomayor, A. (2021). Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. INVENTUM, 16(30), 20-30. <https://doi.org/10.26620/uniminuto>.

Nakada LYK, Urban RC. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. *Sci Total Environ.* 2020;730. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139087.

OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). (2020b). COVID-19 in Latin America and the Caribbean: An overview of government responses to the crisis. Tackling coronavirus (COVID-19) Contributing to a global effort. OECD.

Sánchez, M. (7 de diciembre de 2020). Los puntos críticos del tráfico vehicular en Valledupar. El Pílon, pág. 1. Recuperado el 28 de octubre de 2023, de <https://elpilon.com.co/los-puntos-criticos-del-traffic-vehicular-en-valledupar/>

Semanario La Calle. (9 de marzo de 2020). Valledupar, un caos en materia de movilidad. Local, pág. 1. Recuperado el 28 de octubre de 2023, de <https://semanariolacalle.com/valledupar-un-caos-en-materia-de-movilidad/>

Suárez, N. (noviembre de 2021). Limitaciones del sistema de transporte público y sus efectos en la movilidad de ciudades intermedias del Caribe Colombiano: el caso de Montería. Tesis de maestría. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado el 4 de noviembre de 2023, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/61153/LIMITACIONES%20DEL%20SISTEMA%20DE%20TRANSPORTE%20PUBLICO%20Y%20SUS%20EFECTOS%20EN%20LA%20MOVILIDAD%20DE%20CIUDADES%20INTERMEDIAS%20DEL%20CARIBE%20COLOMBIANO%20EL%20CASO%20DE%20MONTERIA>

ANEXO C: Envío de Carta de solicitud de información a SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR sobre el registro del parque automotor entre los años 2019, 2020 y 2021.

Valledupar, 24 de mayo de 2024

SEÑOR
ALBERTO DAZA SAGBINI
SECRETARÍA DE TRANSITO Y TRANSPORTE DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR
Secretaria

Asunto: solicitud de información para proyecto de pregrado universitario

Cordial saludo

La presente carta es para solicitar información documentada sobre el registro de parque automotor y tránsito vehicular que circularon o se encuentran circulando durante los años 2019, 2020 y 2021 en la zona urbana del municipio de Valledupar; dicha información será para fines académicos como requisito para la presentación del proyecto de grado titulado **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE (PM10, PM2.5) ANTES, DURANTE Y DESPUES DE LA PANDEMIA DEL COVID-19, SEGÚN REPORTES DE DATOS SUMINISTRADOS POR EL SISTEMA DE VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE, EN VALLEDUPAR, CESAR**, a cargo por los estudiantes ANDREA CAROLINA PEÑARANDA BLANCO y ANDRÉS FELIPE RODRIGUEZ SALAZAR cuyo director de investigación es el ingeniero JOSE MAURICIO PEREZ ROYERO del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar sede Sabanas de la ciudad de Valledupar.

Nota. Se anexan credenciales de los estudiantes y director de investigación pertenecientes al programa académico respectivo y argumento de la investigación.

Agradecemos por su atención y pronta respuesta

Atentamente

ANDREA CAROLINA
PEÑARANDA BLANCO
Estudiante 1
C.C.
Correo
Cel:

ANDRÉS FELIPE
RODRIGUEZ SALAZAR.
Estudiante 2
C.C.
Correo
Cel:

JOSE MAURICIO
PEREZ ROYERO
Director



SMTTV- 006748

Cite este número para cualquier información y/o respuesta

Valledupar, 13 de junio de 2024

Señores

ANDREA CAROLINA PEÑARANDA BLANCO

Estudiante UPC

apeñaranda@unicesar.edu.co

ANDRES FELIPE RODRIGUEZ SALAZAR

Estudiante UPC

arodriguez@unicesar.edu.co

JOSE MAURICIO PEREZ ROYERO

Docente UPC – Director de Investigación Proyecto

joseperez@unicesar.edu.co

Asunto: Respuesta derecho de petición.

Cordial saludo.

En atención a su petición recibida en esta sectorial el día 24 de mayo de 2024, adjunto al presente nos permitimos suministrar la información sobre el parque automotor discriminado por clase, registrado en el Organismo de Tránsito del municipio de Valledupar durante los años 2019, 2020 y 2021, para que sea utilizado con fines académicos en el proyecto de grado titulado EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE (PM10, PM2.5) ANTES, DURANTE Y DESPUES DE LA PANDEMIA DEL COVID-19, SEGUN REPORTES DE DATOS SUMINISTRADOS POR EL SISTEMA DE VIGILLANCIA DE CALIDAD DEL AIRE, EN VALLEDUPAR, CESAR, Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar (UPC).

Por otra parte, le informamos que en la Secretaría de Tránsito no existen estudios o informes técnicos realizados sobre el parque automotor circulante en la zona urbana del municipio de Valledupar.

De esta manera damos respuesta de fondo a la petición presentada el día 24/05/2024 por los estudiantes de la Universidad Popular del Cesar ANDREA CAROLINA PEÑARANDA BLANCO y ANDRES FELIPE RODRIGUEZ SALAZAR.

Atentamente,



ALBERTO JOSÉ DAZA SAGBINI

Secretario de Tránsito y Transporte del municipio de Valledupar

Proyectó: Liria Camargo, Profesional Universitario SMTTV.

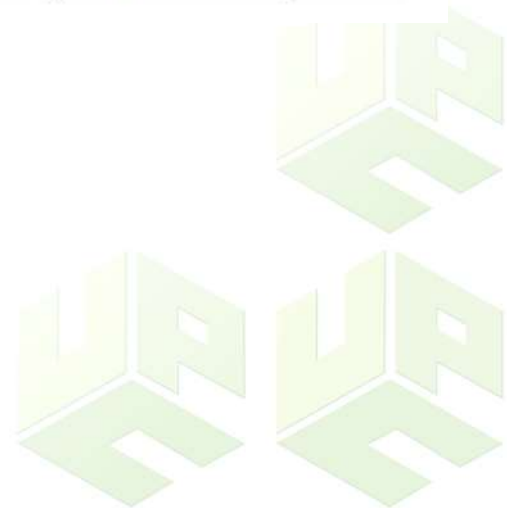


Calle 16A # 10-24 Centro Valledupar – Cesar.
Correo: atencionsuariatransitovpar@valledupar.gov.co
Valledupar – Cesar

Instagram: @sectransitovpar
X: @sectransitovpar

PARQUE AUTOMOTOR REGISTRADO OT VALLEDUPAR

AÑO 2019		AÑO 2020		AÑO 2021	
PARQUE AUTOMOTOR VALLEDUPAR		PARQUE AUTOMOTOR VALLEDUPAR		PARQUE AUTOMOTOR VALLEDUPAR	
CLASE	CANTIDAD	CLASE	CANTIDAD	CLASE	CANTIDAD
AUTOMOVIL	18948	AUTOMOVIL	19380	AUTOMOVIL	19621
BULDOZER	1	BULDOZER	1	BULDOZER	1
BUS	252	BUS	258	BUS	264
BUSETA	186	BUSETA	192	BUSETA	194
CAMIÓN	1195	CAMIÓN	1231	CAMIÓN	1229
CAMIONETA	9102	CAMIONETA	9450	CAMIONETA	9847
CAMPERO	3064	CAMPERO	3081	CAMPERO	3093
CARGADOR	3	CARGADOR	3	CARGADOR	3
CICLOMOTOR	2	CICLOMOTOR	2	CICLOMOTOR	2
COMPACTADOR	1	COMPACTADOR	2	COMPACTADOR	2
COSECHADORA	1	COSECHADORA	1	COSECHADORA	1
CUATRI MOTO	100	CUATRI MOTO	93	CUATRI MOTO	92
EXCAVADORA	3	EXCAVADORA	4	EXCAVADORA	4
MAQ. AGRÍCOLA	10	MAQ. AGRÍCOLA	9	MAQ. AGRÍCOLA	9
MAQ. INDUSTRIAL	3	MAQ. INDUSTRIAL	2	MAQ. INDUSTRIAL	2
MAQUINA BARREDORA	1	MAQUINA BARREDORA	2	MAQUINA BARREDORA	2
MICROBUS	515	MICROBUS	449	MICROBUS	438
MINI CARGADOR	3	MINI CARGADOR	7	MINI CARGADOR	8
MOTOCARRO	328	MOTOCARRO	332	MOTOCARRO	332
MOTOCICLETA	48263	MOTOCICLETA	48314	MOTOCICLETA	48543
MOTOTRICICLO	9	MOTOTRICICLO	9	MOTOTRICICLO	9
REMOLQUE	1	REMOLQUE	1	REMOLQUE	1
RETROCARCARGADOR	1	RETROCARCARGADOR	1	RETROCARCARGADOR	1
RETROEXCAVADORA	17	RETROEXCAVADORA	17	RETROEXCAVADORA	19
SEMI REMOLQUE	1024	SEMI REMOLQUE	1024	SEMI REMOLQUE	1010
SIN CLASE	13	SIN CLASE	7	SIN CLASE	7
TRACTOCAMIÓN	78	TRACTOCAMIÓN	83	TRACTOCAMIÓN	81
TRACTOR	14	TRACTOR	14	TRACTOR	14
VIBROCOMPACTADORA	1	VIBROCOMPACTADORA	1	VIBROCOMPACTADORA	1
VOLQUETA	104	VOLQUETA	104	VOLQUETA	103
TOTAL	83243	TOTAL	84074	TOTAL	84933
Fuente: SMTTV		Fuente: SMTTV		Fuente: SMTTV	



ANEXO D: Memorias de cálculo de índices de calidad ICA por CORPOCESAR.

ICA	COLOR	CLASIFICACION	PM10 24h (µg/m³)	NO2 1h (ppm)	MESES	PM2.5 (µg/m³) 24h Semestral	PM2.5 (µg/m³) 24h Bimestral	ICA PM10 Semestral	CLASIFICACION PM10	ICA PM10 Bimestral	CLASIFICACION PM2.5
0	50	BUENA	0	0	Julio	39	57	35,11111	BUENA	51,9839	MODERADA
			54	54		46	88	42,59259	BUENA	57,43434	MODERADA
51	300	MODERADA	55	55		38	49	35,9919	BUENA	45,37037	BUENA
			54	54		28	34	17,53259	BUENA	50,50505	BUENA
101	250	DAÑINA PARA LA SALUD PARA GRUPOS SENSIBLES	155	155	Agosto	28	47	24,07407	BUENA	43,52652	BUENA
			254	254		31	43	28,7037	BUENA	41,66667	BUENA
151	200	DAÑINA A LA SALUD	255	255		31	36	28,7037	BUENA	33,33333	BUENA
			354	354		13	30	11,11111	BUENA	27,77778	BUENA
201	300	MUY DAÑINA A LA SALUD	355	355.000	Septiembre	16	22	9,259259	BUENA	20,37037	BUENA
			424	424		8	17	7,407407	BUENA	15,74074	BUENA
301	400	PELIGROSA	425	425.000		16	20	9,259259	BUENA	10,54952	BUENA
			604	604		2	11	1,851852	BUENA	10,18519	BUENA
401	500	PELIGROSA	505	505.000	Octubre	2	19	1,851852	BUENA	5,333333	BUENA
			604	604		3	13	2,777778	BUENA	13,88889	BUENA
			505	505.000		2	11	1,851852	BUENA	10,18519	BUENA
			604	604		5	19	5,555556	BUENA	17,52659	BUENA
					Noviembre	4	12	3,703704	BUENA	11,11111	BUENA
						8	11	7,407407	BUENA	10,18519	BUENA
						2	12	4,62963	BUENA	11,11111	BUENA
						9	13	8,333333	BUENA	12,03704	BUENA
					Diciembre	17	32	13,88889	BUENA	29,62963	BUENA
						9	28	8,333333	BUENA	25,52659	BUENA
						21	31	23,14815	BUENA	26,7037	BUENA

CLASIFICACION	PM10	PM2.5	TOTAL
BUENA	24	22	46
MODERADA	0	2	2
DAÑINA PARA LA SALUD PARA GRUPOS	0	0	0
DAÑINA A LA SALUD	0	0	0
MUY DAÑINA A LA SALUD	0	0	0
PELIGROSA	0	0	0
PELIGROSA	0	0	0
TOTAL	24	24	48

