

**INFORME DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE
DEL DISTRITO DE CARTAGENA**

AÑO 2022

**INFORME DE ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL
DISTRITO DE CARTAGENA**



**ESTABLECIMIENTO PÚBLICO AMBIENTAL DE
CARTAGENA**

Cartagena de Indias D.T y C.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION.....	3
2	OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	4
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3	GENERALIDADES.....	4
3.1	GENERALIDADES DEL SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL DISTRITO DE CARTAGENA.....	4
3.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES Y ENTORNO.....	5
3.2.1	Estación Bocana.....	6
3.2.2	Estación Zona Franca La Candelaria.....	6
3.2.3	Estación Policía.....	7
3.2.4	Estación Cardique.....	8
3.3	Contaminantes evaluados.....	9
3.4	Condiciones de referencia.....	9
4.	INDICADORES DEL SISTEMA DEL SVCA.....	10
4.1.	Porcentaje de capturas de datos.....	10
4.2.	Normatividad vigente.....	11
5.	RESULTADOS DE LOS MONITOREOS DE LA CALIDAD DEL AIRE AÑO 2022.....	12
5.1.	RESULTADOS POR ESTACIÓN.....	12
4.1.	PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS.....	17
	Gráfica 58 Porcentaje de captura de datos.....	18
5.2.	CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE – ICA – AÑO 2022.....	18

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Características generales del SVCA.....	6
Tabla 2.	Cantidad máxima de datos que se pueden obtener en un periodo determinado para el presente año.....	11
Tabla 3.	Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, Resolución 2254 de 2017.....	12
Tabla 4	Efectos en la salud según ICA.....	19
Tabla 5.	Punto de corte ICA.....	19

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Ubicación geográfica inicial de las estaciones del SVCA	5
Imagen 2. Ubicación geográfica Estación Bocana	6
Imagen 3. Ubicación Geográfica Estación Zona Franca	7
Imagen 4. Ubicación geográfica Estación Policía.....	8
Imagen 5 Ubicación geográfica Estación Cardique.....	8

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Evolución horaria de PM2.5 -Estación Zona franca	12
Gráfica 2. Evolución horaria de PM10 - Estación Zona franca	13
Gráfica 3 Evolución octohoraria O ₃ en el año- estación Zona franca	13
Gráfica 4. Evolución horaria de PM10- Estación Cardique.....	14
Gráfica 5 Evolución horaria de PM2.5- Estación Cardique.....	14
Gráfica 6 Evolución octohoraria O ₃ en el año- estación Cardique	14
Gráfica 7. Evolución horaria de PM2.5- Estación Policía	15
Gráfica 8. Evolución horaria de PM10- Estación Policía	16
Gráfica 9. Evolución horaria de PM10- Estación Policía	16
Gráfica 10. Evolución horaria de PM10- Estación Bocana	17
Gráfica 11. Evolución horaria de O ₃ - Estación Bocana	17
Gráfica 12. Porcentaje de captura de datos	18
Gráfica 13 Porcentaje Índice de calidad del aire de las estaciones	21

1 INTRODUCCION

El Establecimiento Publico Ambiental de Cartagena (EPA, Cartagena) en el marco de sus estrategias, programas, proyectos y metas contenidas en el plan de Acción 2020-2023, así como dentro de sus objetivos misionales ha definido el constante seguimiento, control y vigilancia de los recursos naturales en su jurisdicción para garantizar su uso de manera sostenible. De igual manera, garantizar la operación de manera óptima del Sistema de Vigilancia de la calidad del Aire (SVCA) de la ciudad de Cartagena como aporte a la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire a nivel nacional.

Durante el año 2022 el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) tuvo en operación 4 estaciones de monitoreo automático ubicadas como se muestra en la Tabla 1. Es necesario señalar que durante este año se realizaron cambios en la distribución de equipos y se agregaron nuevos a las estaciones ZF La Candelaria y CARDIQUE (Ver Anexo 1), lo cual generó que se presentarán inconvenientes en el proceso de recolección de datos. Sin embargo, se presentan los resultados y el estado del sistema.

En el presente informe se presentan los resultados de las concentraciones de ozono troposférico (O_3) y material particulado (PM 10 y PM 2.5) medidas y/o reportadas en las estaciones del SVCA. De manera inicial se presentan generalidades del sistema. De igual manera datos sobre los contaminantes evaluados, condiciones de referencias para el análisis de datos, indicadores del sistema y la normativa nacional vigente.

Posteriormente, se presenta la parte central del informe donde se exponen los resultados obtenidos de los monitoreos de calidad del aire realizados durante el año 2022 en las estaciones Zona Franca, Cardique, Policía y Bocana. Se realiza la comparación de las concentraciones reportadas con los límites establecidos en la normativa nacional vigente (Resolución 2254 de 2017), se muestran los calendarios de las medianas de concentración y los resultados generados del Índice de Calidad de Aire (ICA) y los posibles efectos generados en la salud humana. Se realiza una correlación entre el comportamiento del contaminante y la velocidad del viento, lo que permite identificar algunas fuentes de contaminación. Finalmente, se presentan el análisis estadístico realizado con el objetivo de mostrar la validez del análisis de datos y se presentan las conclusiones.

2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Verificar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para los contaminantes monitoreados (PM10, PM2.5 y O₃) según lo establecido en la Resolución 2254 de 2017.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar un análisis del comportamiento de las concentraciones de los contaminantes monitoreados (PM10, PM2.5 y O₃) en todas las estaciones
- Determinar el estado de la calidad del aire con la finalidad de distinguir los riesgos a la salud a los que puede estar expuesta la población.
- Activar los procedimientos de control en situaciones de prevención, alerta o emergencias con el fin de tomar medidas integrales de control de contaminación y de reducción de la exposición de los receptores de interés.

3 GENERALIDADES

3.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL DISTRITO DE CARTAGENA

Un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) es un conjunto de estaciones destinadas a la evaluación del estado de la calidad del aire (Área Metropolitana Valle de Áburra, 2019). Desde el año 2011, el distrito de Cartagena cuenta con un SVCA diseñado inicialmente con 6 estaciones, las cuales se especifican más adelante.

Para definir el tipo de diseño del sistema (K2 Ingeniería , 2010), se tuvieron en cuenta dos criterios: a) poblacional y b) ambiental. Estos criterios se describen, a continuación:

- a) **Análisis poblacional:** De acuerdo con el Censo elaborado por el gobierno nacional en el año 2005 el distrito turístico especial de Cartagena tenía una población total de 842.545 y para 2007 tenía una estimación de población proyectada de 921.61416. Teniendo en cuenta este aspecto, el Sistema de Vigilancia de la calidad del aire de Cartagena se diseñó como ser un SVCA tipo III intermedio que contempla poblaciones entre 500.000 y 1.500.000 habitantes.

- b) **Análisis Ambiental:** una de las principales actividades económicas de la ciudad de Cartagena es la industria. En el año de diseño del sistema, Cartagena tenía más de 136 empresas grandes y medianas entre las cuales se destacan la petroquímica, química y plástico. Este tipo de industria alojada en Cartagena hizo que el seguimiento de la calidad del aire se hiciera siguiendo lineamientos de un SEVCA.

3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES Y ENTORNO

El diseño inicial del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire del Distrito de Cartagena está conformado por seis (6) estaciones. La ubicación inicial de estas estaciones se definió en lugares estratégicos de la ciudad, tal como se muestra en la Imagen 1, así: Base Naval, Zona Franca La Candelaria, Estación de Policía de la localidad 2 (Virgen y Turística), Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique), La Bocana y en la antigua sede de esta entidad. Estas estaciones se plantearon considerando la cobertura sobre las áreas de contaminación atmosférica significativa de la ciudad de Cartagena y configuradas para realizar medición de tres contaminantes criterio: PM_{2.5}, PM₁₀ y O₃.

A continuación, se encuentra la distribución de las estaciones en todo el perímetro urbano de la ciudad de Cartagena y se describe posteriormente el entorno que rodea a cada estación.

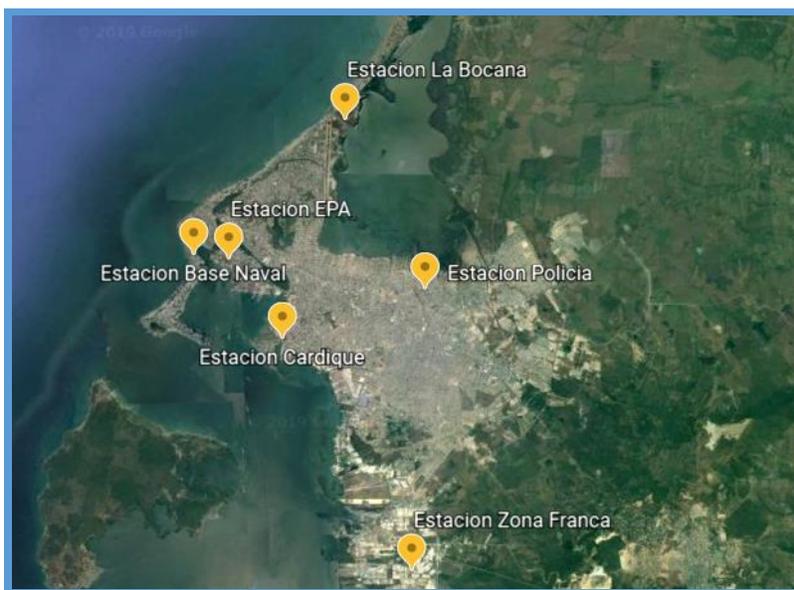


Imagen 1. Ubicación geográfica inicial de las estaciones del SVCA

En los últimos años se han realizado algunos cambios o modificaciones en la estructura del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de Cartagena. Algunas estaciones se han sacado de operación. En el año 2018, la estación EPA fue desmantelada por el cambio de sede de la entidad y en el año 2019, la sede Base Naval se sacó de operación por que los equipos se estaban deteriorando por el efecto de la corrosión debido a la cercanía de esta estación al mar.

En el marco del plan de acción 2020-2023 del Establecimiento Publico Ambiental de Cartagena se está trabajando en la optimización del sistema mediante la actualización o renovación de las tecnologías de los equipos. A la fecha de entrega de este informe, se encuentran funcionando cuatro estaciones como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales del SVCA

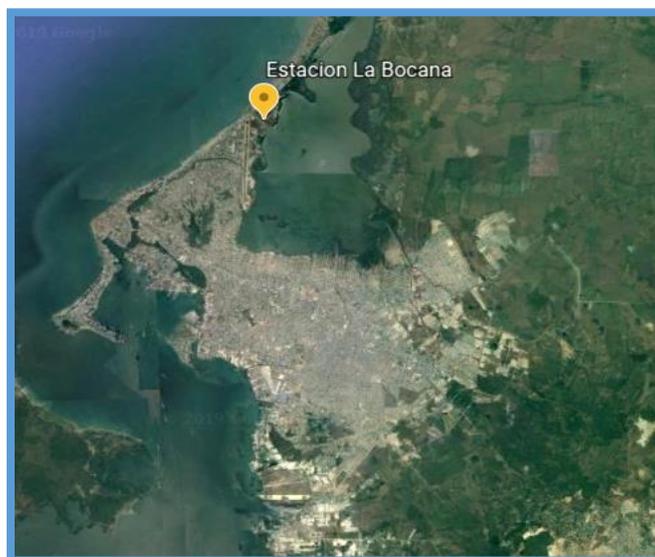
Estación	Ubicación	Ubicación geográfica		Contaminante monitoreado			Tipo de Zona	Tipo de estación	Localización toma de muestra
		Latitud	Longitud	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃			
GT1	Bocana	10°27'11.0" N	75°30'27.91" O	X		X	Urbana	De fondo	Azotea
GT3	Cardique	10°23'29.70" N	75°31'30.70" O	X	X	X	Urbana	Fija/De fondo	Azotea
GT4	Zona Franca	10°19'35.49" N	75°29'21.18" O	X	X	X	Urbana	Fija/Industrial	Nivel del mar.
EM1	Policía	10°24'19.91" N	75°29'7.78" O	X		X	Urbana	Fija/Tráfico	Azotea

En la Tabla 1 se resumen las características generales que posee cada estación de monitoreo, los contaminantes que miden, la ubicación, el tipo de zona, localización de la toma de muestra, etc.

3.2.1 Estación Bocana

Ubicada al norte de la ciudad, en la azotea del edificio de La Bocana de Marea Estabilizada (Imagen 2). Fue seleccionada para ser el entorno de fondo por estar localizada en una zona de baja densidad poblacional, donde hay baja influencia de tráfico vehicular y no existen industrias emitiendo contaminantes atmosféricos alrededor, sin embargo, esta relativamente cerca al mar, el cual es una fuente natural de contaminación, entro en operación en el mes de marzo midiendo concentraciones de PM10 y O₃.

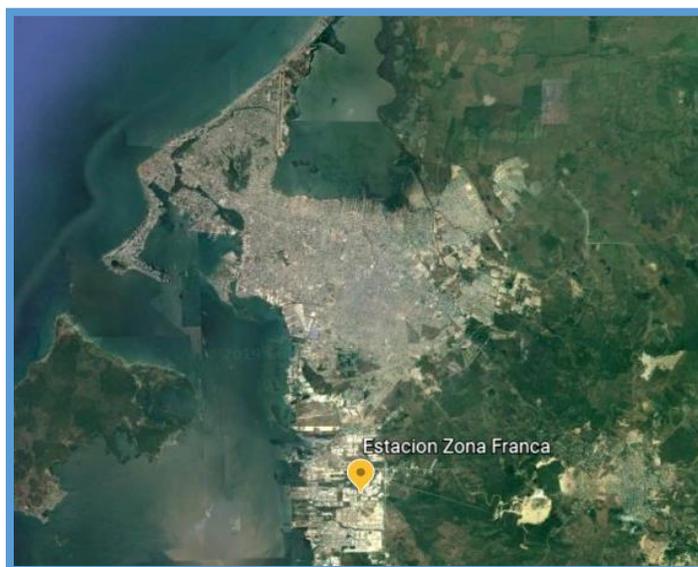
Imagen 2. Ubicación geográfica Estación Bocana



3.2.2 Estación Zona Franca La Candelaria

Ubicada al occidente de la ciudad, en las instalaciones de la empresa FEPCO en el parque industrial de Mamonal (Imagen 3). Por ser un sector donde se ubican muchas empresas, se estableció como una estación fija de gran importancia para el SVCA de Cartagena, por lo que en esta se busca medir las emisiones de contaminantes provenientes de los procesos industriales y de las vías que presentan un alto tráfico de vehículos de categoría pesada. Al estar en un entorno abierto con pocas edificaciones de gran altura, se da una mayor dispersión de los contaminantes que, por efectos del viento, pueden viajar hasta zonas aledañas residenciales, exponiendo la salud de las poblaciones más próximas, debido a que se encuentra ubicada en una zona industrial los equipos fueron reemplazados por nuevos monitores y analizadores.

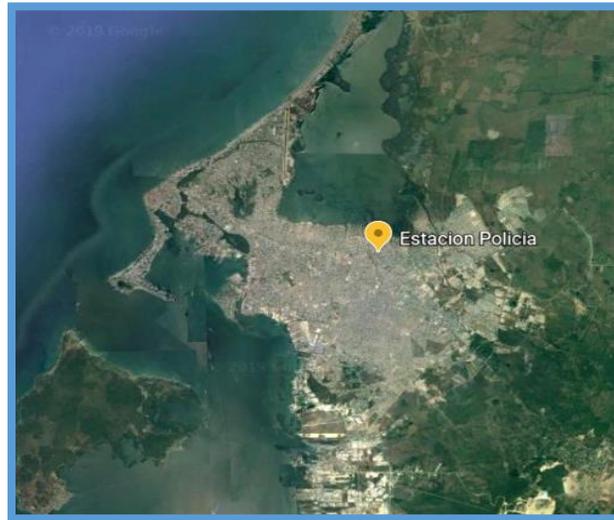
Imagen 3. Ubicación Geográfica Estación Zona Franca



3.2.3 Estación Policía

Ubicada al centro de la ciudad cerca a la ciénaga de la virgen, en la azotea del Comando de Atención Inmediata del Barrio Olaya Herrera (Imagen 4). Esta estación considerada desde el inicio del proyecto como una estación móvil, se encuentra rodeada de sectores residenciales, donde habitan la mayor parte de la población cartagenera, por lo tanto, hay una alta densidad poblacional expuesta a las emisiones provenientes del tráfico vehicular, vías destapadas y actividades comerciales generadoras de contaminación atmosférica tales como carpinterías, tintorerías, talleres automotrices, aserraderos, restaurantes y asaderos al aire libre.

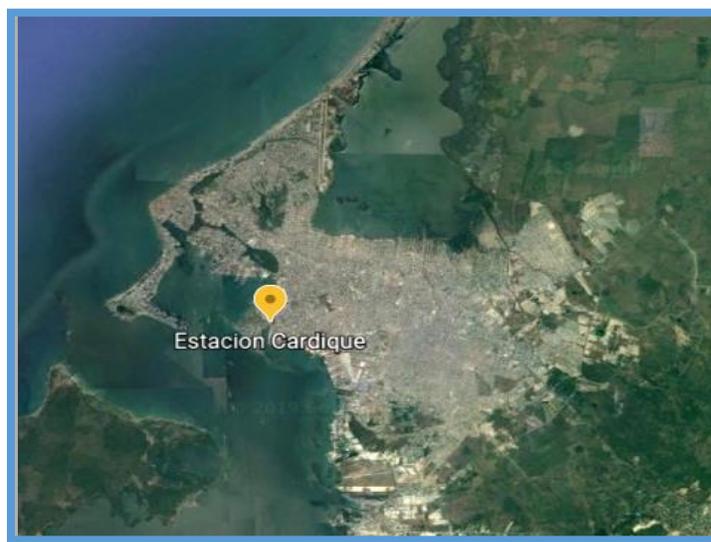
Imagen 4. Ubicación geográfica Estación Policía



3.2.4 Estación Cardique

Ubicada al occidente de la ciudad en la azotea de las instalaciones de Cardique en el Barrio Bosque en la isla de Manzanillo (Imagen 5). Esta estación es fija de fondo urbano. El entorno se caracteriza por tener una vía utilizada como corredor de carga, por la cual transitan vehículos de carga pesada, además está influenciada por las emisiones de las empresas que operan en el sector y su cercanía al mar, actualmente monitorea PM10, PM2.5 y O₃.

Imagen 5 Ubicación geográfica Estación Cardique



3.3 Contaminantes evaluados

Los contaminantes evaluados en el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) del Distrito de Cartagena son Ozono Troposférico (O₃), PM10 y PM2.5. A continuación, se definen cada uno de los contaminantes evaluados por el SVCA Cartagena para tener una mayor claridad sobre la definición de cada uno y a partir de que se originan.

- **Ozono Troposférico (O3):** El ozono es un contaminante secundario, es decir, no emitido directamente a la atmósfera por una fuente, sino formado a partir de reacciones fotoquímicas (activadas por la luz solar) entre contaminantes primarios. Se forma ozono cuando coexisten los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COVs) y una radiación solar intensa a lo largo de un periodo de tiempo lo bastante largo (un mínimo de diversas horas). Así, la época típica de los máximos de ozono coincide con la primavera y el verano. Los principales precursores del ozono (NO_x y COV) se emiten de manera natural o como consecuencia de las actividades humanas.
- **Material particulado:** El material particulado se forma mediante la mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire y que pueden ser de origen orgánico e inorgánico, dentro de los cuales se pueden encontrar nitratos, sulfatos, carbón, cenizas metálicas, partículas de agua y polvo mineral.
- **Material particulado menor o igual a 2,5µ/m3 (PM2,5):** “Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros nominales.”
- **Material particulado menor o igual a 10µ/m3 (PM10):** Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales. El PM10 representa la masa de las partículas que entran en el sistema respiratorio, y además incluye tanto las partículas gruesas de un tamaño comprendido entre 2,5 y 10µm como las finas de menos de 2,5 µm.

Las primeras se forman básicamente por medio de procesos mecánicos, como obras de construcción, resuspensión del polvo en vías y el viento, mientras que las segundas proceden sobre todo de fuentes de combustión. En la mayor parte de los entornos urbanos están presentes ambos tipos de partículas, gruesas y finas, pero la proporción correspondiente a cada uno de los dos tipos de tamaños es probable que varíe de manera sustancial entre ciudades en todo el mundo, en función de la geografía, la meteorología y las fuentes específicas de material particulado de cada lugar (Guías de calidad del aire de la OMS, relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre; actualización mundial, 2005).

3.4 Condiciones de referencia

De acuerdo al Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) “*aunque se implemente y*

se opere a satisfacción un SVCA, pueden generarse datos incorrectos. Antes que dicha información sea enviada a la autoridad ambiental nacional, es necesario establecer también un sistema de almacenamiento, revisión y validación de datos adecuado, que permita su depuración y su correcta validación". Así mismo, este documento menciona que "se deben utilizar técnicas adecuadas de análisis de datos, de acuerdo con el tipo de datos manejados y los requerimientos del usuario. Previo al cálculo de promedios en el tiempo y comparación de las mediciones con las normas de calidad de aire expedidas por la autoridad ambiental competente, los datos ya validados y corregidos, deben convertirse a valores a condiciones de referencia (298,15 K y 101,325 KPa) y presentarse en las unidades adecuadas.

Las ecuaciones y factores para realizar estas conversiones se definieron claramente dentro de la norma y son mencionados en el Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire, lo cuales se utilizaron para analizar los datos de este sistema de vigilancia. Los datos obtenidos a condiciones locales ((Ci)_j) son expresados bajo condiciones de referencia (25 °C y 760 mmHg), empleando la siguiente expresión:

$$(C_i)_{st} = \frac{(P)_{st} \cdot PM_i \cdot R \cdot (T)_j}{R \cdot (T)_{st} \cdot (P)_j \cdot PM_i} \cdot (C_i)_j$$

Dónde:

(Ci)_j: Concentración del contaminante i en la región o ciudad j

(P)_j: Presión en la región o ciudad j, es decir la condición local de presión

(T)_j: Temperatura en la región o ciudad j, es decir la condición local de temperatura

PM_i: Peso molecular del contaminante medido

R: Constante de los gases ideales (8.314 m³.Pa/kmol.K ≈ 0.082 l.atm/mol.K)

4. INDICADORES DEL SISTEMA DEL SVCA

4.1. Porcentaje de capturas de datos

El porcentaje de captura de datos se establece con la cantidad máxima de datos que se pueden obtener en un periodo determinado y la cantidad de datos recolectados durante ese mismo periodo.

$$\%Cap - \text{datos} = \frac{d}{N} \cdot 100$$

Dónde:

%Cap. datos: Valor numérico que indica el desempeño del equipo, en relación con la cantidad de datos entregados a la central de información.

d: Número total de datos reportados por el equipo durante el periodo de tiempo definido.

N: Número de datos máximos posibles reportados en el periodo de tiempo definido.

Considerando que el porcentaje de datos válidos empleados en la realización de los correspondientes cálculos de promedios, comparaciones con la norma de calidad de aire y estimación del número de excedencias no sea inferior al 75%. De acuerdo con lo anterior, la cantidad máxima de datos que se pueden obtener en un periodo determinado para el presente año son:

Tabla 2. Cantidad máxima de datos que se pueden obtener en un periodo determinado para el presente año

MES	DIAS	HORAS	75% HORAS
ENERO	31	744	558
FEBRERO	28	672	504
MARZO	31	744	558
ABRIL	30	720	540
MAYO	31	744	558
JUNIO	30	720	540
JULIO	31	744	558
AGOSTO	31	744	558
SEPTIEMBRE	30	720	540
OCTUBRE	31	744	558
NOVIEMBRE	30	720	540
DICIEMBRE	31	744	558
AÑO	365	8760	6570

4.2. Normatividad vigente

El ministerio de ambiente y desarrollo sostenible en ejercicio de sus funciones legales y conferidas, teniendo en cuenta los numerales 79 y 80 consagrados en la constitución política de Colombia, el decreto - ley 2811 de 1974 en su artículo 8, y en atención a que la contaminación del aire es uno de los factores que deterioran el ambiente y que por ende tiene una repercusión sobre la salud humana, establece la **Resolución 2254 del 2017**, la norma de calidad del aire o niveles máximos permisibles de contaminantes de la calidad del aire (niveles de inmisión), bajo la cual opera el SVCA Cartagena, a fin de hacer las comparaciones de las mediciones que se realizan durante el mes y evaluar el estado del aire.

En la Tabla 3 se presentan los niveles máximos permisibles de contaminantes en condiciones de referencia.

Tabla 3. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, Resolución 2254 de 2017

Contaminante	Nivel máximo Permissible (μ/m^3)	Tiempo de Exposición
PM10	50	Anual
	75	24 horas
PM2.5	25	Anual
	37	24 horas
SO ₂	50	24 horas
	100	1 hora
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora
O ₃	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 hora

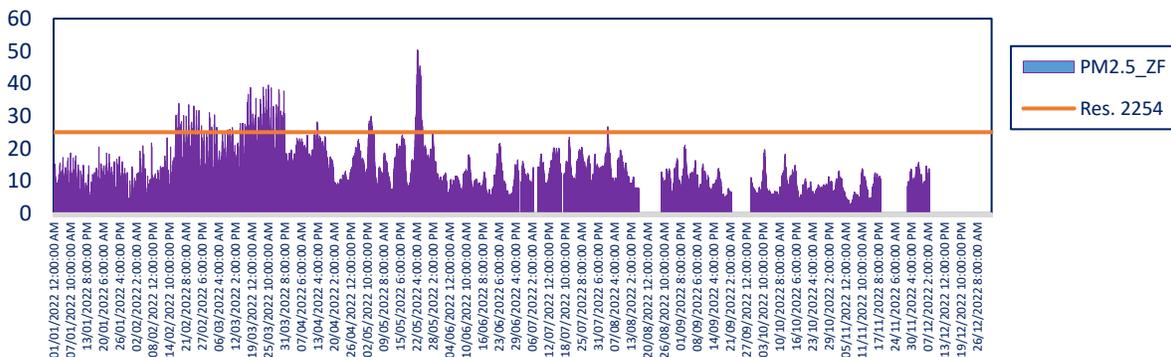
5. RESULTADOS DE LOS MONITOREOS DE LA CALIDAD DEL AIRE AÑO 2022

5.1. RESULTADOS POR ESTACIÓN

A continuación, se muestran los resultados de las concentraciones de contaminantes atmosféricos evaluados en el año 2022.

Estación Mamonal: La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el comportamiento de los promedios móviles anuales del contaminante PM_{2,5} en el año 2022. Se observa que las concentraciones se encuentran dentro del límite máximo permisible anual ($25 \mu g/m^3$) de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017 para la mayoría de los meses en el año, sin embargo, se presentaron excedencias en los meses de febrero y marzo, así mismo algunos picos en el mes de mayo. El valor promedio máximo durante el periodo monitoreado fue de $46.4 \mu g/m^3$.

PM 2.5 - ESTACIÓN ZONA FRANCA

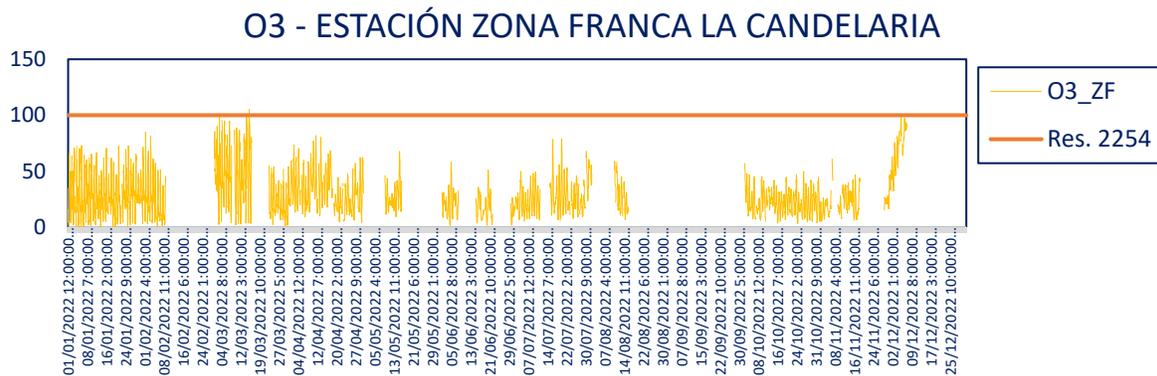


Gráfica 1. Evolución horaria de PM_{2.5} -Estación Zona franca

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ilustra el comportamiento de los promedios móviles para el conjunto de datos anuales del contaminante PM10 en el año 2022. Se evidencia que las concentraciones en su gran mayoría se encuentran por fuera del límite máximo permisible diario (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017. El valor máximo registrado durante el año fue de 168 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Gráfica 2. Evolución horaria de PM10 - Estación Zona franca



Gráfica 3 Evolución octohoraria O₃ en el año- estación Zona franca

La Gráfica 3 ilustra el comportamiento octohorario del contaminante O₃ durante el año 2022, se observa que los promedios de concentraciones en la estación Zona Franca se encuentran dentro del límite máximo permisible (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) según la Resolución 2254 de 2017. Los picos de concentración más altas se registraron a partir del mes de marzo.

Estación Cardique: La Gráfica 4 muestra el comportamiento de los promedios móviles anuales del contaminante PM10 del año 2022. Se observa que las concentraciones se encuentran por fuera del límite máximo permisible (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017.

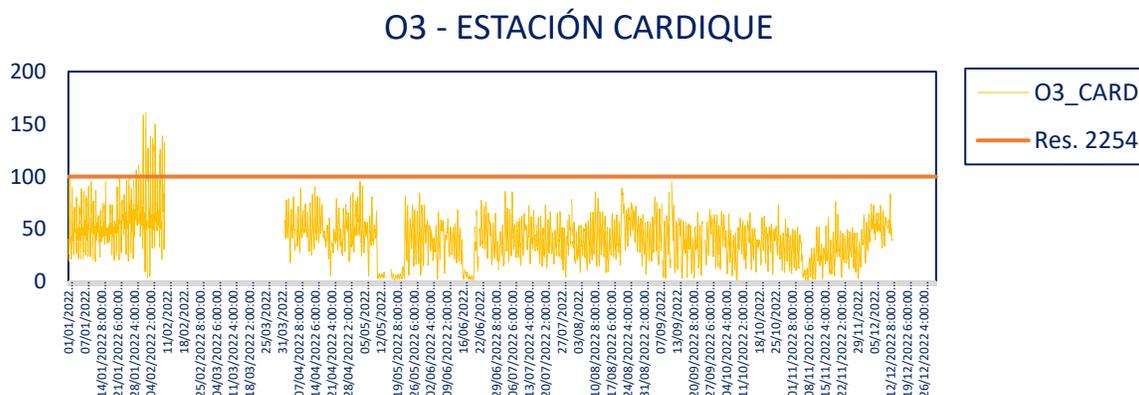
La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ilustra el comportamiento de los promedios móviles para el conjunto de datos anuales del contaminante PM2.5 durante el año 2022. Se evidencia que las concentraciones presentan varios picos sobre el límite máximo permisible diario (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) según la Resolución 2254 de 2017, es decir, se presentaron excedencias.



Gráfica 4. Evolución horaria de PM10- Estación Cardique



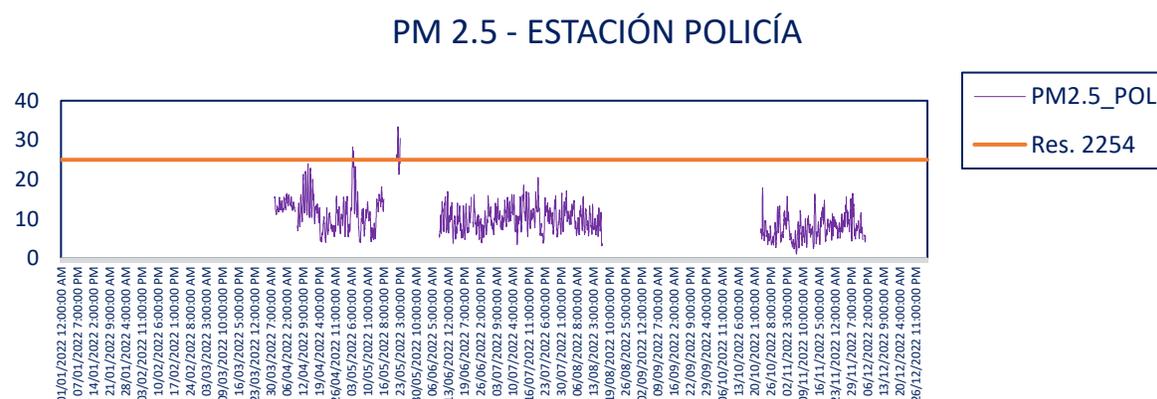
Gráfica 5 Evolución horaria de PM2.5- Estación Cardique



Gráfica 6 Evolución octohoraria O₃ en el año- estación Cardique

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ilustra el comportamiento octohorario del contaminante O₃ durante el año 2022, se observa que los promedios de concentraciones en la estación Zona Franca se encuentran dentro del límite máximo permisible (100 µg/m³) según la Resolución 2254 de 2017. Los picos de concentración más altas se registraron a partir del mes de marzo.

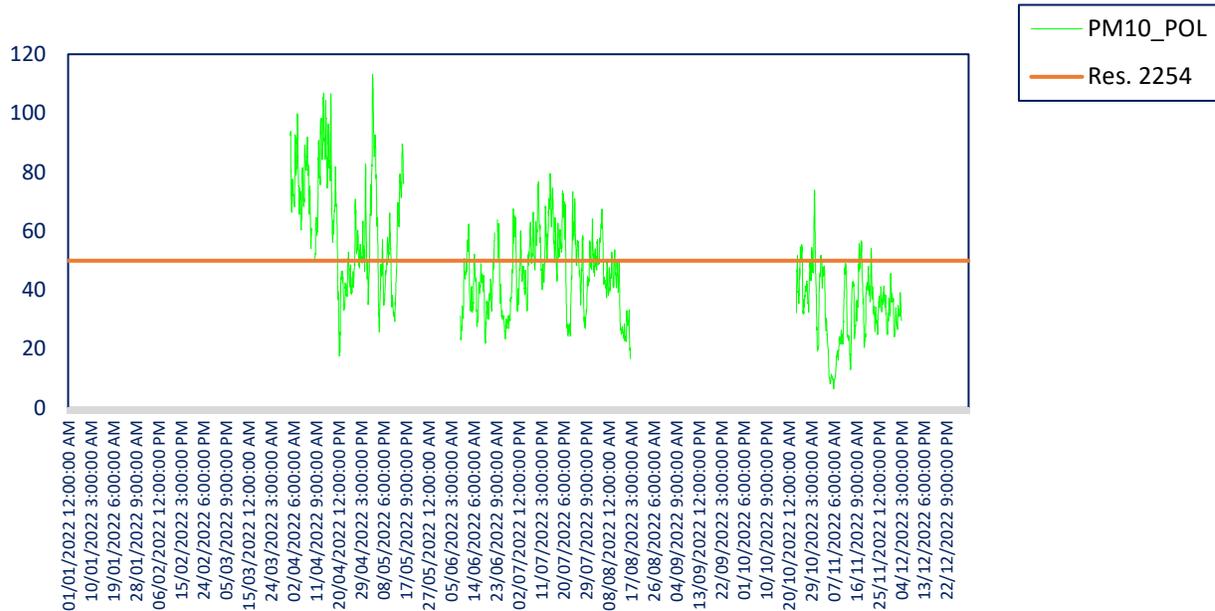
Estación Policía: La Gráfica 7**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ilustra el comportamiento de los promedios móviles para el conjunto de datos anuales del contaminante PM2.5 durante el año 2022. Se evidencia que las concentraciones se encuentran dentro del límite máximo permisible anual (25 µg/m³) según la Resolución 2254 de 2017, sin embargo, se presentaron excedencias durante el mes de mayo.



Gráfica 7. Evolución horaria de PM2.5- Estación Policía

La Gráfica 8**Gráfica 4** muestra el comportamiento de los promedios móviles anuales del contaminante PM10 del año 2022. Se observa que las concentraciones se encuentran por fuera del límite máximo permisible (50 µg/m³) de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017 en varias épocas del año.

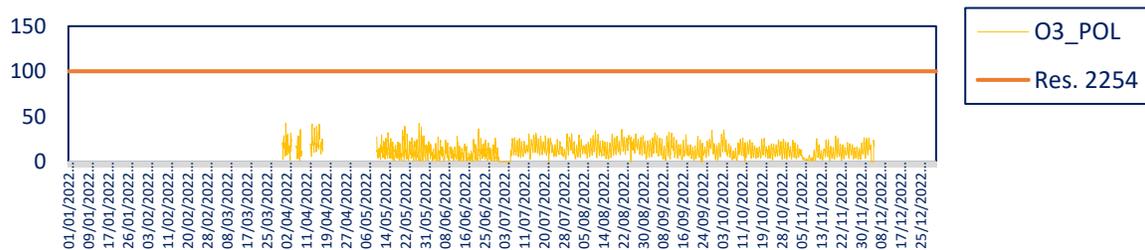
PM 10 - ESTACIÓN POLICÍA



Gráfica 8. Evolución horaria de PM10- Estación Policía

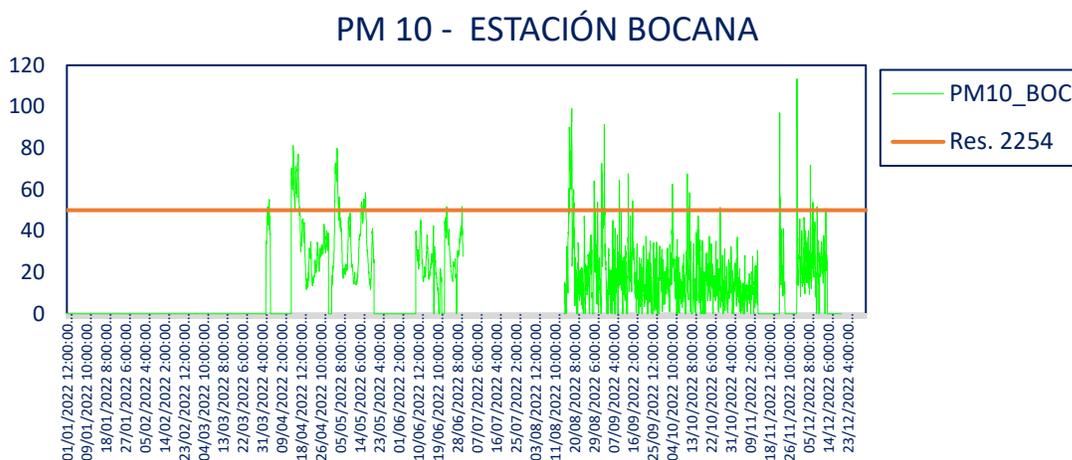
La Gráfica 9 ilustra el comportamiento octohorario del contaminante O_3 en el año 2022, se evidencia que los promedios de concentraciones en la estación Policía se encuentran dentro del límite máximo permisible ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) según la Resolución 2254 de 2017.

O3 - ESTACIÓN POLICÍA



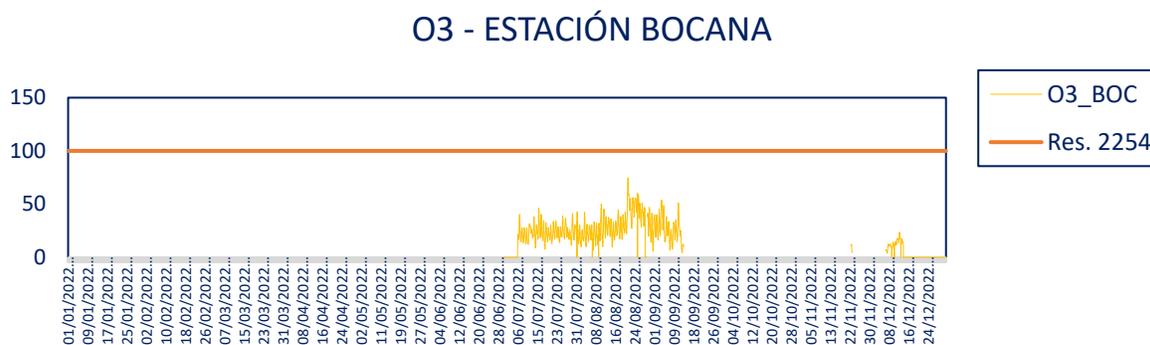
Gráfica 9. Evolución horaria de PM10- Estación Policía

Estación Bocana: La Gráfica 10 muestra el comportamiento de los promedios móviles anuales del contaminante PM10 del año 2022. Se observa que las concentraciones se encuentran por fuera del límite máximo permisible ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017 en varias épocas del año.



Gráfica 10. Evolución horaria de PM10- Estación Bocana

La Gráfica 11 ilustra el comportamiento octohorario del contaminante O₃ en el año 2022, se evidencia que los promedios de concentraciones en la estación Bocana se encuentran dentro del límite máximo permisible (100 µg/m³) según la Resolución 2254 de 2017.

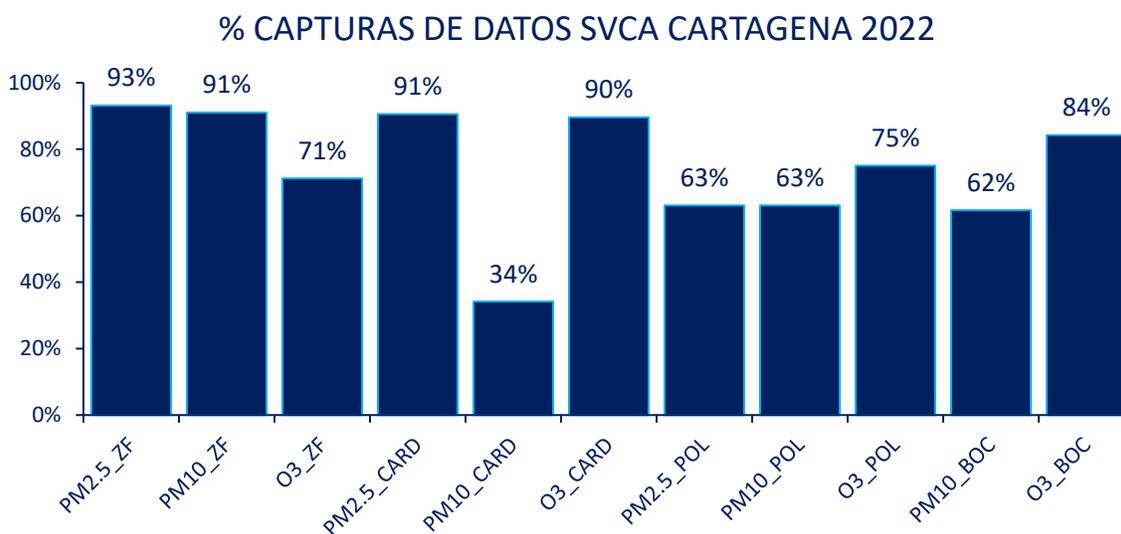


Gráfica 11. Evolución horaria de O3- Estación Bocana

5.2. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS

La Gráfica 12 muestra el porcentaje de captura de datos de cada una de las estaciones con los respectivos contaminantes monitoreados. El porcentaje de captura de datos de contaminantes para la estación Zona Franca mayor al 90% para los contaminantes PM 2.5 y PM10, mientras que para ozono fue de 71%. El porcentaje de captura para el contaminante O₃ en la estación Cardique fue de 91% y de PM10 y PM2.5, 34% y 91%, respectivamente. En la estación Policía la captura de datos fue la siguiente: 63%, 63% y

75%, para PM2.5, PM10 y O₃. En la estación Bocana la captura de datos fue de 62% y 84% para PM10 y O₃.



Gráfica 12. Porcentaje de captura de datos

5.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE – ICA – AÑO 2022

Según el artículo 18 de la Resolución 2254 de 2012, el ICA es un valor adimensional para reportar el estado de la calidad del aire en función de un código de colores al cual están asociados efectos generales que deben ser tenidos en cuenta para reducir la exposición a altas concentraciones por parte de la población. Dentro de un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire, el ICA es un indicador que permite evaluar y establecer el estado del aire, realizar comparaciones con periodos anteriores a fin de conocer que tanta mejora o deterioro hay en este y la relación existente con los efectos a la salud. También es una herramienta que permite a partir de las concentraciones dar una opinión pública entendible para las partes interesadas asociadas al sistema y tomar medidas de acción o planes de contingencia ante una posible eventualidad alarmante del estado de calidad del aire.

En la Tabla 4 se muestra la descripción de los efectos en la salud asociados a los diferentes rangos y colores establecidos de ICA.

Tabla 4 Efectos en la salud según ICA

Rango	Color	Estado de la calidad del aire	Efectos
0 – 50	Verde	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
51 – 100	Amarillo	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.
101 – 150	Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 1) Ozono Troposférico: las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire. 2) Material Particulado: las personas con enfermedad cardiaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.
151 – 200	Rojo	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.
201 – 300	Purpura	Muy dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.
301 - 500	Marrón	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

Los puntos de cortes establecidos por el ICA se muestran en la Tabla 5, estos se calculan de acuerdo con una ecuación para calcular este índice, la cual se describe más abajo.

Tabla 5. Punto de corte ICA

Índice de Calidad del Aire			Puntos de corte del ICA						
ICA	Color	Categoría	PM10 µg/m3 24 horas	PM2.5 µg/m3 24 horas	CO µg/m3 8 horas	SO2 µg/m3 1 hora	NO2 µg/m3 1 hora	O3 µg/m3 8 horas	O3 µg/m3 1 hora
0 – 50	Verde	Buena	0 - 54	0 - 12	0 - 5094	0 - 93	0 - 100	0 - 106
51 - 100	Amarillo	Aceptable	55 - 154	13 - 37	5095 - 10819	94 - 197	101 - 189	107 - 138
101 - 150	Naranja	Dañina a la salud de	155 - 254	38 - 55	10820 - 14254	198 - 486	190 - 677	139 - 167	245 - 323

Índice de Calidad del Aire			Puntos de corte del ICA						
ICA	Color	Categoría	PM10 µg/m3 24 horas	PM2.5 µg/m3 24 horas	CO µg/m3 8 horas	SO2 µg/m3 1 hora	NO2 µg/m3 1 hora	O3 µg/m3 8 horas	O3 µg/m3 1 hora
		grupos sensibles							
151 - 200	Rojo	Dañina para la salud	255 - 354	56 - 150	14255 - 17688	487 - 797	678 - 1221	168 - 207	324 - 401
201 - 300	Purpura	Muy dañina para la salud	355 - 424	151 - 250	17689 - 34862	798 - 1583	1222 - 2349	208 - 393	402 - 794
301 - 500	Marrón	Peligroso	425 - 604	251 - 500	34863 - 57703	1584 - 2629	2350 - 3853	394(2)	795 - 1185

Cálculo de ICA

Ecuación para el cálculo de ICA

$$ICA_p = \frac{I_{Alto} - I_{bajo}}{PC_{Alto} - PC_{bajo}} \times (C_p - PC_{bajo}) + I_{bajo}$$

ICA_p = Índice de Calidad del Aire para el contaminante p .

C_p = Concentración medida para el contaminante p .

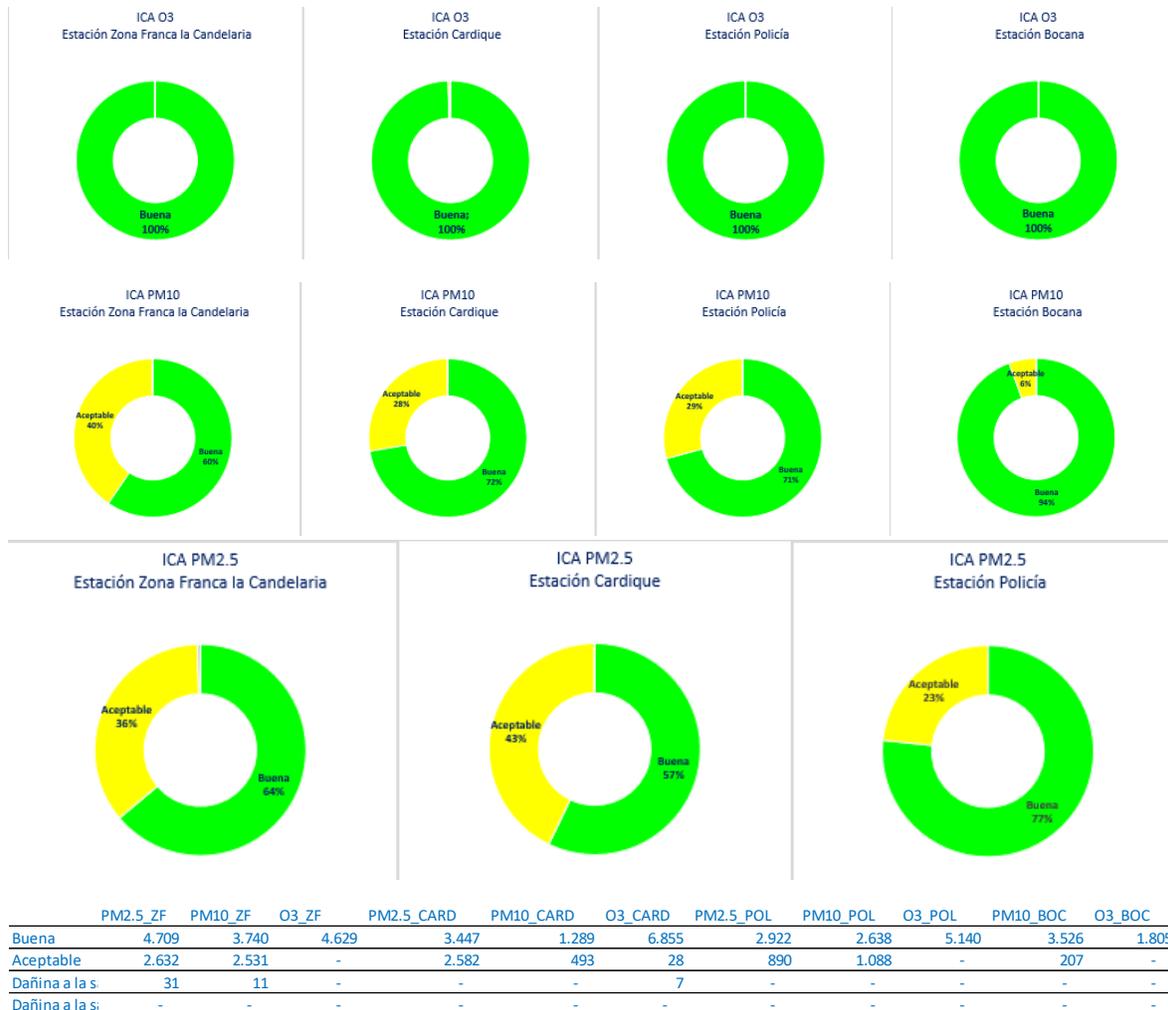
PC_{Alto} = Punto de corte mayor o igual a C_p

PC_{bajo} = Punto de corte mayor o igual a C_p

I_{Alto} = Valor ICA correspondiente al PC_{Alto}

I_{bajo} = Valor ICA correspondiente al PC_{bajo}

La Gráfica 13 muestra el porcentaje del Índice de Calidad del Aire (ICA) en las distintas estaciones. Se observa que la clasificación ICA de los datos de Ozono troposférico es "buena" en el 100% de los datos en las estaciones. Los datos de PM2.5 y PM10, se califican entre buena y aceptable en todas las estaciones.



Gráfica 13 Porcentaje Índice de calidad del aire de las estaciones

6. CONCLUSIONES

La mayor preocupación del informe presentado lo representan las altas concentraciones de PM10. En todas estaciones de calidad de aire, se han realizado mediciones de concentraciones de PM10 que sobrepasan los límites fijados por la Resolución 2257 de 2017, cuyo umbral se establece en 50 µg/m³. Es esencial destacar que, a lo largo de todo el período evaluado, las concentraciones más elevadas de PM10 se relacionan con zonas industriales y, por ende, representa una fuente destacada de estas partículas contaminantes. Así mismo, con vehículos de motor, como automóviles, camiones y autobuses, los cuales son una de las principales fuentes de PM10 en áreas urbanas. Las emisiones de escape, el desgaste de neumáticos y frenos, así como el polvo levantado por el tráfico, contribuyen a la liberación de partículas finas.

Resulta esencial enfatizar que el índice de calidad del aire exhibe fluctuaciones entre las clasificaciones de "bueno" y "aceptable". Esto implica que, a pesar de las concentraciones

significativas de PM10 y sus consecuencias en términos de salud pública no son significativos.