



2015

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE SANTIAGO DE CALI



DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE
GESTION DEL MEDIO AMBIENTE

Director: María del Mar Mozo Muriel.

Grupo Calidad del Aire:
Ing. Gisela Arizabaleta Moreno
Estad. Jefferson Valdés Basto
Ing. Edgar Feijoo
Ing. Aristides Benavides
Tec. Jairo Copete Ramos

DAGMA Av. 5ª No. 20N-08 Piso 7
Edif. Fuente Versailles, Cali - Valle
Tel: 667-5859

2015



Sistema de Vigilancia de Calidad
del Aire de Santiago de Cali

Grupo Calidad del Aire - DAGMA



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO	1
2. CALIDAD DEL AIRE	2
2.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES DURANTE EL AÑO 2015.....	2
2.2. COMPARACION DE CONTAMINANTES CON LA NORMATIVA AMBIENTAL NACIONAL	3
2.3. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL DIA DE LA SEMANA (GRAFICOS HORA-DIA SEMANA).....	6
2.4. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL MES.....	9
3. INDICE DE CALIDAD DE AIRE	12
3.1. CONTAMINANTES QUE COMPONEN EL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE.....	12
3.2. RANGOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE	12
3.3. EFECTOS A LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE	13
3.4. RESULTADOS DEL CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE.....	13
4. ANÁLISIS METEOROLOGICO	17
4.1. COMPORTAMIENTO DE LOS VIENTOS EN SUPERFICIE.....	17
4.1.1. ROSAS DE VIENTOS	17
4.2. PRECIPITACION.....	18
4.2.1. Distribución de la precipitación horaria durante el año.....	18
4.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL	20
4.4. RADIACION SOLAR.....	21
4.5. HUMEDAD RELATIVA	22
5. COMPARACIÓN DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO SEGÚN EL PUNTO DE MONITOREO. AÑOS 2013 a 2015.....	22
5.1. PROMEDIOS ANUALES	22

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Ubicación espacial de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Cali	1
Gráfico 2. Comportamiento del PM ₁₀ – Promedio 24 horas.	3
Gráfico 3. Comportamiento del PM _{2.5} – Promedio 24 horas.....	4
Gráfico 4. Comportamiento del Ozono Troposférico en las zonas noreste y sur de la ciudad. Estaciones Base Aérea y Univalle.....	4
Gráfico 5. Comportamiento del Dióxido de Nitrógeno en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)	5
Gráfico 6. Comportamiento del Dióxido de Nitrógeno en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)	5
Gráfico 7. Diagrama de cajas y alambres según la hora del día del comportamiento del Material Particulado PM ₁₀	7
Gráfico 8. Diagrama de cajas y alambres según la hora del día del comportamiento del Material Particulado PM _{2.5}	8
Gráfico 9. Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Nitrógeno NO ₂ según el día de la semana. Datos horarios	8
Gráfico 10. Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Azufre SO ₂ según el día de la semana. Datos horarios	8
Gráfico 11. Diagrama de cajas y alambres del Ozono Troposférico O ₃ según el día de la semana. Estaciones Pance,	9
Gráfico 12. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Material Particulado PM ₁₀ según el mes del año.	10
Gráfico 13. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Material Particulado PM _{2.5} según el mes del año.	10
Gráfico 14. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Dióxido de Nitrógeno NO ₂ según el mes del año	11
Gráfico 15. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Dióxido de Azufre SO ₂ según el mes del año	11
Gráfico 16. Diagrama de cajas y alambres del Ozono Troposférico O ₃ según el mes del año. Datos horarios	12
Gráfico 17. Mapa con los Resultados del Índice de Calidad del Aire según la estación.....	14
Gráfico 18. Comportamiento máximo mensual de los valores máximos diarios del índice de calidad del aire	14
Gráfico 19. Diagrama de Cajas del Índice de Calidad del Aire	15
Gráfico 20. Rosas de los Vientos Anual.	17
Gráfico 21. Distribución de Frecuencias de Velocidad de Vientos. Año 2015	18
Gráfico 22. Comportamiento de la Precipitación Horaria. Estaciones ERA-Obrero, La Flora y Pance.....	18
Gráfico 23. Días con lluvias durante el año 2015	19
Gráfico 24. Días con lluvias durante los años 2014 – 2015.....	19
Gráfico 25. Comportamiento mensual de precipitación. Máximos Mensuales.....	20
Gráfico 26. Comportamiento mensual de Temperatura. Máximos, Mínimos y Promedios Mensuales. (Estación Compartir).	20
Gráfico 27. Comportamiento horario de la Temperatura en el Norte de la ciudad durante el año 2015 (estación Compartir).	21
Gráfico 28. Comportamiento horario de la Radiación Solar en el Norte de la ciudad durante el año 2015 (estación Compartir).	21
Gráfico 29. Comportamiento horario de la Humedad Relativa en el Norte de la ciudad durante el año 2015 (estación Compartir).	22

Gráfico 30. Comportamiento Promedio Anual del Material Particulado PM₁₀ según la estación de monitoreo.....22

Gráfico 31. Comportamiento Promedio Anual del Material Particulado PM_{2.5} según la estación de monitoreo.....23

Gráfico 32. Comportamiento Promedio Anual del Dióxido de Azufre SO₂ según la estación de monitoreo.....23

Gráfico 33. Comportamiento Promedio Anual del Dióxido de Nitrógeno NO₂ según la estación de monitoreo.....24

Lista de Tablas

Tabla 1. Porcentaje de datos validos por estación durante el año 2015.....	2
Tabla 2. Excedencias de Ozono troposférico según la estación de monitoreo.....	6
Tabla 3. Clasificación del Índice de Calidad del Aire de la EPA	13
Tabla 4. Categoría de Calidad para el Índice de Calidad del Aire y sus Efectos en la Salud	13
Tabla 5. Comportamiento del ICA Diario – Anual 2015	16
Tabla 6. Porcentaje de llluvias durante el año 2015 clasificados según el mes durante el año 2015	19

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire de Cali – SVCASC opera bajo la coordinación y administración del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente –DAGMA. Actualmente el SVCASC cuenta con nueve estaciones automáticas, de las cuales se reportaron información en 9 sitios alrededor de la ciudad: Estación ERA-Obrero (Centro), La Flora (Norte), Pance (Background Rural), Univalle (Sur), Base Aérea (Noreste), Cañaveralito (Suroeste), Compartir (Oriente), La Ermita (Centro) y Transitoria (Oriente).

Los resultados de las variables contaminantes y meteorológicas del año 2015 son objeto de elaboración del siguiente informe técnico sobre el estado de la calidad del aire, así como el comportamiento de la meteorología en las zonas de influencia de las estaciones de monitoreo de calidad del aire.

1. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

La ubicación espacial de las estaciones se muestra a continuación en la gráfica 1.

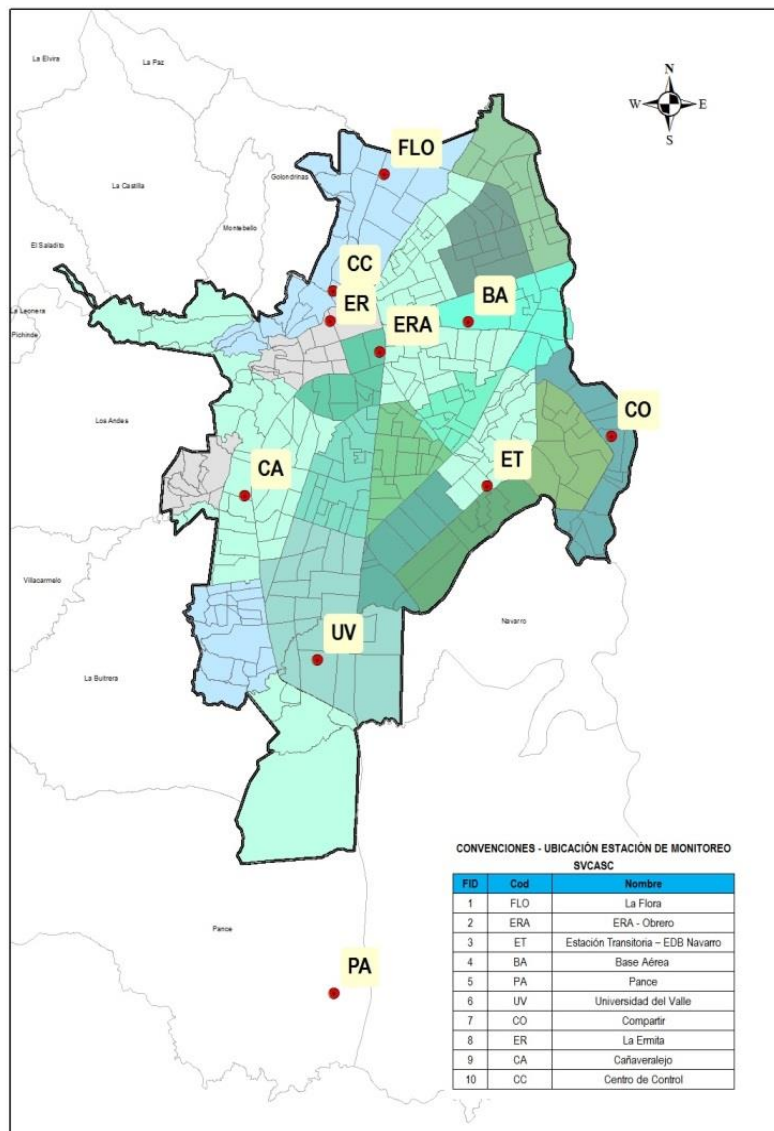


Gráfico 1. Ubicación espacial de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Cali

Nota: La estación BA (Base Aérea) se trasladó a las instalaciones del Acuaparque de la Caña.

2. CALIDAD DEL AIRE

2.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES DURANTE EL AÑO 2015

En términos muy generales se puede aseverar que el funcionamiento de las estaciones de monitoreo ha sido exitoso, en el cual se han logrado consolidar porcentajes de datos muy cercanos al 75% durante todo el año. A continuación se muestra la tabla 1, en la cual se hace un balance general del porcentaje de datos validos por estación durante el año 2015.

Porcentaje de Datos Validos Durante el Año 2015											
Estación	PM10 (ug/m3)	PM2,5 (ug/m3)	SO2 (ug/m3)	NO2 (ug/m3)	O3 (ug/m3)	Vel Viento (m/s)	Dir Viento (Grados)	Temperatura (C°)	Humedad (%)	Radiación Solar (Watt/M2)	Lluvia (mm)
La Flora	80,2%										89,5%
ERA-Obrero	59,7%										97,3%
Transitoria	39,3%	(*)									
Pance	90,2%				77,9%	96,2%	95,8%		96,2%		96,2%
Univalle	-	83,9%		79,5%	77,8%						
Compartir	48,1%	63,4%			59,5%	68,6%	68,6%	68,6%	68,6%	68,6%	68,6%
La Ermita	80,7%		64,7%								
Cañavalejo	99,2%		67,6%								
Base Aérea - Acuaparque	-	46,9%	22,1%		44,3%						

(*) Equipo Semiautomático que midió cada 5 días PM_{2.5}

Porcentajes superiores al 75%

Tabla 1. Porcentaje de datos validos por estación durante el año 2015.

(Nota: Valores de la tabla que no tienen un porcentaje es debido a que no existe el analizador en un determinado punto de monitoreo).

A continuación se hace un análisis por variable (analizador) para determinar el porcentaje de datos validos:

- **Material Particulado menor a 10 micras – PM₁₀:** Se encontró que cuatro (4) de los 7 analizadores incluidos en el informe superan el 75% de datos válidos. Los analizadores ubicados en las estaciones ERA-Obrero, Transitoria y Compartir comenzaron a operar en los meses de mayo, junio y julio de 2015 respectivamente.
- **Material Particulado menor a 2.5 micras – PM_{2.5}:** Se encontró que el analizador ubicado en Univalle superó el 75% de datos válidos.
- **Dióxido de Azufre SO₂:** Las mediciones de este contaminante en las estaciones Ermita y Cañavalejo están con porcentaje del 65% aproximadamente.
- **Dióxido de Nitrógeno NO₂:** Solo hay un analizador para este contaminante ubicado en la estación Univalle, el cual registro un porcentaje por encima del 75% de datos válidos.
- **Ozono Troposférico O₃:** Los analizadores de la estación Pance y Univalle presentaron un porcentaje de datos superior al 75%.
- **Meteorología:** En términos generales se puede decir que las estaciones La Flora, Pance y Compartir superan ampliamente el porcentaje de datos válidos por encima del 75% en las mediciones de Precipitación.

2.2. COMPARACION DE CONTAMINANTES CON LA NORMATIVA AMBIENTAL NACIONAL

A continuación se mostraran algunos resultados del comportamiento de los diferentes contaminantes en las estaciones de monitoreo que registraron información en el año 2015, además de la comparación de la normativa estipulada en la resolución 610 de marzo de 2010 del MADS en el tema calidad del aire.

- ✓ **Material Particulado PM_{10} :** La grafica 2 muestra como fue el comportamiento de las partículas menores a 10 micras durante el 2015 y la comparación con la norma nacional establecida

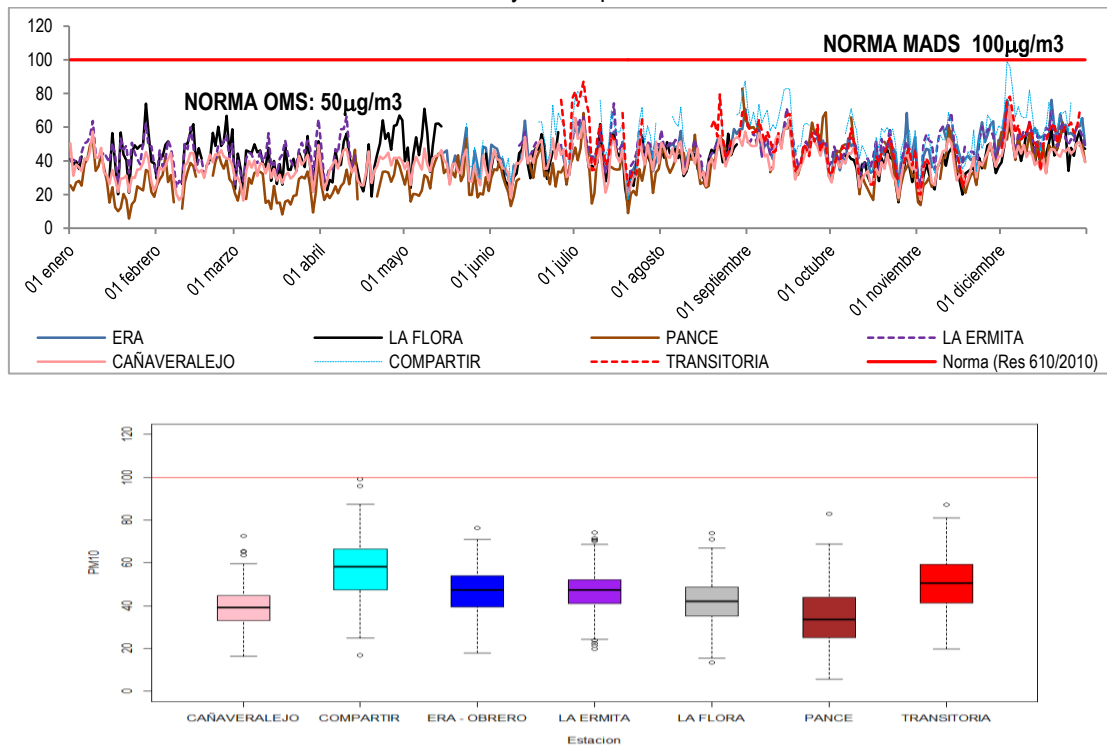
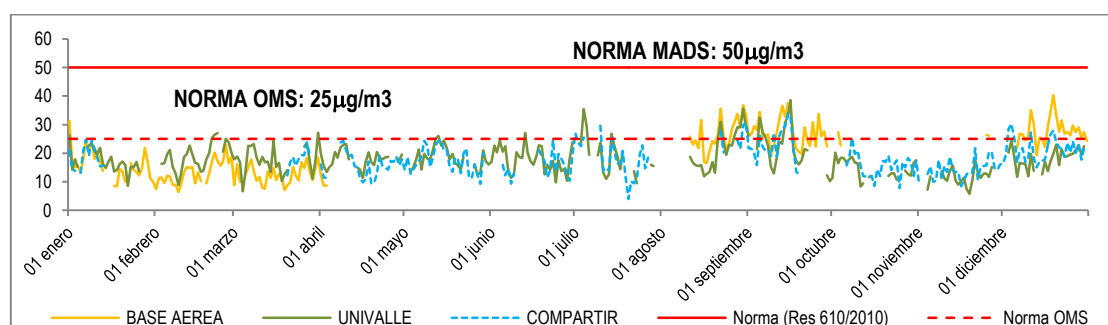


Gráfico 2. Comportamiento del PM_{10} – Promedio 24 horas.

PM_{10} promedio 24 horas: Para el caso del material particulado menor a 10 micras PM_{10} , se observó que en ninguna de las estaciones en donde se midió este contaminante durante el 2015 sobrepasó la norma diaria de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se puede apreciar que las estaciones Compartir y Transitoria registraron los valores más altos de este contaminante, en donde en la estación Compartir se registró un pico en el mes de diciembre muy cercano al límite máximo permisible.

- ✓ **Material Particulado $PM_{2.5}$:** La grafica 3 muestra como fue el comportamiento de las partículas menores a 2.5 micras durante el 2015 y la comparación con la norma nacional establecida



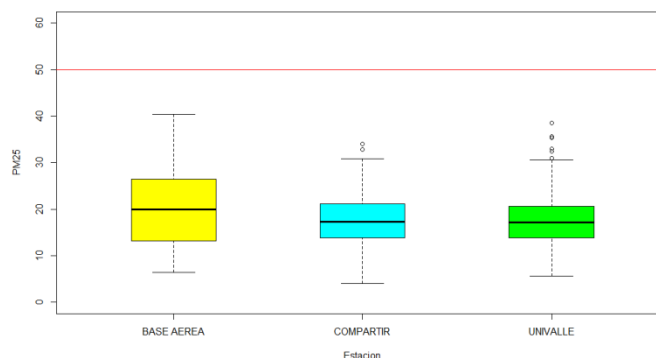


Gráfico 3. Comportamiento del $PM_{2.5}$. – Promedio 24 horas.

$PM_{2.5}$ - 24 horas: Para el caso del material particulado menor a 2.5 micras no se registró ninguna excedencia de la norma diaria de $50 \mu g/m^3$. Se puede ver un comportamiento ligeramente similar del $PM_{2.5}$ en las estaciones Univalle y Compartir. La estación Base Aérea registró los más altos en comparación con los otros punto de monitoreo. Al comparar con la norma OMS ($25 \mu g/m^3$) se encuentran algunas ligeras excedencias de este contaminante.

- ✓ **Ozono Troposférico O_3 :** La grafica 4 muestra como fue el comportamiento de este contaminante durante el 2015 y la comparación con la norma nacional establecida

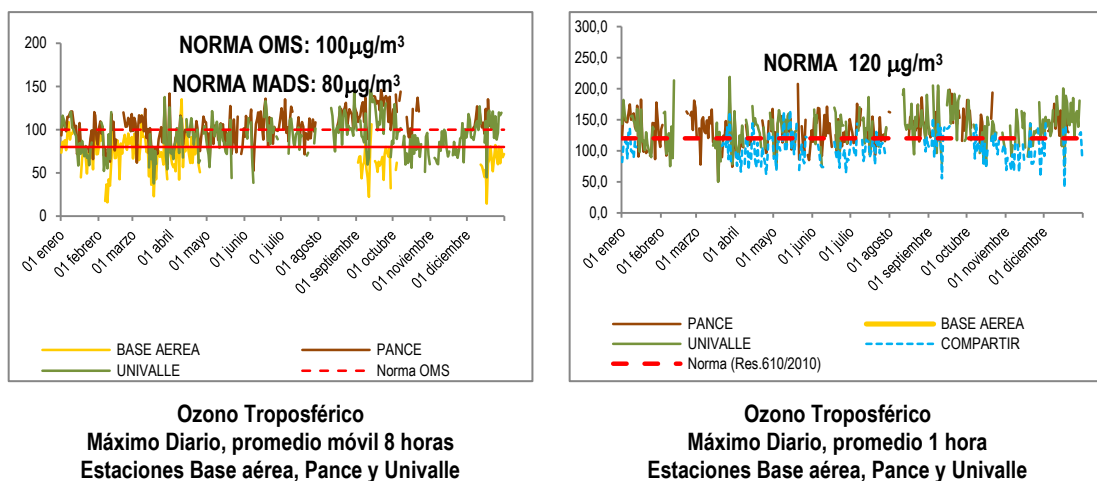


Gráfico 4. Comportamiento del Ozono Troposférico en las zonas noreste y sur de la ciudad. Estaciones Base Aérea y Univalle

O_3 promedio 8 horas: se observó que el Ozono sobrepaso la norma de $80 \mu g/m^3$ a lo largo del año en las estaciones Base Aérea, Pance y Univalle.

O_3 promedio 1 hora: se observó que el Ozono sobrepaso la norma de $120 \mu g/m^3$ a lo largo del año en las estaciones Base Aérea, Pance y Univalle.

- ✓ **Dióxido de Azufre SO_2 :** La grafica 5 muestra como fue el comportamiento de este gas contaminante durante el 2015 y la comparación con la norma nacional establecida

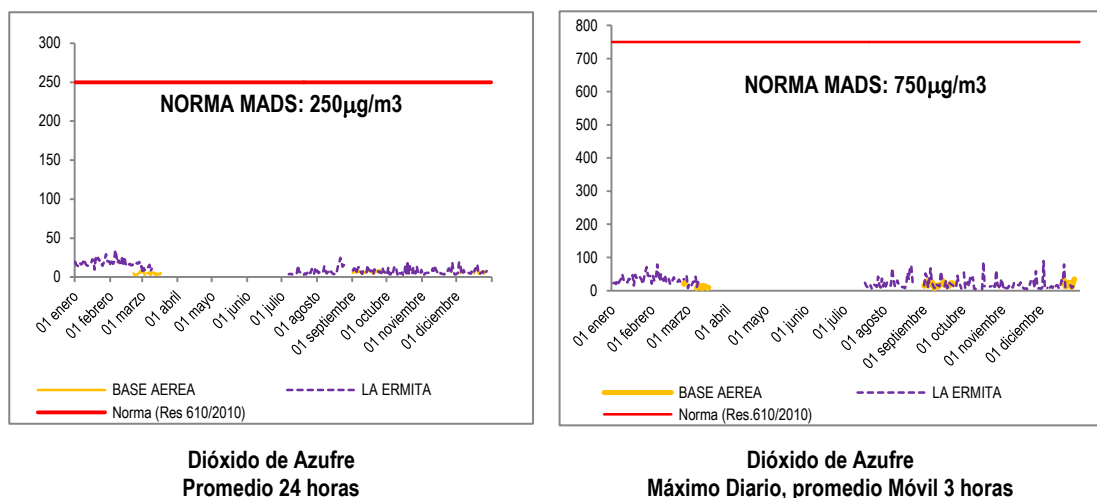


Gráfico 5. Comportamiento del Dióxido de Nitrógeno en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

SO_2 promedio 24 horas: se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma diaria de $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a lo largo del año en las dos zonas de monitoreo

SO_2 promedio 3 horas: se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma 3 horas de $750 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a lo largo del año en las dos zonas de monitoreo

- ✓ **Dióxido de Nitrógeno NO_2 :** La grafica 6 muestra como fue el comportamiento de este gas contaminante durante el 2015 y la comparación con la norma nacional establecida

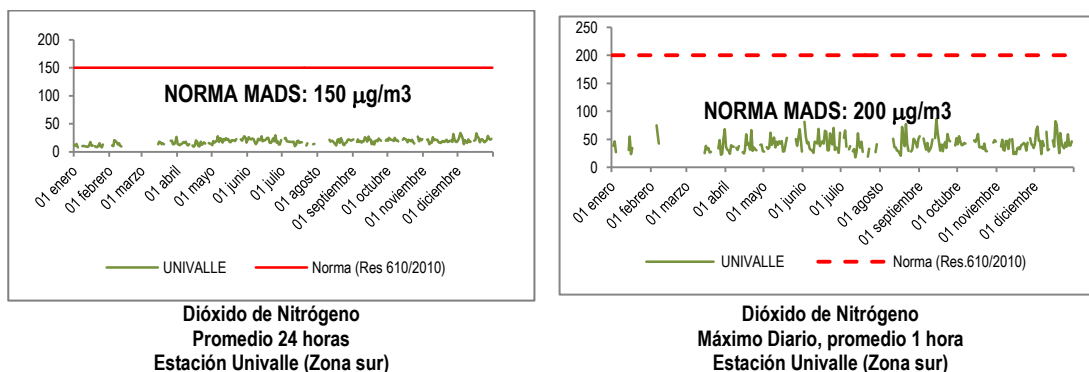


Gráfico 6. Comportamiento del Dióxido de Nitrógeno en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

NO_2 promedio 24 horas: se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma diaria de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a lo largo del año en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

NO_2 promedio 1 hora: se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma horaria de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a lo largo del año en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

✓ **ANÁLISIS DE EXCEDENCIAS A LA NORMATIVA**

Uno de los aspectos más relevantes a revisar en este informe es el tema de las excedencias a la norma por parte de los contaminantes criterio, en el cual según lo analizado anteriormente, no se registraron valores por encima de la norma en el Material Particulado PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, Dióxido de Azufre y Dióxido de Nitrógeno. Solo se registraron excedencias en lo correspondiente al Ozono Troposférico.

Excedencias de Ozono: como bien se mencionó en el párrafo anterior, solo el Ozono Troposférico mostro excedencias tanto horarias como octorarias. La tabla 2 muestra como han sido dichas

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2015

excedencias según la estación en donde se midió este contaminante. Cabe resaltar que en los tres puntos en donde se midió este contaminante se registraron excedencias.

Estación	Tipo Excedencia	Numero Excedencias	% Excedencias	Datos validos en el Año	% Datos Validos en el Año
Pance	O3 - 1H (Norma Nacional)	624	9,1%	6823	77,9%
	O3 - 8H (Norma Nacional)	1541	22,6%	6814	77,8%
	O3 - 8H (Norma OMS)	679	10,0%	6814	77,8%
Univalle	O3 - 1H (Norma Nacional)	539	7,9%	6817	77,8%
	O3 - 8H (Norma Nacional)	1053	15,6%	6759	77,2%
	O3 - 8H (Norma OMS)	362	5,4%	6759	77,2%

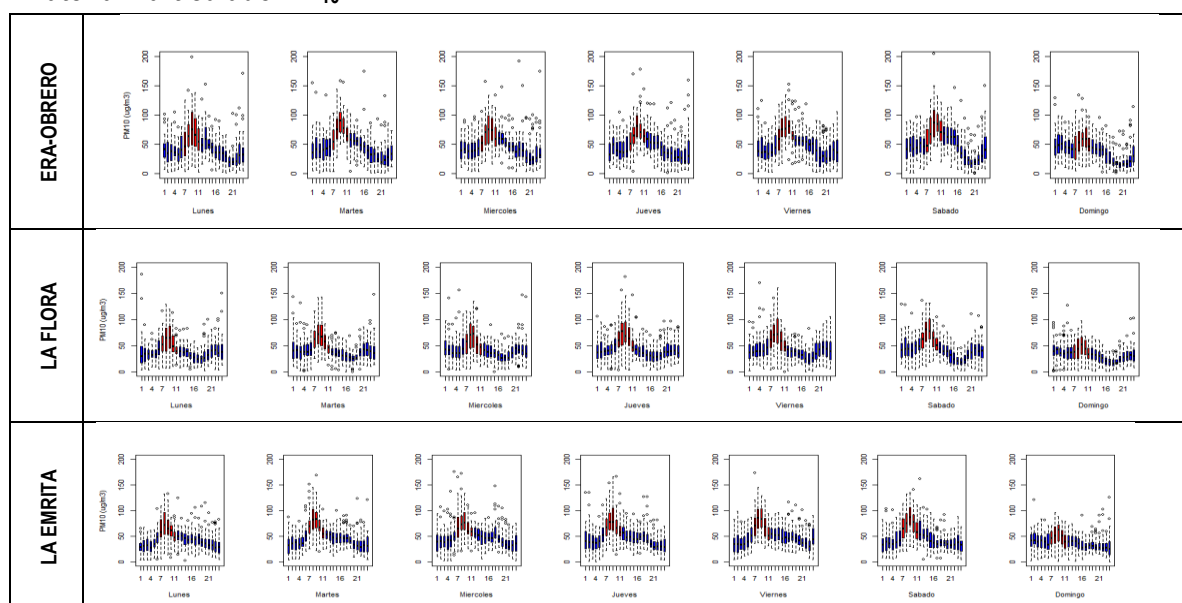
Tabla 2. Excedencias de Ozono troposférico según la estación de monitoreo.

La tabla anterior muestra que en la estación Univalle (Zona sur) es donde se registraron las menores excedencias de ozono tanto horarias como octorarias (7.9% y 15.6% respectivamente), mientras que la estación Pance (Background Rural o Punto Blanco) registró excedencias horarias y octorarias del 9.1% y 22.6%. En términos generales se puede concluir que los porcentajes de excedencias son bajos y estos valores se registraron entre las 10 am y las 5 pm, rango en donde se presentaron los mayores niveles de radiación solar durante el año 2015.

2.3. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL DIA DE LA SEMANA (GRAFICOS HORA-DIA SEMANA)

A continuación se hará un análisis más extendido del comportamiento de los contaminantes según la hora del día durante el año 2015.

Material Particulado PM₁₀



INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE **ENERO-DICIEMBRE DE 2015**

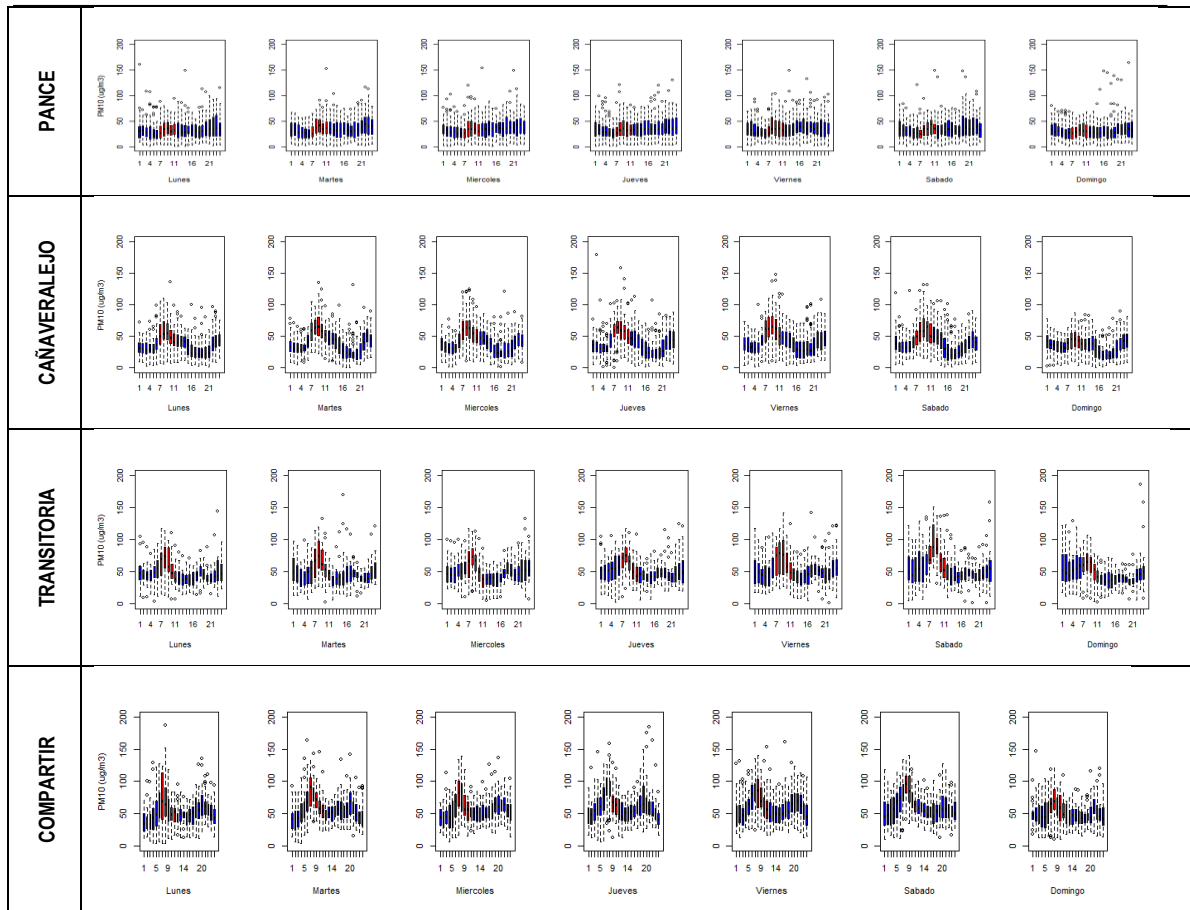
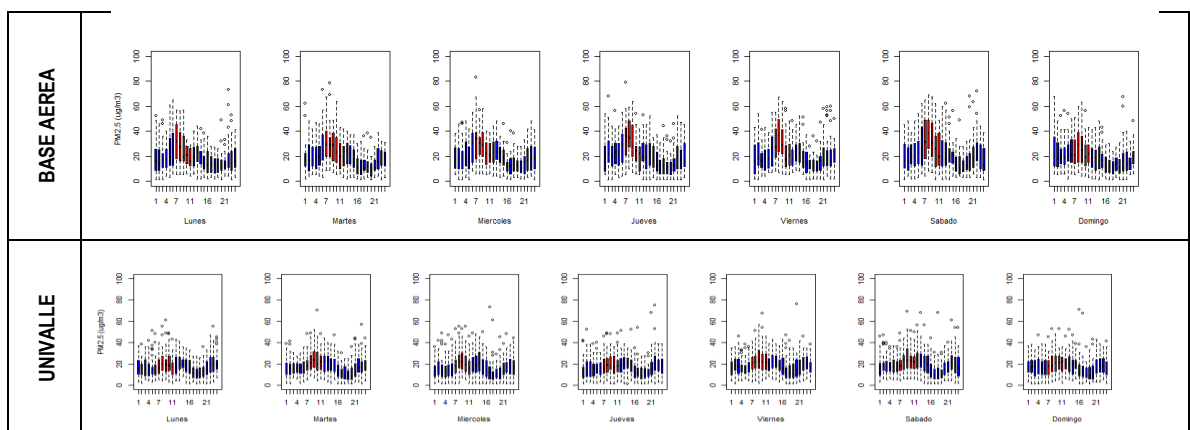


Gráfico 7. Diagrama de cajas y alambres según la hora del día del comportamiento del Material Particulado PM₁₀.

La grafica 7 muestra el comportamiento horario del PM₁₀ según la hora del día, en el cual se observa que en las estaciones ERA-Obrero, La Flora, La Ermita, Cañaveralejo, Transitoria y Compartir ocurre un aumento de los niveles de partículas en las horas pico las cuales son entre las 7 de la mañana y las 10 am en donde se llegan a tener los valores más altos. El comportamiento de este contaminante en los puntos mencionados anteriormente muestran que en general en el día Domingo se registraron los valores más altos. La estación background (Pance) muestra un comportamiento muy homogéneo durante los días de la semana y no hay un patrón claro de aumento durante las horas del día. Los valores más bajos de PM₁₀ se registraron en esta zona de la ciudad.

Material Particulado PM_{2.5}



INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2015

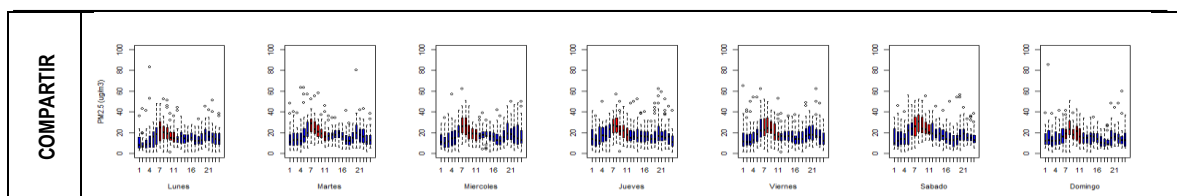


Gráfico 8. Diagrama de cajas y alambres según la hora del día del comportamiento del Material Particulado PM_{2.5}.

La grafica 8 muestra el comportamiento horario del PM_{2.5} según la hora del día, en el cual se observa que en las estaciones Base Aérea, Compartir y Univalle ocurre un aumento de los niveles de partículas en las horas pico las cuales son entre las 7 de la mañana y las 10 am en donde se llegan a tener valores máximos en las horas mencionadas anteriormente. La serie del PM_{2.5} en la estación base aérea muestra valores ligeramente más altos en comparación a los obtenidos en la estación Univalle. Los días viernes fueron donde se presentaron los mayores niveles de este contaminante, aunque hay que aclarar que estas diferencias no son tan claras gráficamente.

Dióxido de Nitrógeno NO₂:

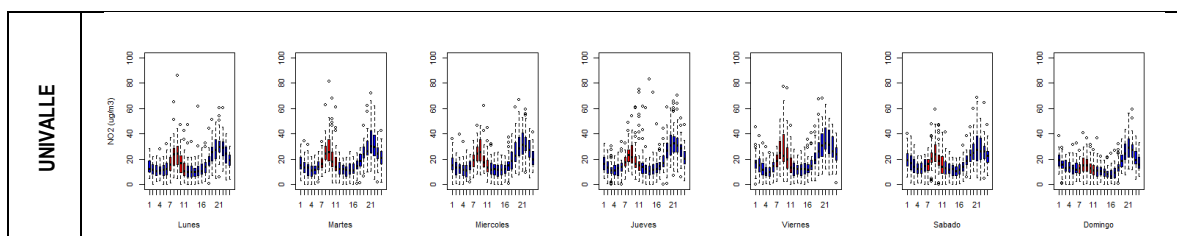


Gráfico 9. Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Nitrógeno NO₂ según el día de la semana. Datos horarios

El grafico 9mostró que para el 2015 el comportamiento del promedio horario del Dióxido de Nitrógeno en la Estación Univalle (zona Sur de la ciudad de Cali), se presenta aparentemente similar al comparar los días de la semana. El grafico anterior muestra el comportamiento horario del Dióxido de Nitrógeno según las horas del día, se observa un aumento en estos niveles de este contaminante entre las 8 de la mañana hasta las 11 de la mañana y también entre las 5 de la tarde hasta las 8 de la noche. Esto ocurre hipotéticamente debido al flujo vehicular que transita frecuentemente por esta zona de la ciudad de Santiago de Cali. Curiosamente los niveles más altos se registraron en horas de la noche, en donde estos empiezan a disminuir después de las 11 de la noche.

Dióxido de Azufre SO₂:

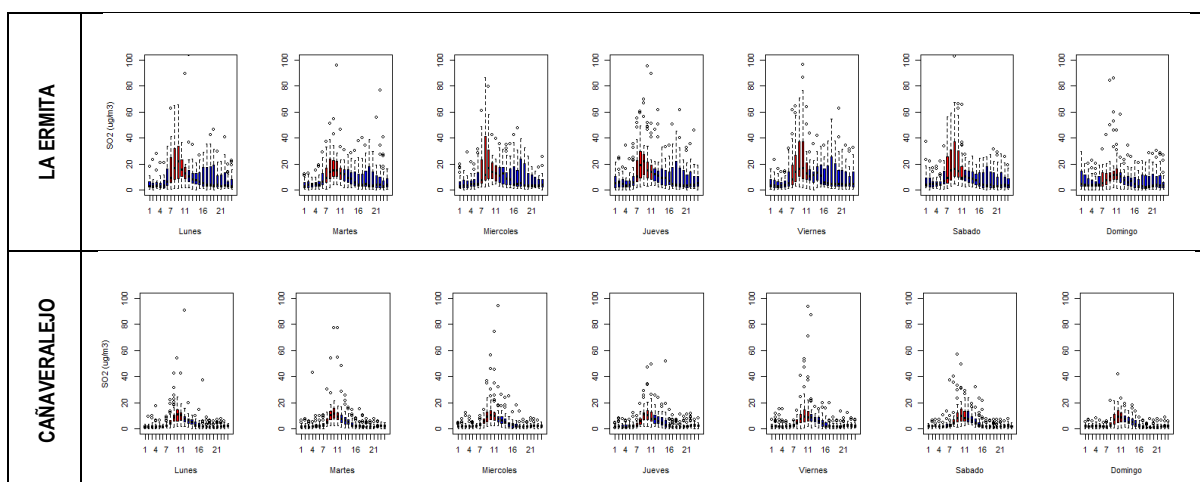


Gráfico 10. Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Azufre SO₂ según el día de la semana. Datos horarios

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2015

El gráfico 10 correspondiente al comportamiento promedio horario del Dióxido de Azufre en la Estaciones La Ermita y Cañaveralejo muestran un aumento en los niveles de este contaminante entre las 8 y las 11 de la mañana, esto quizás ligado muy seguramente al flujo vehicular que transita frecuentemente por esta zona de la ciudad de Santiago de Cali. Hay que mencionar que este contaminante está muy por debajo de lo establecido en la normativa nacional.

Ozono Troposférico O₃:

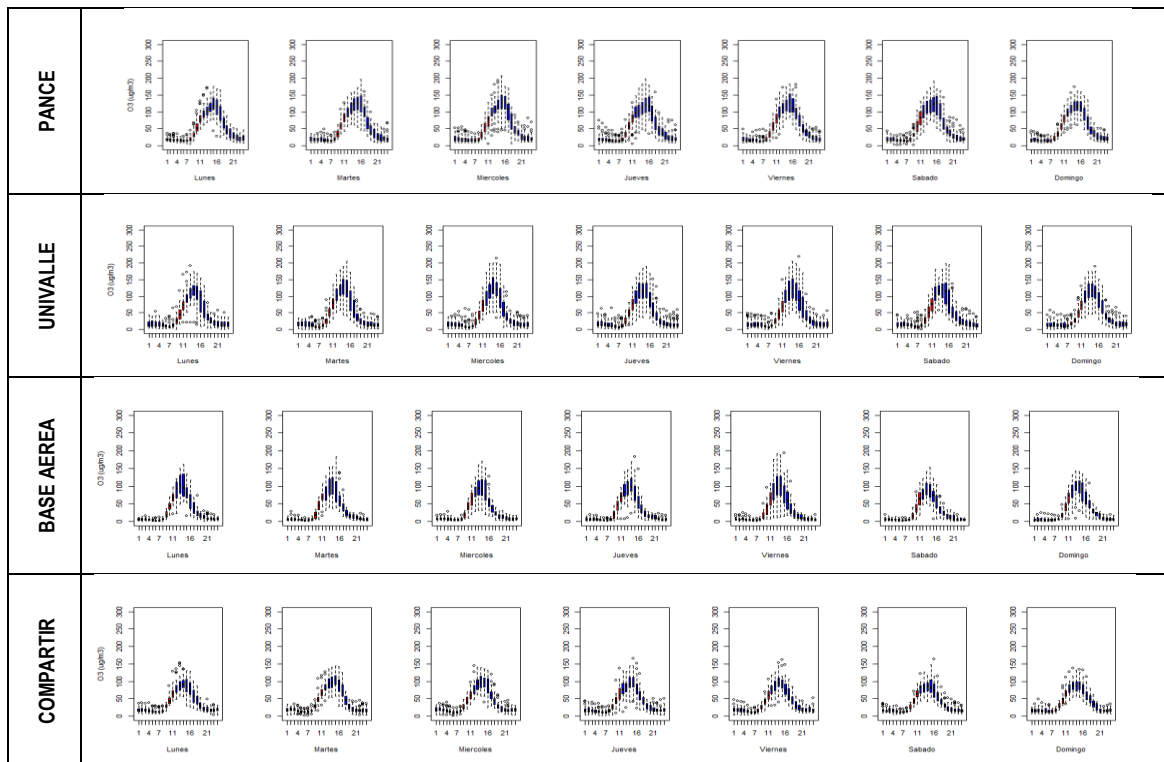


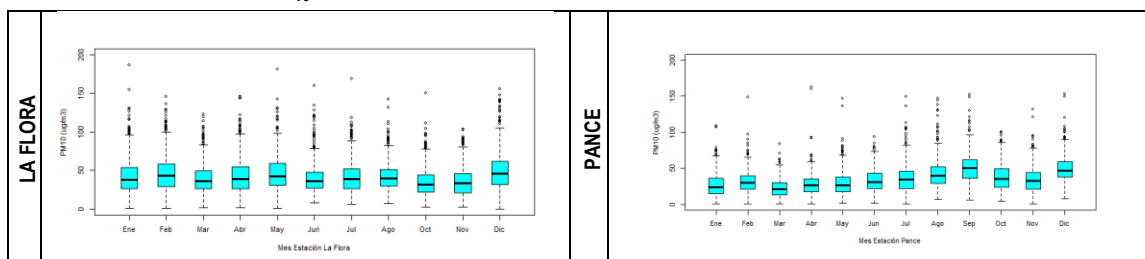
Gráfico 11. Diagrama de cajas y alambres del Ozono Troposférico O₃ según el día de la semana. Estaciones Pance,

El gráfico 11, muestra el comportamiento del promedio horario del Ozono en las estaciones Pance, Univalle y Base Aérea, aparentemente muy similar al comparar los días de la semana y claramente se puede observar el aumento que se presenta en las horas cercanas al medio día, en donde se registraron los niveles más altos de radiación solar.

2.4. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL MES.

A continuación se hará un análisis más extendido del comportamiento de los contaminantes según el mes del año.

Material Particulado PM₁₀



INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE **ENERO-DICIEMBRE DE 2015**

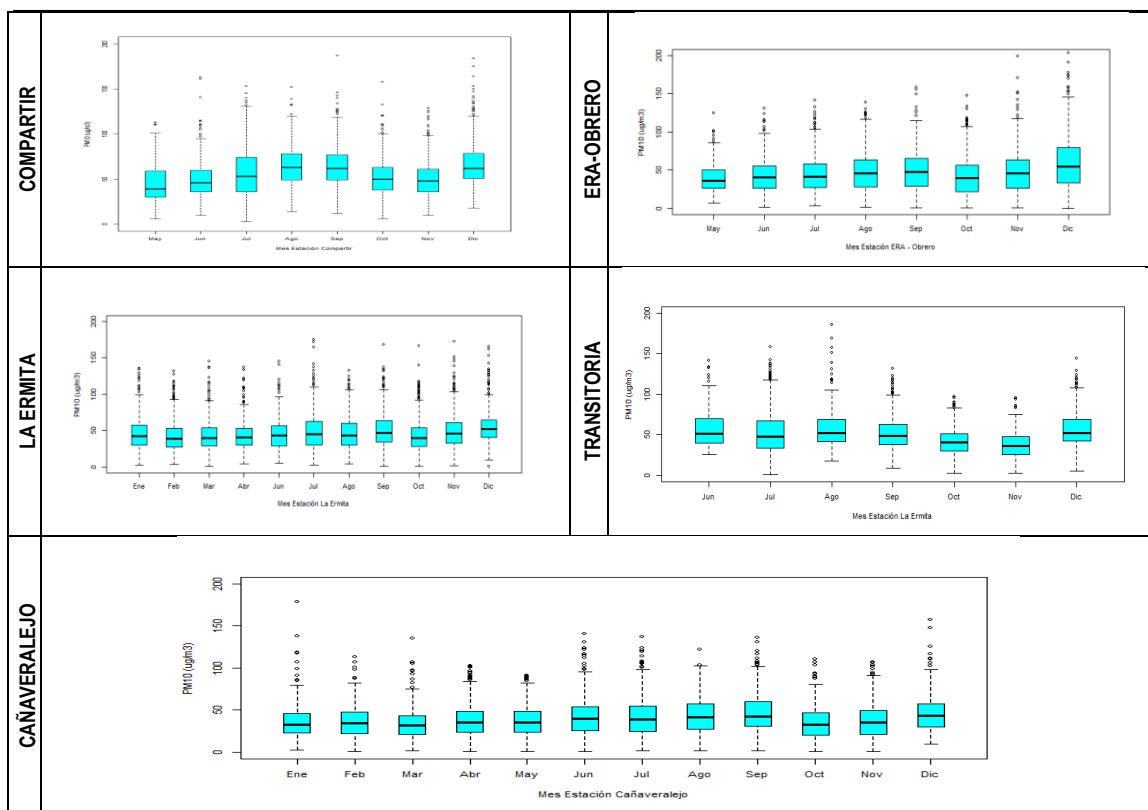


Gráfico 12. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Material Particulado PM₁₀según el mes del año.

Se observa gráficamente que en la estación La Flora el mes de diciembre fue el de los mayores niveles de PM₁₀. Gráficamente se evidencian bastantes datos atípicos, los cuales permiten dilucidar que la concentración más alta se registró durante el mes de enero con un valor cercano a los 200 ug/m³. En la estación Pance se encontró una tendencia creciente de PM₁₀ durante los meses de mayo hasta septiembre, luego se observa una leve disminución en el mes de octubre y finalmente durante el mes de diciembre se registraron los valores más altos. En términos generales se puede ver que en la mayoría de los puntos de monitoreo de PM₁₀, se registraron los valores más altos durante el mes de diciembre.

Material Particulado PM_{2.5}

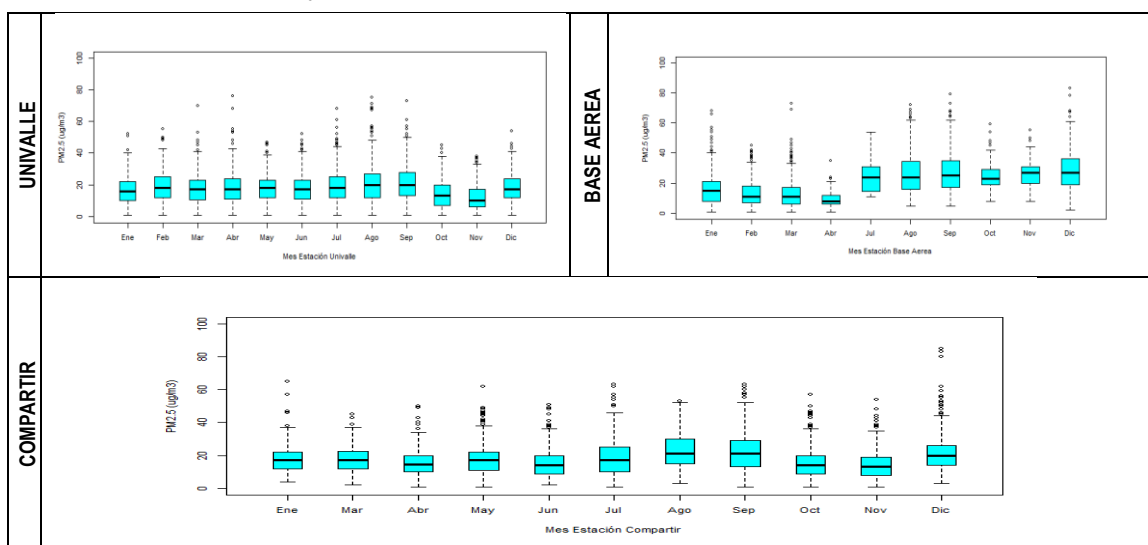


Gráfico 13. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Material Particulado PM_{2.5}según el mes del año.

Se observa gráficamente que en la estación Univalle hay una tendencia pareja de PM_{2.5} en casi todo el año, salvo octubre y noviembre en donde se disminuyeron los niveles de este contaminante. En la

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2015

estación Base Aérea, se observa un incremento durante el segundo semestre de 2015 siendo diciembre el de mayores concentraciones. En Compartir, los meses de julio a septiembre y diciembre fueron los de mayores concentraciones de este contaminante.

Dióxido de Nitrógeno NO₂

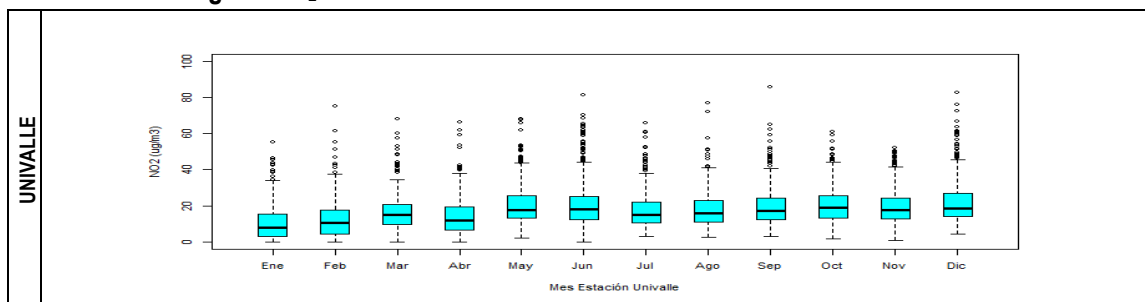


Gráfico 14. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Dióxido de Nitrógeno NO₂ según el mes del año

Gráficamente se puede evidenciar que el comportamiento del dióxido de nitrógeno más bajo en la zona sur (estación Univalle) se registró en el mes de enero. En el mes de diciembre se registraron los niveles más altos de este contaminante.

Dióxido de Azufre SO₂

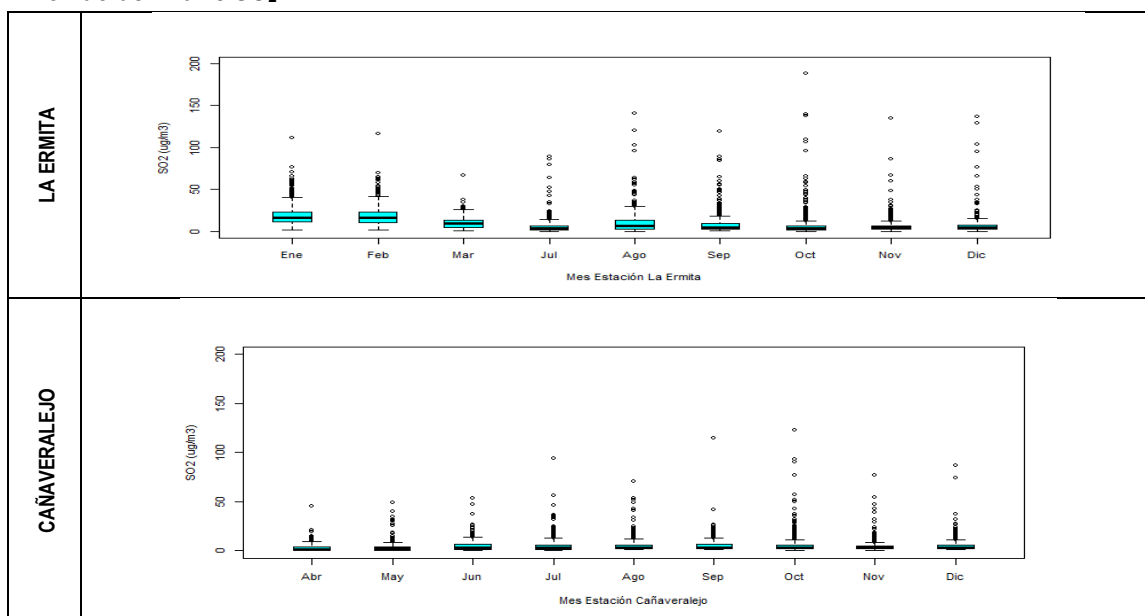


Gráfico 15. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Dióxido de Azufre SO₂ según el mes del año

Gráficamente se puede evidenciar valores atípicos en relación con el comportamiento común del resto de datos reflejado en los diagramas de cajas. Siguiendo lo anterior, se puede ver que en los últimos meses del año se registraron los valores más altos de concentración de este contaminante tanto en La Ermita, como el Cañavalejo.

Ozono Troposférico O₃

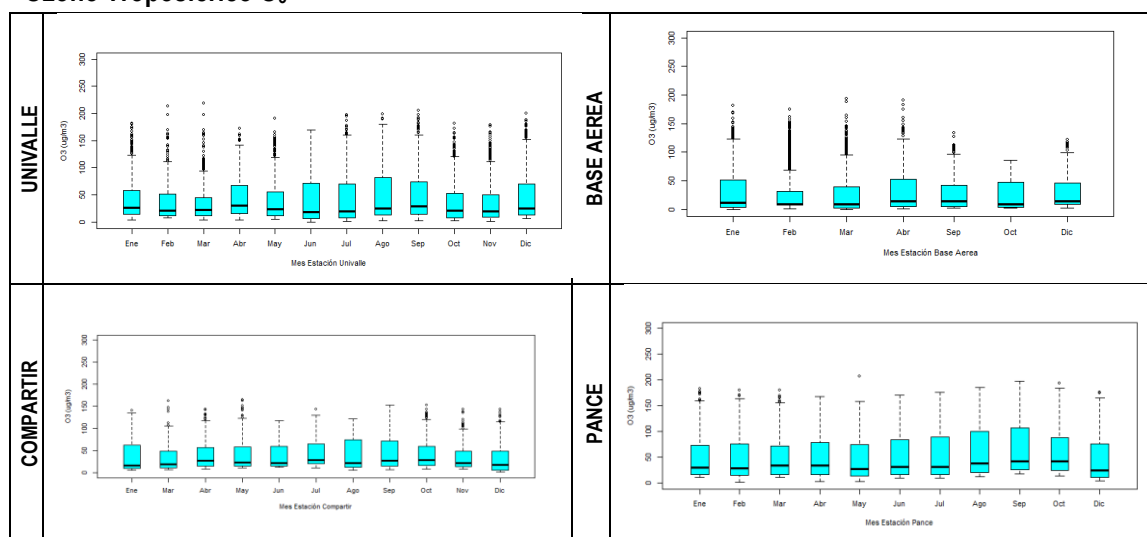


Gráfico 16. Diagrama de cajas y alambres del Ozono Troposférico O₃ según el mes del año. Datos horarios

El gráfico mensual del comportamiento del ozono muestra una cantidad de observaciones consideradas como atípicas debido a la naturaleza de comportamiento de este contaminante. Siguiendo lo mencionado anteriormente, se puede evidenciar que el valor más alto se registró durante el mes de marzo con una concentración cercana a los 250 ug/m³. Los valores registrados en las estaciones Pance y Compartir arrojaron comportamientos muy similares durante los meses del año 2015.

3. INDICE DE CALIDAD DE AIRE

El Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire de Santiago de Cali en el año 2015 calculó el índice de calidad de aire (ICA), tomando como referencia el establecido por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (U.S - EPA) y que actualmente es implementado en Colombia adaptándolo a la normativa nacional. Este índice representa una de las herramientas más sencillas para determinar el estado en el que se encuentra la calidad del aire de las zonas de influencias de las estaciones que actualmente reportan datos en la ciudad.

3.1. CONTAMINANTES QUE COMPONEN EL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE

Los contaminantes que se tendrán en cuenta en la elaboración del índice de calidad del aire son los conocidos como los contaminantes “criterio”, los cuales son los que generan Mayor impacto en la salud de las personas, estos contaminantes son: PM₁₀, PM_{2.5} y O₃.

3.2. RANGOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE

Basándose en el indicador de calidad de aire implementado por la U.S- EPA y adaptado a la ciudad de Cali, la siguiente tabla muestra los rangos en donde se encuentran cada uno de los parámetros de contaminación y la clasificación según lo planteado por la U.S- EPA.

**INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE
ENERO-DICIEMBRE DE 2015**

PM10 (µg/m3) 24 Horas	CO (ppm) 8 Horas	SO ₂ (ppm) 24 Horas	NO ₂ (ppm) 1Hora	O ₃ (ppm) 8 Horas	RANGO ICA	Categoría
0-54	0-4,4	0-34	(*)	0.0-0.059	0-50	Buena. 0-50
55-154	4.5-9,4	35-144	(*)	0.06-0.075	51-100	Moderada 51-100
155-254	9,5-12,4	145-224	(*)	0.076-0.095	101-150	Dañina a la salud para grupos sensibles 101-150
255-354	12,5-15,4	225-304	(*)	0.096-0.115	151-200	Dañina a la salud 151-200
355-424	15,5-30,4	305-604	650-1.240	0.116-0.374	201-300	Muy Dañina a la salud 201-300

Tabla 3. Clasificación del Índice de Calidad del Aire de la EPA¹

3.3. EFECTOS A LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

A continuación se listan los posibles efectos en la salud humana según el valor obtenido en el cálculo del Índice de Calidad del Aire.

Categoría	Efecto general
Buena 0-50	La calidad del aire se considera satisfactoria, y la contaminación atmosférica plantea poco o nada de riesgo
Moderada 51-100	La calidad del aire es aceptable. Sin embargo para algunos agentes contaminadores puede haber una preocupación moderada de la salud para un número muy pequeño de la población. Por ejemplo, las personas que son inusualmente sensibles al ozono pueden experimentar síntomas de afección respiratorias.
Dañina a la salud para grupos sensibles 101-150	Los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud. Esto significa que es muy probable que sean afectados por niveles más bajos de contaminación. Por ejemplo, la población con enfermedades del pulmón está en Mayor riesgo si se expone al ozono, mientras que las personas con enfermedades del pulmón o con enfermedades cardíacas están en Mayor riesgo cuando son expuestas a la contaminación de partículas. Este nivel de AQI no presenta afecciones para el público en general.
Dañina a la salud 151-200	Personas pueden comenzar a experimentar efectos en la salud. Los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos de salud más serios.
Muy Dañina a la salud 201-300	En este nivel se debe usar una alarma para prevenir efectos en salud de toda la población, pues todos pueden presentar problemas más serios.

Tabla 4. Categoría de Calidad para el Índice de Calidad del Aire y sus Efectos en la Salud

3.4. RESULTADOS DEL CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE

Un resultado muy importante es el obtenido en el Índice de Calidad del Aire, el cual muestra cómo se mencionó anteriormente como es la calidad del aire y los efectos en salud asociados. Las estaciones las cuales se tuvieron en cuenta para el cálculo del ICA fueron ERA-Obrero, La Flora, Univalle, Pance, Base Aérea, Compartir, Cañaveralejo, Transitoria y La Ermita.

¹Tomado del documento: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Pág. 134. MADS, Octubre de 2010.

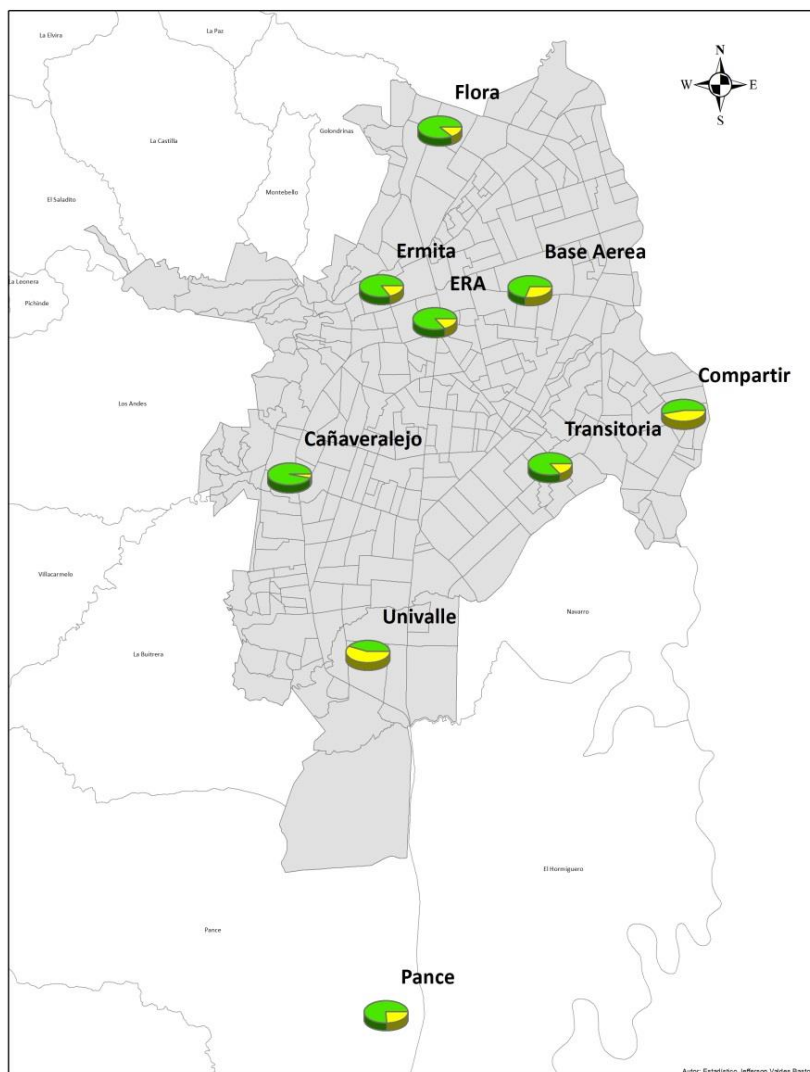


Gráfico 17. Mapa con los Resultados del Índice de Calidad del Aire según la estación

La grafica 17 muestra la distribución porcentual (Diagrama de Sectores) de los valores obtenidos de ICA Bueno e ICA Moderado, en el cual se puede ver que el mayor porcentaje de ICA-Moderado se registró en las estaciones Univalle (56.2%) y Compartir (46.6%). Las estaciones ERA – Obrero (4.1%), La Flora (13.2%) y Pance (9.4%) registraron los valores más bajos de ICA-Moderado.

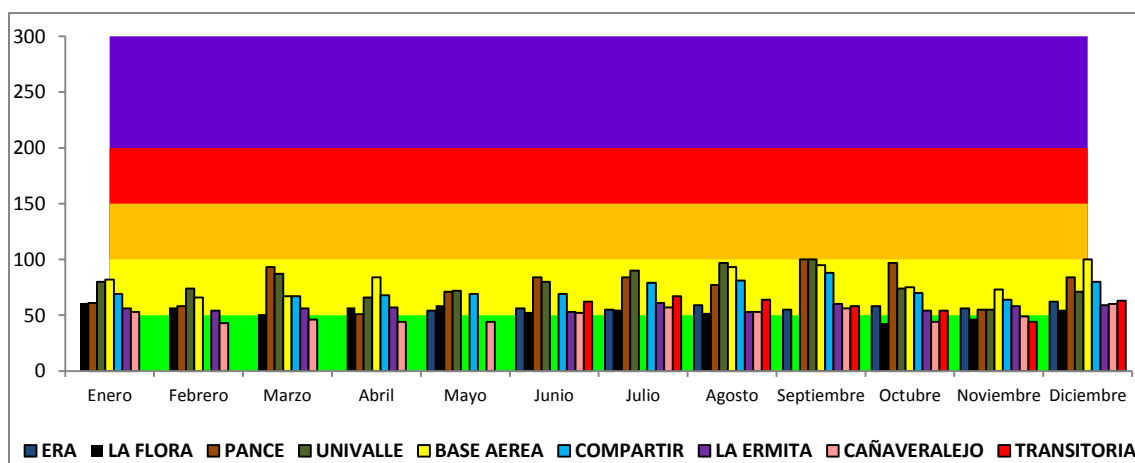


Gráfico 18. Comportamiento máximo mensual de los valores máximos diarios del índice de calidad del aire

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2015

El gráfico 18 muestra el comportamiento del máximo mensual de los valores máximos diarios de ICA obtenidos durante el año 2015 en el cual se puede apreciar que en la estaciones Base Aérea y Univalle registraron los valores más altos del ICA del año 2015. La estación ERA-Obrero registró los valores máximos mensuales más bajos. Se puede apreciar que los más altos valores máximos de ICA se registraron en agosto y septiembre de 2015.

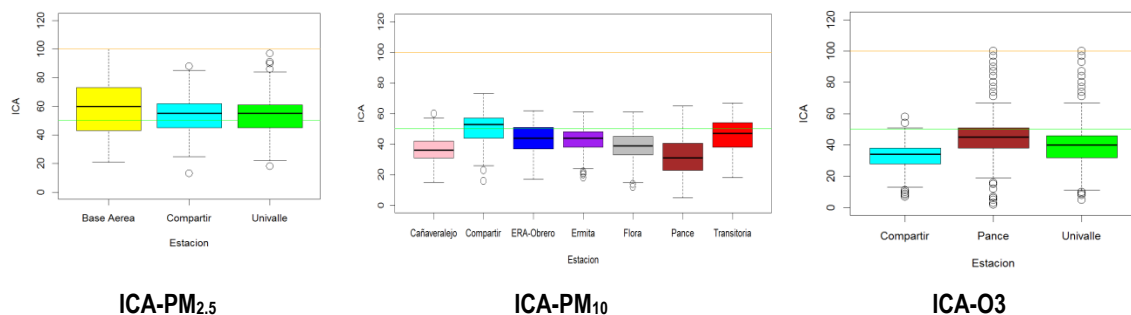


Gráfico 19.Diagrama de Cajas del Índice de Calidad del Aire

El gráfico 19 muestra el comportamiento del Índice de Calidad del Aire según el contaminante, en donde se puede evidenciar que el contaminante que más influye en el aumento de los valores de ICA, es el ICA-PM_{2.5}, en el cual los datos monitoreados por encima de 50 unidades de ICA fueron superiores al 50% (Cajas por encima de la línea verde). Salvo en algunos eventos extremos, el PM₁₀ y el O₃, en el cual los datos monitoreados por debajo de 50 unidades de ICA fueron superiores al 50%.

Matriz ICA Diario – Anual 2015

Mes	Estación	Día del Mes																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Enero	ERA - Obrero																																
	La Flora	38	35	37	33	39										27	52	35	19	52	41	37	19	42	46	44	45	46	61	52	37	36	
	Pance	41	48	49	46	43	50	50	58	61	61	48	45	46	32	34	47	36	37	34	33	35	33	34	32	40	44	29	58	51	39	36	
	Univalle	72	51	56	50	45		80	65	67	61	59	64	53	48	54	57	44	46	53	54	52	29	50	49	54	44	26		31	42		
	Base Aérea	82	55	49	52	43	57	69	62	68	56	62	54	45			5	28	29	47	44	33	22	53	46	44	40	48	64	54	36	33	
	Compartir	62	47	45	38	43	62	69	58	69	63	57	51	51																			
	La Ermita	38	38	37	36	42	47	48	51	56	41	40	40	42	39	36	47	40	22	50	43	46	30	47	41	38	35	47	55	45	45	35	
	Cañavalejo	47	29	35	33	31	38	37	42	53	39	39	44	31	29	24	32	27	20	27	27	29	20	28	28	32	32	36	42	38	25	21	
Transitoria																																	
Febrero	ERA - Obrero																																
	La Flora	27	39	39	46	48					24	46	47	52	55	36	44	38				37	52	45	54	45	47	57	40	53			
	Pance	45	48	42	46	31	34	29	30	41	28	54	44	48	34	39	28			7	40	58	48	46	46	50	47	43	54				
	Univalle	47	74	53	53	59	62	50	42	41	42	58	59	65	59	53	53	44	45	56	60	70	73	74		61	70	68	60				
	Base Aérea	36	44	38	41	40	39	29	29	21	29	43	50	48	50	31	43	34	19	37	42	54	60	55	51	54	66	53	57				
	Compartir																																
	La Ermita	29	43	34	38	48	44	35	22	26	25	46	44	54	46	32	38	37	30	35	36	37	38	46	46	48	52	39	46				
	Cañavalejo	24	33	32	34	38	41	27	19	15	18	34	36	41	41	33	31	32	28	35	41	36	41	40	43	39	38	38	35				
Transitoria																																	
Marzo	ERA - Obrero																																
	La Flora	21	41	32	19	43	42	41	46	42	43	36	34	44	26	37	24	35	24	45	32	32	38	32	42	38	34	51	34	20	37	48	
	Pance	43	50	47	28	43	51	47	51	49	43	64	40	44	32	45	35	34	19	34	34	31	39	42	45	37	39	77	36	26	35	93	
	Univalle	56	58	54	22	43	65	65	66	56	57	52	57	54	54	44	69	50	53	33	42	46	8				14	65	87	55	36	55	74
	Base Aérea	29	52	33	28	41	49	56	51	41	41	33	44	37	48	35	42	36	28	29	32	50	40	34	54	48	67	45	35	48	57		
	Compartir																			9	40	54	57	51	56	59	59	67	59	16		36	
	La Ermita	24	37	30	26	38	42	41	36	36	43	37	40	52	34	36	29	38	41	48	40	37	34	35	43	47	42	48	44	28	48	56	
	Cañavalejo	27	28	24	15	31	37	33	37	29	36	35	30	35	28	33	26	29	25	29	31	27	29	31	40	35	37	40	35	20	31	46	
Transitoria																																	
Abril	ERA - Obrero																																
	La Flora	35	27	21	27	25	43	34	35	48	52	40	34	39	32	24	20	28	46	17	34	40	47	56	49	52	43	54	55	57	56		
	Pance	37	32	32	34	40	40	40	41	51	48	36	41	44	43	28				6	41	41	48	45	39	33	41	45	51	48	47		
	Univalle	59	51	44	49	52	61	57	64	66	66	56	8	45	49	47	41	54	61	54	52	61	57	56	57	57	15	42	56	56	59		
	Base Aérea	40	28	28	27	22	44	39	19	49	84	25	37	33	49	36	31	27	41	27	36	31	37	41	26	22	34						
	Compartir	52	38	37	26	25	38	33	68	68	62	58	59	51	49	37	32	36	54	30	32	42	58	51	48	47	55	54	58	52	56		
	La Ermita	45	27	28	34	32	44	41	53	53	57	43	34	39	41																		
	Cañavalejo	32	21	26	32	35	37	33	39	43	44	36	31	34	27	24	23	30	42	25	32	34	39	38	39	42	35	39	39	39	37		
Transitoria																																	
Mayo	ERA - Obrero																42	43	24	33	40	33	35	44	54	27	27	43	34	28	45	44	29
	La Flora	37	44	22	40	51	40	51	59	52	31	45	55	55	54								37								50	45	
	Pance	36	42	26	44	46	36	46	43	47	39	40	47	44	47	35	43	38	39	43	71	32	39	49	37	33	51	39	30	32	35	45	
	Univalle	34	31	45	48	61	63	47	59	56	56	61	70	72	65	69	64	56	60	53	52	47	57				22	53	41	42	62	55	52
	Base Aérea																																
	Compartir	46	57	42	46	52	54	58	69	66	50	56	65	69	69	62	62	51	44	57	56	42	60	63	37	38	52	41	30	60	26		
	La Ermita																																
	Cañavalejo	33	36	24	34	39	36	32	44	35	31	38	40	40	43	37	35	24	35	36	31	30	39	43	26	26	35	28	24	40	32	26	
Transitoria																																	
Junio	ERA - Obrero	46	45	44	39	38	30	29	18	35	33	37	44	56	41	38	42	44								39	46	45	37	31	29	52	
	La Flora	45	48	50	45	44	39	39	38	35	35	41	43	49	35	35	41	44	43	52	46	35	39	44	45	53	48	48	50	50	48		
	Pance	41	51	46	47	48	64	35	23	36	47	49	58	44	61	46	39	64	84	48	35	50	38	44	37	46	44	44	43	45	50		
	Univalle	54	65	61	68	61	65	46	37	42	61	57	57	74	60	55	52	58	80	65	41	52	46	55	42	55	45	47	39	56	68		
	Base Aérea																																

**INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE
ENERO-DICIEMBRE DE 2015**

Mes	Estación	Día del Mes																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	Compartir																																
	La Ermita																																
	Cañaveralajo																																
	Transitoria																																
	Base Aérea																																
Julio	ERA - Obrero	54	52	55	55	47	41	39	37	44	52	36	28	31	48	53	40	40	48	28	17	31	32	36	51	52	37	46	43	31	37	42	
	La Flora	48	52	50	54	48	48	50	52	52	55	50	48	48	52	52	47	48	50	48	47	48	45	48	50	50	47	52	51	52	51	52	
	Pance	67	51	44	84	46	45	38	48	67	58	12	3	6	44	50	38	46	47	46	31	42	41	39	50	40	45	49	43	47	64	64	
	Univalle	28	77	66	90	79	59	32	49	58	67	43	36	42	73	65	58	47	62	12			36	45	32	80		45	52	51	12		
	Base Aérea																																
	Compartir	74	67	65	71	30	39	29			32	79	46	48	45	70	61	53	53	62	41	28	41	34	37	59	66	48	57	51	39	55	14
	La Ermita	57	54	57	57	49	45	38	41	40	53	41	31	38	55	61	45	44	47	32	20	34	37	41	53	48	39	47	46	40	48	45	
Agosto	Cañaveralajo	57	49	50	56	42	34	33	32	37	44	30	19	26	49	49	40	36	44	31	18	24	29	28	52	42	35	46	39	32	48	36	
	Transitoria	64	60	64	67	61	58	32	32	49	55	45	35	39	52	49			58	38	23	28	32	30	44	56	0	0	0	0	0	0	
	ERA - Obrero	47	44	45	45	47	44	46	53	33	38	43	40	46	35	36	29	28	36	43	41	49	48	44	37	43	45	53	52	53	53	59	
	La Flora	50	50	50	50	50	48	47	47	47	47	48	47	45	44	44	42	42	45	44	44	47	47	47	44	47	52	48	47	46			
	Pance	71	44	35	30	33	37	43	41	41	32	39	38	52	34	32	46	48	61	64	47	61	67	77	45	49	64	58	54	44	71	64	
	Univalle											44	67	54	52	51	52	46	42	71	54	43	70	82	67	59	66	65	73	78	78	97	78
	Base Aérea																																
Septiembre	Compartir																																
	La Ermita																																
	Cañaveralajo																																
	Transitoria																																
	ERA - Obrero	54			46	54	40	46	46	42	38	47	48	45	54	55	54	45	32	33	36	44	45	43	51	49	50	42	48	41	30		
	La Flora																																
	Pance	58	54	54	52	71	77	48	87	46	39	12			47	90	87	74	80	77	61	100	87	71	84	90	84	48	87	58	47		
Univalle	72	46	50	63	84	75	71	65	50	42	57	100	93	81	86	97	61	55	52	55	80	62	42	61	74	51		9	40	38			
Base Aérea	72	73	79	76	88	71	72	73	59	65	74	83	93	85	95	91	72	63	61	60	78	68	65	81	65	87	72	75	65	3			
Octubre	Compartir	64	63	59	54	72	64	62	62	58	74	58	72	77	78	88	85	64	44	45	45	55	55	55									
	La Ermita	47	48	52	48	53	39	48	49	41	46	43	51	46	54	60	54	51	41	35	35	46	48	43	52	52	52	45	47	47	34		
	Cañaveralajo	48	45	45	46	52	48	40	41	32	33	49	52	44	53	54	56	41	27	31	34	39	45	41	50	48	45	40	45	44	29		
	Transitoria	54	53	52	53	56	53	47	53	49	42	42	52																				
	ERA - Obrero	28	42	40	32	39	36	50	45	46	41	23	35	34	36	31	31	47	33	44	40	44	47	44	42	24	35	40	58	38	42	51	
	La Flora																																
	Pance	64	47	93	58	45	80	97	57	48	97	39	51	43	40	45	34	64	71	5	61	87	61	51	24	15	24	31	34	36	28	30	
Univalle	37	74	53	57	57	53	56	58	54	53	27	32	27	38	39	24	41	32	41	34	40	42	42	26	12	36	45	42	42	54	55		
Noviembre	Base Aérea																																
	Compartir																																
	La Ermita																																
	Cañaveralajo																																
	Transitoria																																
	ERA - Obrero	27	18	39	44	43	33					54	50	49	53	46	46	40	36	38	40	38	39	38	51	55	47	52	55	56	36	49	
	La Flora	18	15	28	35	30	24	21	33	37	41	34	41	44	42	31	26	18	30	31	32	33	24	24	39	33	38	45	47	39	30	34	
Pance	14	13	24	25	28	23				27	38	40	55	49	39	31	32	23	19	25	29	31	24	35	35	33	42	44	40	35	45		
Univalle	11		32	29	39	27	27	38	45	43	35	45	52	34	30	33	38	25	31	38	55	44	37	42	42	40	50	28	44	40			
Base Aérea																																	
Diciembre	Compartir	30	29	43	49	52	37	33	55	52	51	49	58	55	53	50	39	34	41	44	43	64	36	52	51	52	61	60	53	52	54		
	La Ermita	29	21	47	52	48	47	32	46	53	54	53	55	58	46	40	33	36	47	0	42	42	29	48	54	50	53	53	51	39	45		
	Cañaveralajo	22	15	33	38	37	25	24	33	37	43	43	49	47	35	26	30	31	24	27	33	39	28	37	35	38	42	47	39	34	40		
	Transitoria	19	18	33	38	36																											
	ERA - Obrero	45	56	62	59	50	40	47	51				55	52	54	52	50	51	52	51	62	54	51	58	54	55	52	52	51	54	54	57	46
	La Flora	36	45	55	53	48	40	44	37	43	52	51	48	35	45	34	37	40	47	53	40	44	50	54	53	32	44	40	49	53	45	44	
	Pance	53	52	49	58	48	45	52	50	71	45	58	49	45	48	41	64	31	84	46	50	44	51	55	34								
Univalle	43	54	60	69	58	39	53	53	53	44	71	47	9	40	41	54	45	58	61	66	52	63	58	58	59	60	62	66	59	65	54		
Base Aérea																																	
Enero	Compartir	54	59	77	80	71	57	61	64	57	57	75	58	52	54	55	56	66	73	76	68	64	63	58	67	60	68	60	66	57	75	69	
	La Ermita	46	53	59	56	53	39	52	50	53	51	55	51	42	52	45	45	47	54	53	59	49	45	54	55	49	46	49	47	54	53	51	44
	Cañaveralajo	40	46	53	60	47	49	45	41	46	39	42	40	35	37	32	38	40	41	44	43	41	39	43	42	44	41	43	47	47	42	36	
	Transitoria	44	51	62	63	58	52	55	49	51	52	55	51	47	45	32	37	48	53	54	55	47	52	52	54	54	55	52	54	58			
	ERA - Obrero																																
	La Flora																																
	Pance																																

Tabla 5. Comportamiento del ICA Diario – Anual 2015

ICA – Diario ERA-Obrero: En el 2015 de los 365 días del año se registraron 218 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 59.7%. De los 218 días de medición de ICA, el 74.8% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 la alta predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

ICA – Diario La Flora: En el 2015 de los 365 días del año se registraron 298 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 81.6%. De los 298 días de medición de ICA, el 83.9% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 la predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

ICA – Diario Pance: En el 2015 de los 365 días del año se registraron 352 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 96.4%. De los 352 días de medición de ICA, el 75% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 la alta predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

ICA – Diario Univalle: En el 2015 de los 365 días del año se registraron 341 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 93.4%. De los 341 días de medición de ICA, el 39.9% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 que específicamente en este punto un 60.1% de los valores de ICA registraron una Calidad del Aire - Moderado.

ICA – Diario Base Aérea: En el 2015 de los 365 días del año se registraron 199 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 54.5%. De los 199 días de medición de ICA, el 45.2% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 la baja predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

ICA – Diario La Ermita: En el 2015 de los 365 días del año se registraron 295 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 80.8%. De los 295 días de medición de ICA, el 80% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 la alta predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

ICA – Diario Compartir: En el 2015 de los 365 días del año se registraron 260 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 71.2%. De los 260 días de medición de ICA, el 34.6% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 la baja predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

ICA – Diario Cañaveralajejo: En el 2015 de los 365 días del año se registraron 365 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 100%. De los 365 días de medición de ICA, el 95.9% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 la alta predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

ICA – Diario Transitoria: En el 2015 de los 365 días del año se registraron 134 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 36.7%. De los 134 días de medición de ICA, el 59% fueron menores a 50 unidades.

4. ANÁLISIS METEOROLÓGICO

En este último capítulo se hará un análisis muy en detalle del comportamiento meteorológico durante el año 2015, ya que se sabe que esta influye fuertemente sobre la dispersión de los contaminantes en la ciudad. Para este análisis se cuenta con información de tres estaciones (La Flora – Norte, ERA-Obrero – Centro y Pance – Background Rural) las cuales monitorean meteorología.

4.1. COMPORTAMIENTO DE LOS VIENTOS EN SUPERFICIE

4.1.1. ROSAS DE VIENTOS

Las Rosas de Vientos son muy útiles para explicar la distribución de frecuencias de las corrientes de vientos tanto en dirección como en velocidad. A continuación se presentan las gráficas de rosas de vientos horarias construidas a partir de la información validada.

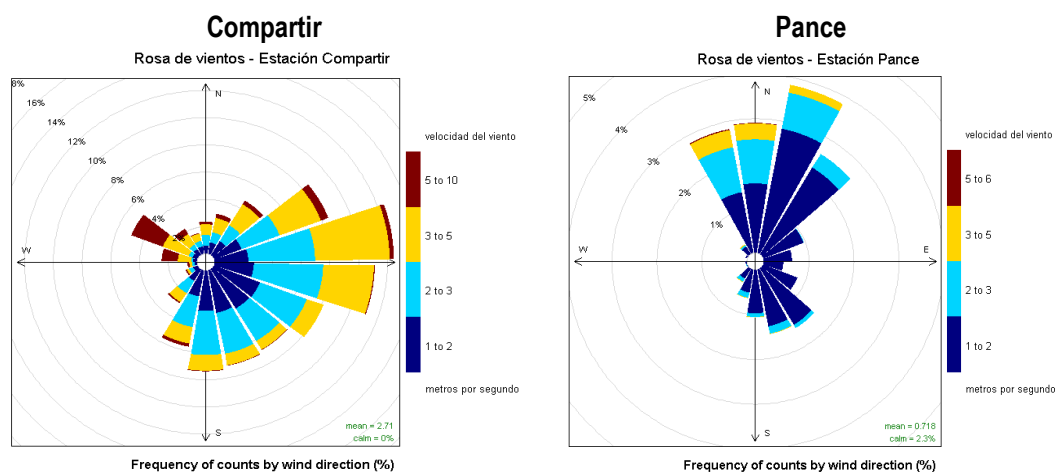


Gráfico 20. Rosas de los Vientos Anual.

La grafica 20 muestra las rosas de los vientos de las estaciones meteorológicas ubicadas en las zonas Oriente (Compartir) y Pance (Background rural – Sur). La rosa de vientos corresponde al periodo definido

entre las 00:00 horas del día 01 de Enero de 2015 hasta las 24:00 horas del día 31 de diciembre de 2015. Según las rosas de vientos se puede ver que durante el año 2015 en la estación Compartir, los vientos predominantes provienen del este, mientras que en la estación Pance los vientos predominantes provienen del norte. La distribución de los vientos se ve más claramente en el gráfico 21 en el cual se observa como es el comportamiento de los vientos. Se encontró que los vientos tienen un comportamiento muy similar durante todo el año con algunas ligeras variaciones.

A partir de la distribución de frecuencias de velocidad de vientos, se construye la siguiente gráfica.

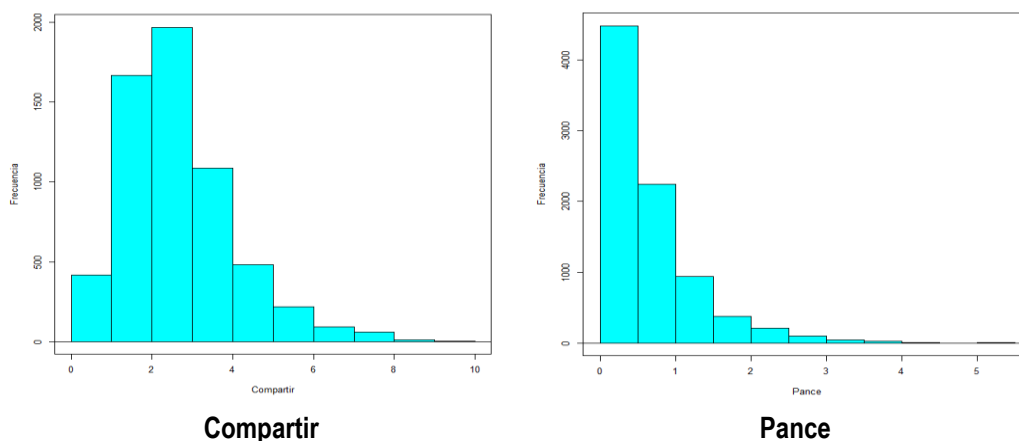


Gráfico 21. Distribución de Frecuencias de Velocidad de Vientos. Año 2015

De la gráfica 21 se observa que durante el año 2015, en las zonas donde se midió la velocidad de los vientos (Zona Oriente y background rural), se pudo observar que predominaron vientos con velocidades entre los 0 a 5 m/s, registrándose con una frecuencia en más del 95%.

4.2. PRECIPITACION

En este punto se hará un análisis muy completo sobre el comportamiento de la precipitación, en el que se tendrá en cuenta comportamientos y tendencias diarias y mensuales, así como en análisis de los periodos del año en donde se registraron las mayores lluvias.

4.2.1. Distribución de la precipitación horaria durante el año

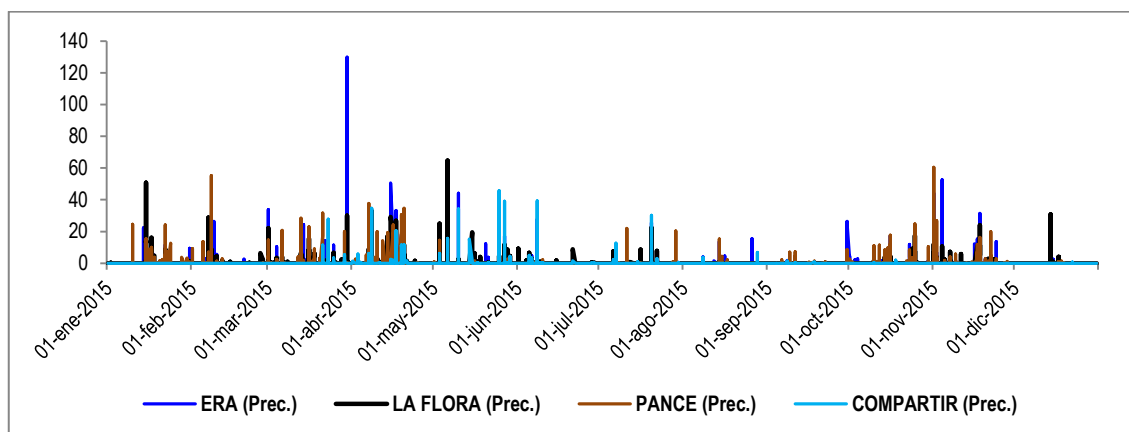


Gráfico 22. Comportamiento de la Precipitación Horaria. Estaciones ERA-Obrero, La Flora y Pance

La grafica 22 muestra el comportamiento horario de la precipitación durante el año 2015 de las estaciones ERA-Obrero, La Flora; Compartir y Pance, en el cual no se observa muy claramente los

**INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE
ENERO-DICIEMBRE DE 2015**

periodos del año en donde se presentaron los mayores niveles de lluvia, sin embargo la tabla 6 y gráfica 23 explica mucho mejor este comportamiento.

Mes	Compartir			ERA			La Flora			Pance		
	Días Lluvia	Días del Mes	%	Días Lluvia	Días del Mes	%	Días Lluvia	Días del Mes	%	Días Lluvia	Días del Mes	%
Ene				7	31	22,6%	7	31	22,6%	14	31	45,2%
Feb				9	28	32,1%	10	28	35,7%	9	28	32,1%
Mar	4	31	12,9%	15	31	48,4%	19	31	61,3%	16	31	51,6%
Abr	12	30	40,0%	12	30	40,0%	13	30	43,3%	17	30	56,7%
May	11	31	35,5%	12	31	38,7%	13	31	41,9%	13	31	41,9%
Jun	8	30	26,7%	6	30	20,0%	11	30	36,7%	5	30	16,7%
Jul	6	31	19,4%	7	31	22,6%	7	31	22,6%	8	31	25,8%
Ago	2	31	6,5%	7	31	22,6%	3	31	9,7%	3	31	9,7%
Sep	3	30	10,0%	3	30	10,0%	0	30	0,0%	8	30	26,7%
Oct	2	31	6,5%	13	31	41,9%	10	31	32,3%	16	31	51,6%
Nov				16	30	53,3%	13	30	43,3%	17	30	56,7%
Dic	1	31	3,2%	3	31	9,7%	3	31	9,7%	3	31	9,7%
Total	49	365	13,4%	110	365	30,1%	109	365	29,9%	129	365	35,3%

Tabla 6. Porcentaje de lluvias durante el año 2015 clasificados según el mes durante el año 2015

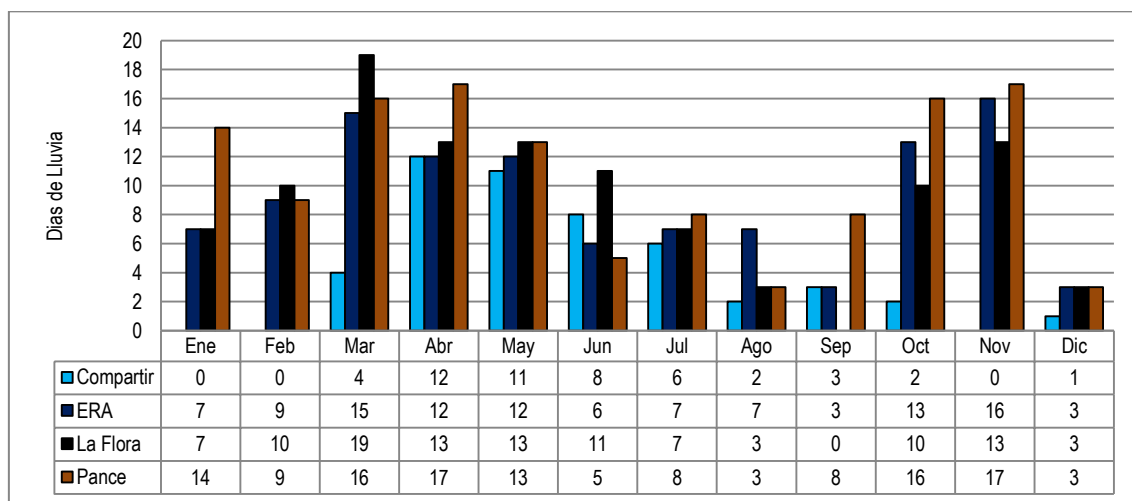


Gráfico 23. Días con lluvias durante el año 2015

La estación que registro la mayor cantidad de lluvias fue Pance, seguido de la estación La Flora. Los meses en donde se registraron más días de lluvias fueron mayo, octubre y noviembre. El mes en donde se registró el porcentaje de días con menos lluvias fue diciembre.

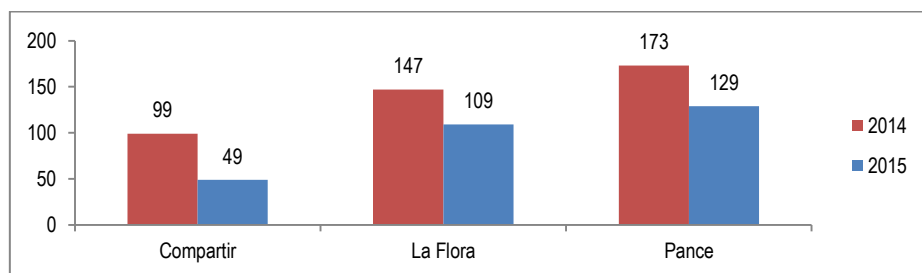


Gráfico 24. Días con lluvias durante los años 2014 – 2015.

Se puede observar una disminución del 2014 al 2015 en lo relacionado con los días de lluvias, esto relacionado con el fenómeno del niño.

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2015

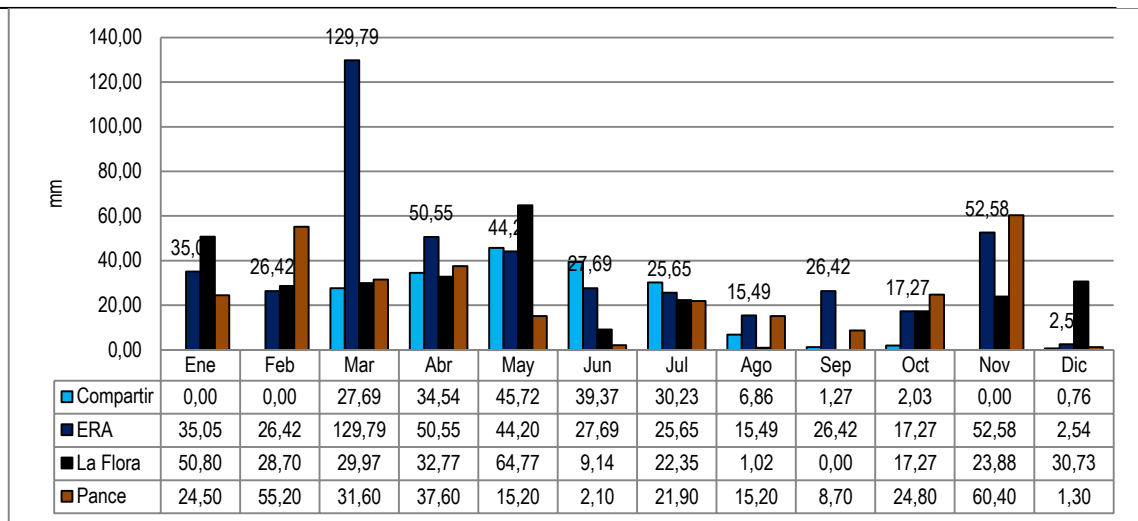


Gráfico 25. Comportamiento mensual de precipitación. Máximos Mensuales.

La grafica 25 muestra cómo fueron los comportamientos máximos y promedios mensuales de la precipitación.

Máximo Mensual: Se observó que las precipitaciones más altas (Valor máximo mensual) se registraron en la zona centro (Estación ERA-Obrero) en el mes de abril con un valor de 129.79mm. En términos generales en los meses de agosto, septiembre y diciembre se registraron los valores más bajos valores de precipitación.

4.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL

Otro aspecto a analizar es el comportamiento de la temperatura en las estaciones de monitoreo, en el cual se muestra a continuación.

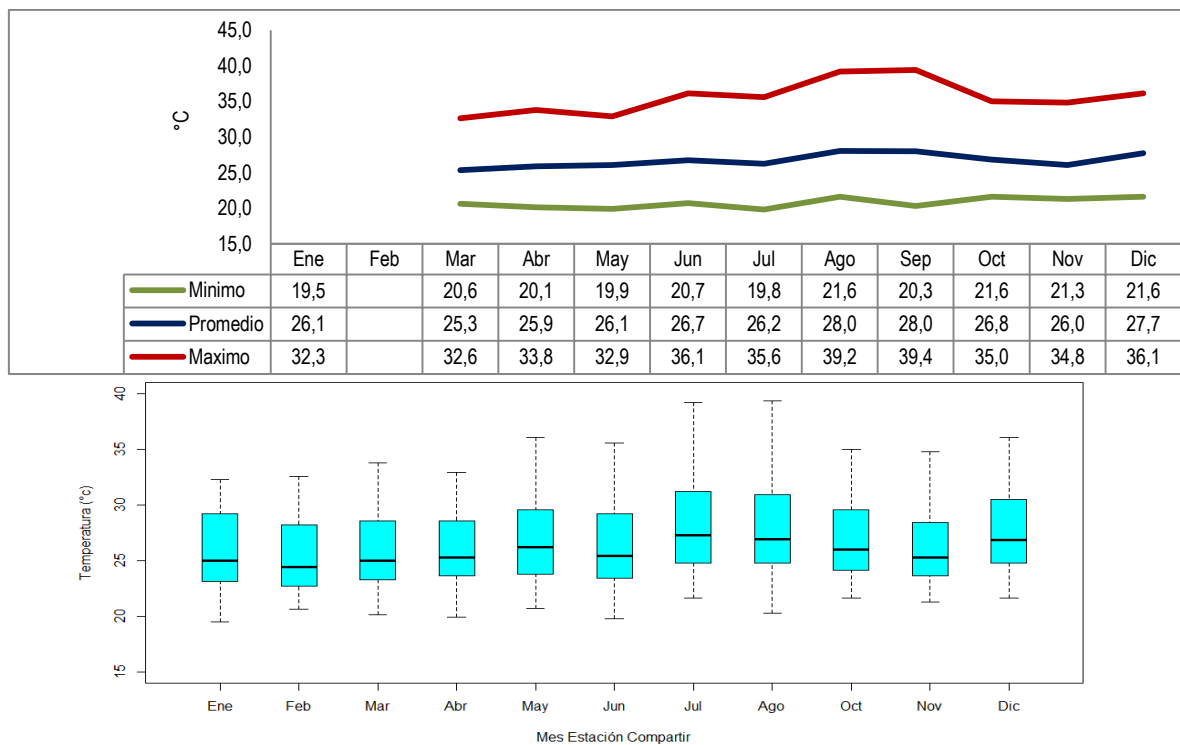


Gráfico 26. Comportamiento mensual de Temperatura. Máximos, Mínimos y Promedios Mensuales. (Estación Compartir).

La grafica 26 muestra que la temperatura en la zona oriente (Compartir) oscila aproximadamente entre 15,7 y 35,3 grados centigrados. Los meses con mayores niveles de temperatura fueron Julio, Agosto y Diciembre.

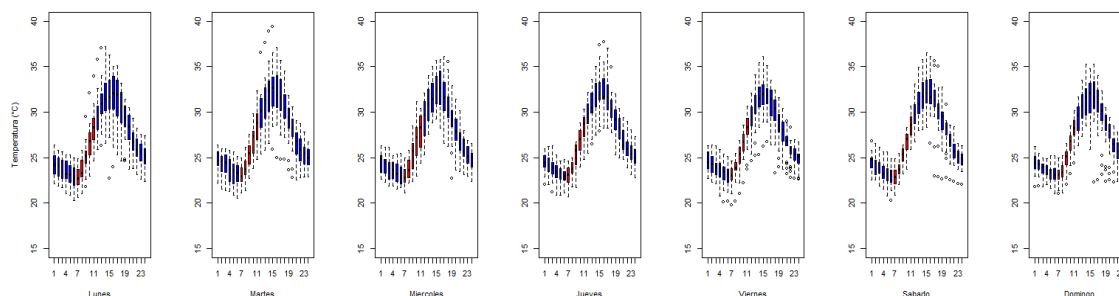


Gráfico 27. Comportamiento horario de la Temperatura en el Norte de la ciudad durante el año 2015 (estación Compartir).

La grafica 27 muestra el comportamiento de la temperatura según la hora de un día típico promedio en el Oriente de la ciudad (Compartir), en el cual se evidencia claramente en a partir de las 9 am se incrementaron los valores promedios de temperatura. Durante el año 2015, la hora del día de mayores niveles de promedios de temperatura se registró a la 1pm.

4.4. RADIACION SOLAR

El ciclo anual de Radiación solar en términos generales, es consistente con los ciclos de precipitación y temperatura, con valores bajos durante las temporadas de lluvias y altos en períodos secos.

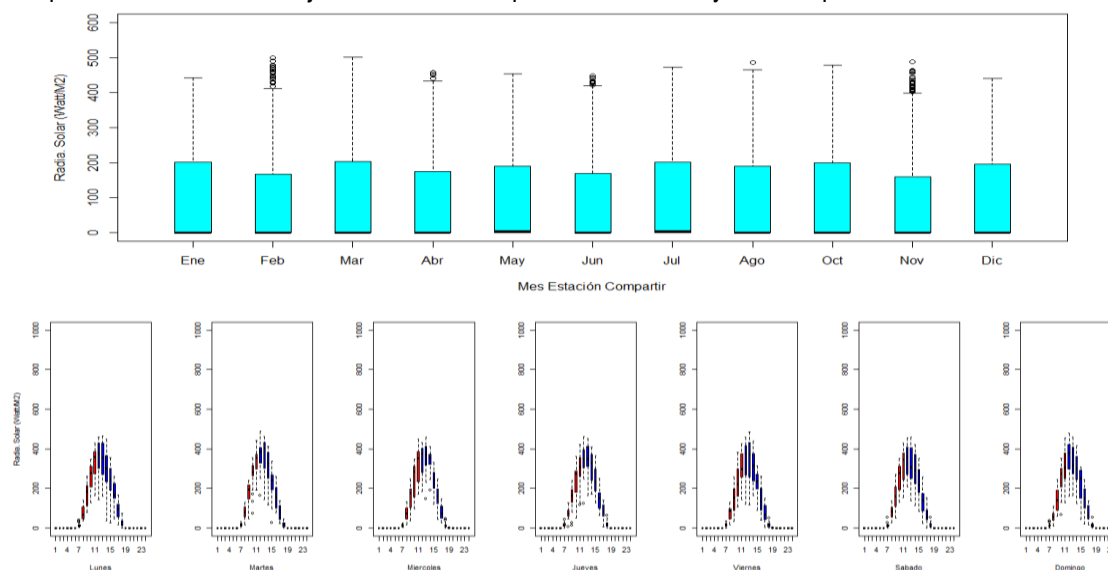


Gráfico 28. Comportamiento horario de la Radiación Solar en el Norte de la ciudad durante el año 2015 (estación Compartir).

Se observa claramente que los niveles de radiación solar en el norte de la ciudad según la hora del día, tienen un comportamiento similar a una campana gaussiana. Los valores más altos se registraron entre las 11 am y las 2 pm, las cuales son cercanas al medio día y muy cercanos a los 1000 Watts/m². El comportamiento natural de la radiación solar hace que los niveles de ozono en la troposfera aumenten considerablemente.

4.5. HUMEDAD RELATIVA

La variación media mensual de la humedad relativa se muestra a continuación

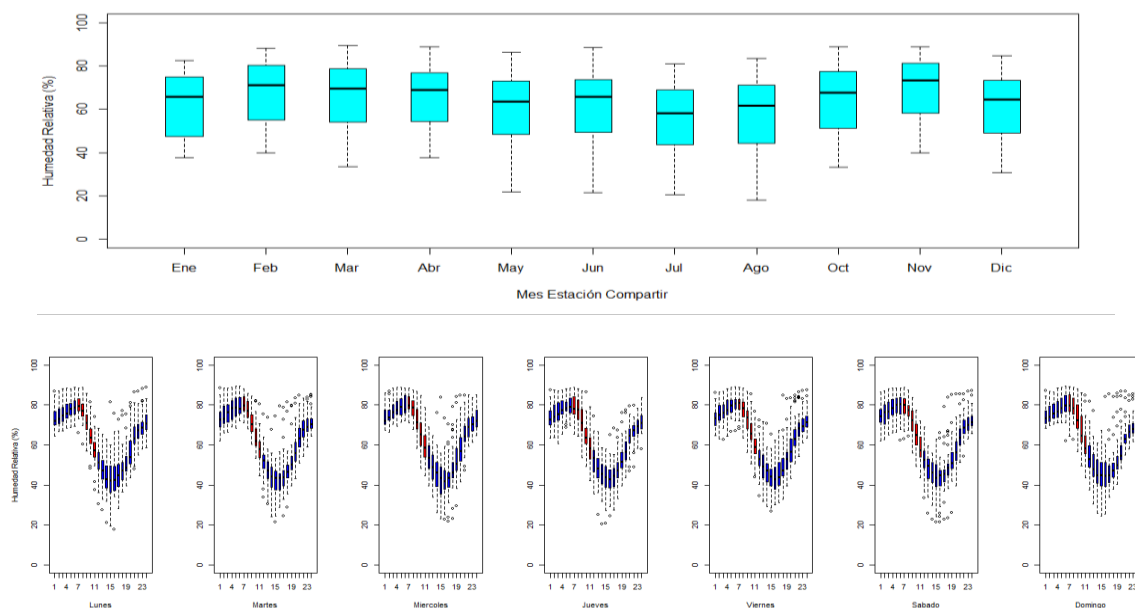


Gráfico 29. Comportamiento horario de la Humedad Relativa en el Norte de la ciudad durante el año 2015 (estación Compartir).

Tal y como se observa en la gráfica 29 se puede ver que en la Estación Compartir en horas de la mañana se presentaron los porcentajes más altos de humedad relativa, y entre la 1pm y las 5pm se encontraron los valores más bajos de humedad.

5. COMPARACIÓN DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO SEGÚN EL PUNTO DE MONITOREO. AÑOS 2013 a 2015

5.1. PROMEDIOS ANUALES

Este capítulo muestra los resultados del comportamiento de los promedios anuales de contaminantes criterio de calidad de aire en Santiago de Cali. Para determinar cómo fue el comportamiento histórico de los diferentes contaminantes criterio, se hizo una comparación de los promedios anuales de los años 2013 a 2015. Los resultados más relevantes se muestran a continuación:

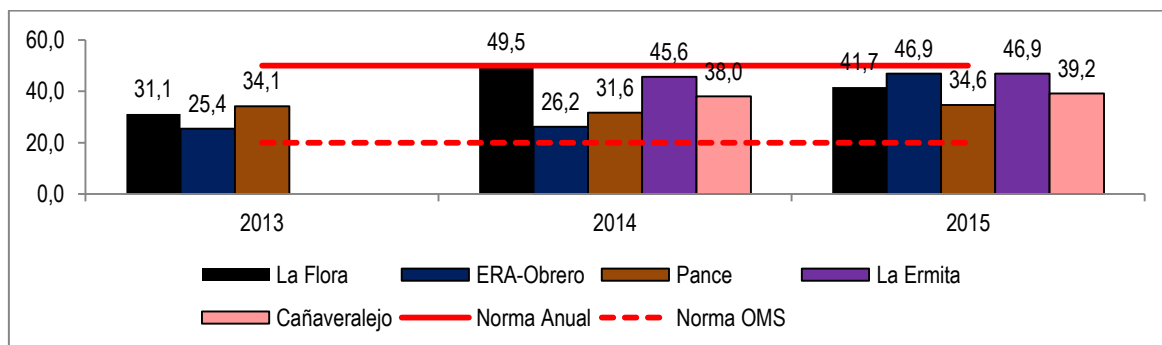


Gráfico 30. Comportamiento Promedio Anual del Material Particulado PM₁₀ según la estación de monitoreo.

Se observa que en la estación la Flora (Zona Norte de la ciudad) el promedio anual en el año 2015 paso de $49.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ a $41.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ disminuyendo considerablemente.

Si se hace la comparación de los promedios anuales solo para el último año de monitoreo (2015) se puede evidenciar que en la estación Pance (Background Rural o Punto Blanco) se registró el menor valor promedio anual ($34.6\mu\text{g}/\text{m}^3$) y en las estaciones La Flora (Norte) Y Ermita (centro) se registró los valores más altos ($46.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ en ambas estaciones).

Cabe hacer hincapié que durante el 2015 en ninguno de los puntos de monitoreo se registraron excedencias a la normativa anual y en ningún momento se sobrepasa el límite máximo permisible de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$.

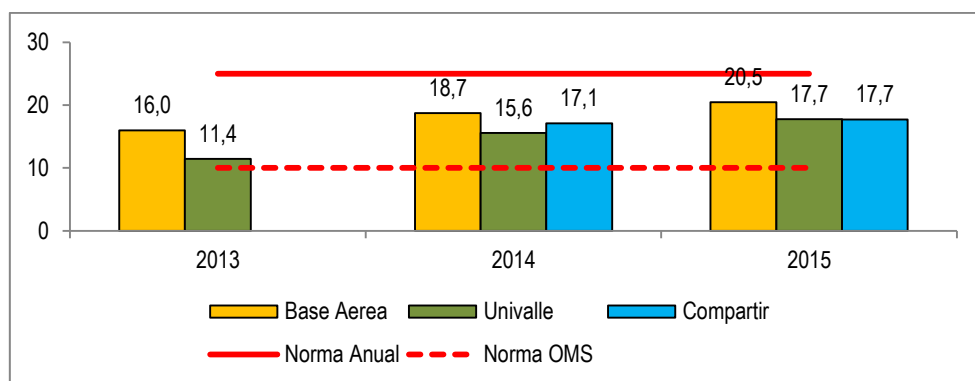


Gráfico 31. Comportamiento Promedio Anual del Material Particulado $\text{PM}_{2.5}$ según la estación de monitoreo.

Según el grafico 31 se puede observar que en términos generales se registró un ligero aumento de los niveles de este contaminante si se hace una comparación de 2015 con 2014. En el caso de la estación Base Aérea se incrementó el promedio anual en $1.8\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que la estación Univalle, se incrementó el promedio anual en $2.1\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si se hace la comparación de los promedios anuales para el último año de monitoreo (2015) se puede evidenciar que en la estación Base Aérea (Zona nororiente) se registró el mayor valor promedio anual ($20.5\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Cabe hacer hincapié en que en ningunos de los puntos de monitoreo se registraron excedencias a la normativa anual y en ningún momento se sobrepasa el límite máximo permisible de $25\mu\text{g}/\text{m}^3$.

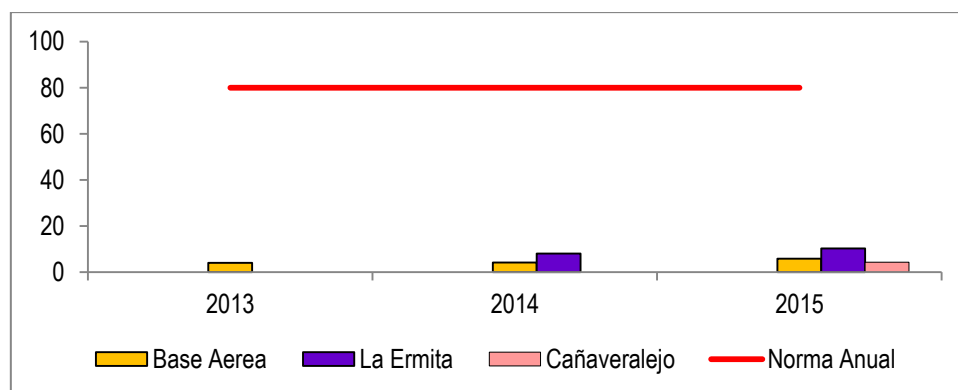


Gráfico 32. Comportamiento Promedio Anual del Dióxido de Azufre SO_2 según la estación de monitoreo.

El SO₂ se monitorea en las estaciones Base Aérea, Ermita y Cañaveralejo. Los promedios anuales registrados en los años 2013 al 2015 muestran un comportamiento muy por debajo del límite máximo permisible de 80 µg/m³.

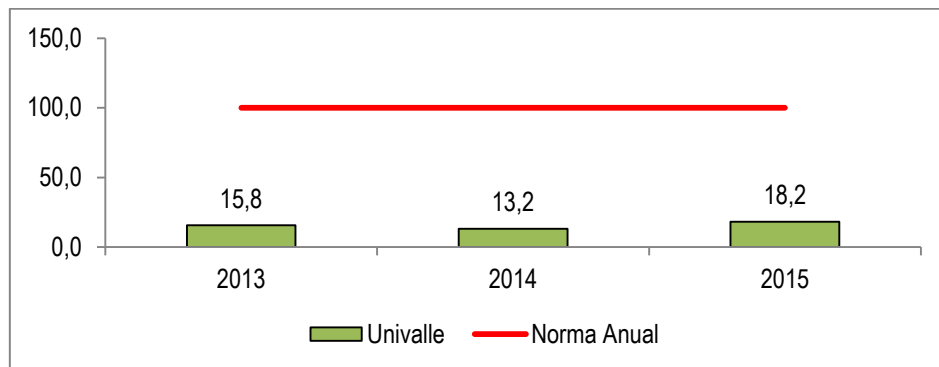


Gráfico 33. Comportamiento Promedio Anual del Dióxido de Nitrógeno NO₂ según la estación de monitoreo.

El comportamiento del promedio anual NO₂ durante los últimos años, muestra valores por debajo del límite máximo permisible de 100 µg/m³. Hay que mencionar el aumento de 13.2 µg/m³ a 18.2 µg/m³ comparando 2014 con 2015.

Nota: El ozono no se muestra en el análisis anual porque en la normativa nacional existente (Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente) no aparece un límite máximo permisible anual para este contaminante y su norma es horario u octoraria.