



INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE SANTIAGO DE CALI

2014



**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE
GESTION DEL MEDIO AMBIENTE**

Directora: Maria del Mar Mozo Muriel.

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

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

2015

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
1. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO	3
2. CALIDAD DEL AIRE	4
2.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES DURANTE EL AÑO 2014.....	4
2.2. COMPARACION DE CONTAMINANTES CON LA NORMATIVA AMBIENTAL NACIONAL 5	
2.3. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL DIA DE LA SEMANA (GRAFICOS HORA-DIA SEMANA)	8
2.4. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL MES.....	12
3. INDICE DE CALIDAD DE AIRE.....	15
3.1. CONTAMINANTES QUE COMPONEN EL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE.....	15
3.2. RANGOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE.....	16
3.3. EFECTOS A LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE	16
3.4. RESULTADOS DEL CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE	16
4. ANÁLISIS METEOROLOGICO	22
4.1. COMPORTAMIENTO DE LOS VIENTOS EN SUPERFICIE	22
4.1.1. ROSAS DE VIENTOS	22
4.1.2. ROSAS DE POLUCION DE LOS CONTAMINANTES	23
4.2. PRECIPITACION	25
4.2.1. Distribución de la precipitación horaria durante el año	25
4.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL.....	27
4.4. RADIACION SOLAR.....	28
4.5. HUMEDAD RELATIVA	28
5. COMPARACIÓN DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO SEGÚN EL PUNTO DE MONITOREO. AÑOS 2004, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014	29
5.1. PROMEDIOS ANUALES.....	29

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Vigilancia de la Calidad del aire de Cali – SVCA opera bajo la coordinación y administración del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente –DAGMA. Actualmente el SVCA cuenta con nueve estaciones automáticas, de las cuales se reportaron información en 8 sitios alrededor de la ciudad: Estación ERA-Obrero (Zona Centro), La Flora (Zona Norte), Pance (Background Rural), Univalle (Zona Sur), Base Aérea (Zona Noreste), Cañaveralajo (Suroeste), Compartir (Zona Oriente) y La Ermita (Zona Centro).

Los resultados de las variables contaminantes y meteorológicas del año 2014 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

Las estaciones de monitoreo se encuentran ubicadas en sitios escogidos de manera estratégica, gracias al estudio de Diseño y Operación del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de Cali, el cual se realizó durante los años 2011 y 2012. La ubicación espacial de las estaciones se muestra a continuación en la gráfica 1.

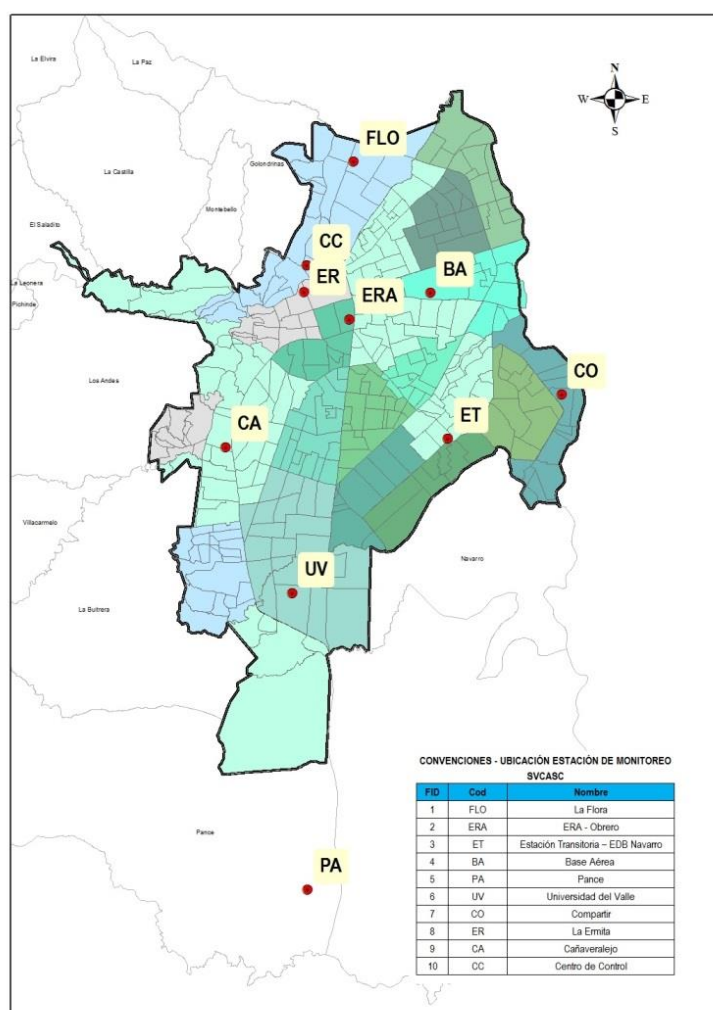


Gráfico No. 1. Ubicación espacial de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Cali

2. CALIDAD DEL AIRE

2.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES DURANTE EL AÑO 2014

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 2014.

Porcentaje de Datos Validos Durante el Año 2014											
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	91,0%	-	-	-	-	92,6%	92,6%	92,6%	92,6%	92,6%	92,6%
Era-Obrero	52,9%	-	-	-	-	17,6%	24,7%	17,9%	17,9%	17,9%	63,0%
Pance	86,6%	-	-	-	57,3%	94,7%	92,0%	0,0%	94,7%	1,5%	94,7%
Compartir	-	70,1%	-	-	68,8%	72,7%	79,4%	81,2%	81,2%	81,2%	80,0%
Cañaveralejo	51,1%	-	-	-	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
La Ermita	87,7%	-	47,9%	-	-	No hay sensores de meteorología					
Base aérea	-	68,8%	64,9%	-	55,0%	No hay sensores de meteorología					
Univalle	-	92,6%	-	89,5%	76,0%	No hay sensores de meteorología					

Porcentajes superiores al 75%

Tabla 1. Porcentaje de datos validos por estación durante el año 2014. Valores de la tabla que no tienen un porcentaje y aparece el símbolo (-) es porque 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 tres de los 5 analizadores incluidos en el informe superan el 75% de datos válidos. El analizador ubicado en la estación Cañaveralejo comenzó a operar en el mes de julio de 2014, razón por la cual se explica el porcentaje de datos del 51.1%.
- **Material Particulado menor a 2.5 micras – PM_{2.5}:** Se encontró que el analizador ubicado en Univalle superó el 75% de datos válidos. Las estaciones Compartir y Base aérea registraron datos validos por encima del 68%.
- **Dióxido de Azufre SO₂:** el analizador para este contaminante ubicado en la Base Aérea registro un porcentaje de tan solo el 64.9% de datos validos debido a falla de índole logístico. En este año entro en funcionamiento el analizador de La Ermita.
- **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, Compartir y Base Aérea presentaron un porcentaje de datos superior al 55%. La estación Univalle registró un porcentaje de datos superior al 75% de datos válidos.
- **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%.

2.2. COMPARACION DE CONTAMINANTES CON LA NORMATIVA AMBIENTAL NACIONAL

A continuación se mostraran algunos resultados del comportamiento de los diferentes contaminantes en las 2 estaciones de monitoreo que registraron información en el año 2014, además de la comparación de la normativa estipulada en la resolución 610 de marzo de 2010 del MADS en el tema calidad del aire.

- ✓ **Dióxido de Nitrógeno NO_2 :** La grafica 2 muestra como fue el comportamiento de este gas contaminante durante el 2014 y la comparación con la norma nacional establecida

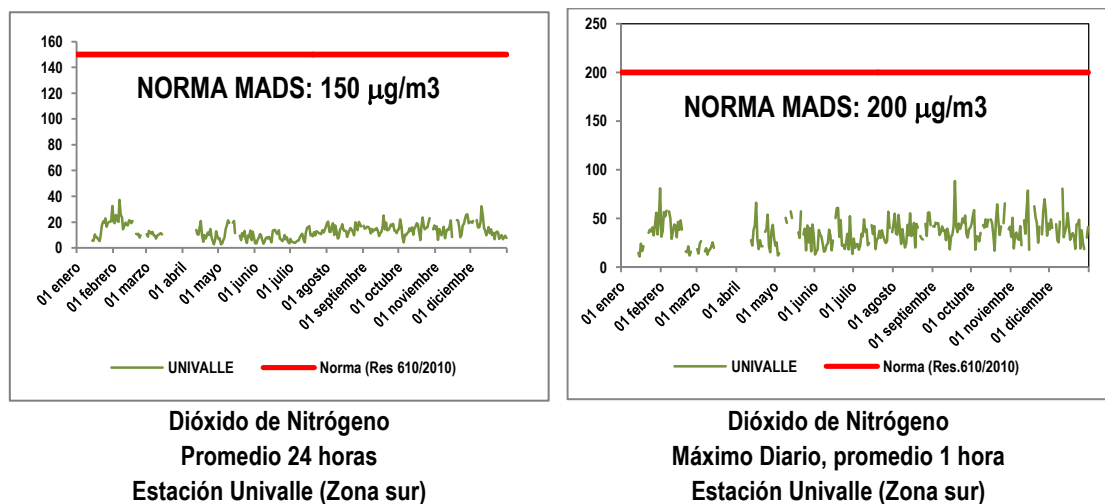


Gráfico 2. Comportamiento del Dióxido de Nitrógeno en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

NO_2 promedio 24 horas: se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepaso 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 sobrepaso 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)

- ✓ **Material Particulado PM_{10} :** La grafica 3 muestra como fue el comportamiento de las partículas menores a 10 micras durante el 2014 y la comparación con la norma nacional establecida

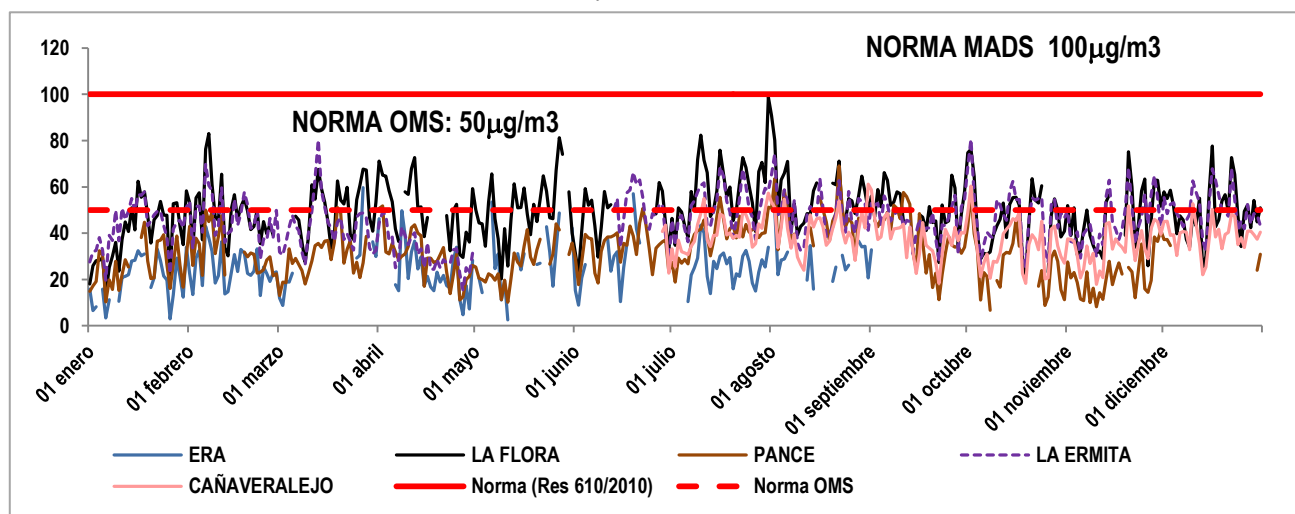


Gráfico 3. Comportamiento del PM_{10} en las zonas centro, norte y sur de la ciudad. Estaciones ERA-Obrero, La Flora, Pance y La Ermita – promedio 24 horas.

PM₁₀ promedio 24 horas: Para el caso del material particulado menor a 10 micras PM₁₀, se observó que en ninguna de las 4 estaciones en donde se midió este contaminante durante el 2014 sobrepasó la norma diaria de 100 µg/m³. Se puede apreciar que la estación la Flora registró los valores más altos de este contaminante, en donde se registró un pico en el mes de agosto muy cercano al límite máximo permisible. Al comparar con la norma OMS (50 µg/m³) se encuentran algunas excedencias de este contaminante en los puntos La Flora, Pance, Cañaveralejo y La Ermita.

- ✓ **Material Particulado PM_{2.5}:** La grafica 4 muestra como fue el comportamiento de las partículas menores a 2.5 micras durante el 2014 y la comparación con la norma nacional establecida

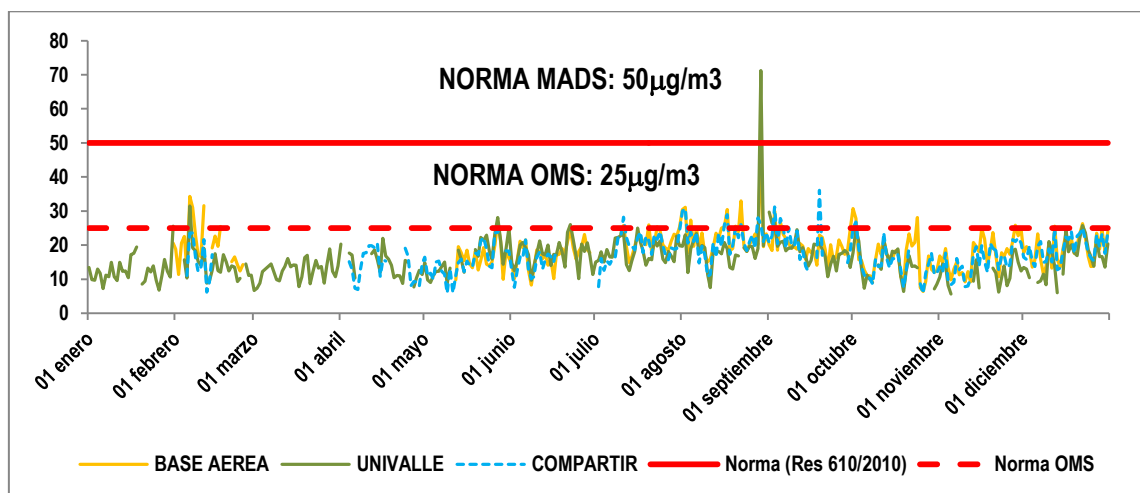


Gráfico 4. Comportamiento del PM_{2.5} en las zonas noreste y sur de la ciudad. Estaciones Base Aérea y Univalle – promedio 24 horas.

PM_{2.5} - 24 horas: Para el caso del material particulado menor a 2.5 micras se observó que solo se registró una excedencia el día 29 de agosto en la estación Univalle de la norma diaria de 50 µg/m³. Se puede ver un comportamiento ligeramente similar del PM_{2.5} en las estaciones Univalle, Compartir y Base Aérea, siendo esta ultima la de los mayores levemente más altos en comparación con los del otro punto de monitoreo. Al comparar con la norma OMS (25 µg/m³) se encuentran algunas ligeras excedencias de este contaminante.

- ✓ **Ozono Troposférico O₃:** La grafica 5 muestra como fue el comportamiento de este contaminante durante el 2014 y la comparación con la norma nacional establecida

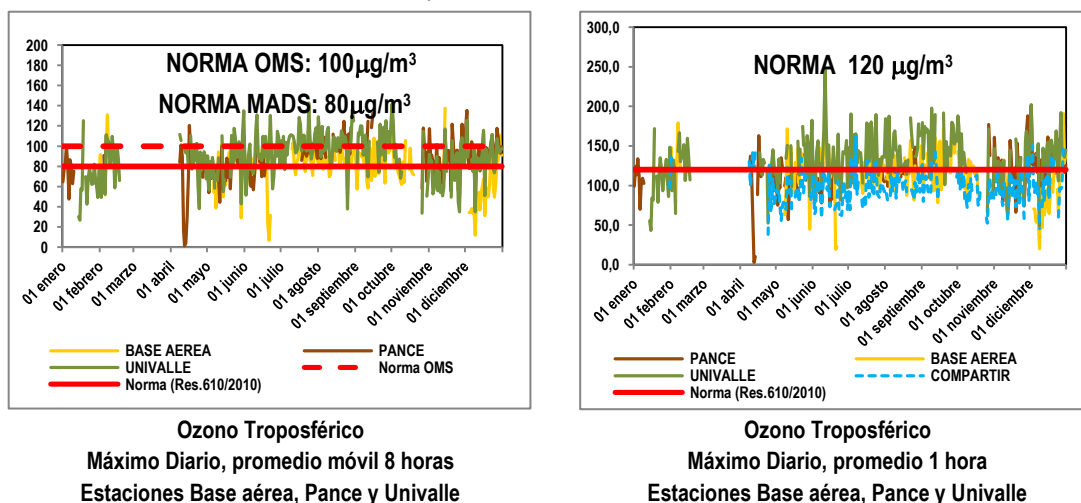


Gráfico 5. Comportamiento del Ozono Troposférico en las zonas noreste y sur de la ciudad. Estaciones Base Aérea y Univalle

O₃ promedio 8 horas: se observó que el Ozono sobrepasó la norma de 80 µg/m³ a lo largo del año en las estaciones Base Aérea, Pance y Univalle.

O₃ promedio 1 hora: se observó que el Ozono sobrepasó la norma de 120 µg/m³ a lo largo del año en las estaciones Base Aérea, Pance y Univalle.

- ✓ **Dióxido de Azufre SO₂:** La grafica 2 muestra como fue el comportamiento de este gas contaminante durante el 2014 y la comparación con la norma nacional establecida

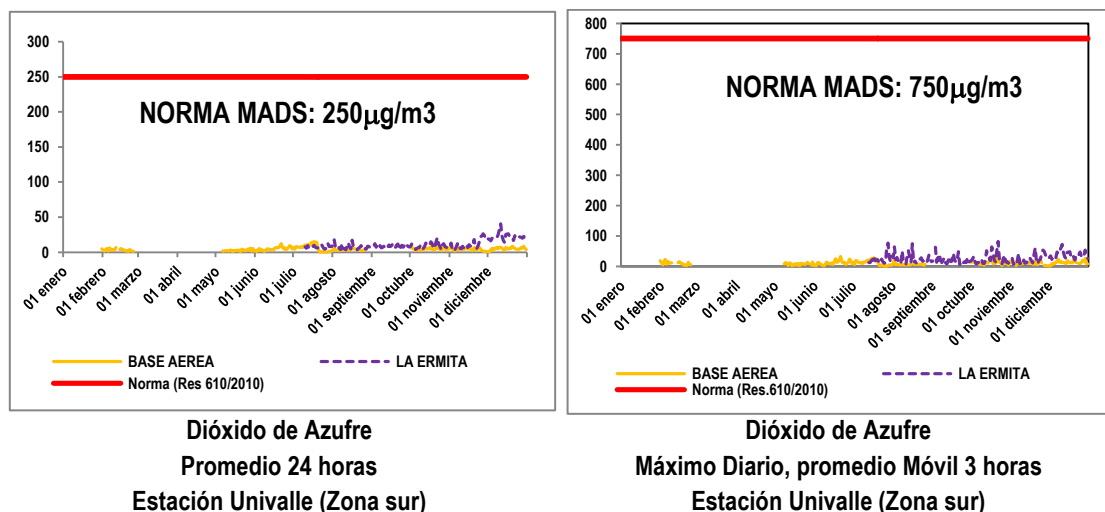


Gráfico 6. Comportamiento del Dióxido de Nitrógeno en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

SO₂ promedio 24 horas: se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma diaria de 250 µg/m³ a lo largo del año en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

SO₂ promedio 3 horas: se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma 3 horas de 750 µg/m³ 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 PM₁₀ y PM_{2.5}, Dióxido de Azufre y Dióxido de Nitrógeno. Solo se registraron excedencias en lo correspondiente al Ozono Troposférico.

Excedencias de PM_{2.5}: se registró una excedencia el día 29 de agosto de 2014 tanto en la estación Univalle, como en la estación Base Aérea debido a un episodio atípico relacionado con una quema en zona rural del sur de la ciudad

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 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
Base Aérea	O3 - 1H (Norma Nacional)	204	2,3%
	O3 - 8H (Norma Nacional)	479	5,5%
	O3 - 8H (Norma OMS)	87	1,0%
Compartir	O3 - 1H (Norma Nacional)	50	0,6%
	O3 - 8H (Norma Nacional)	190	2,2%
	O3 - 8H (Norma OMS)	6	0,1%
Pance	O3 - 1H (Norma Nacional)	278	3,2%
	O3 - 8H (Norma Nacional)	814	9,3%
	O3 - 8H (Norma OMS)	238	2,7%
Univalle	O3 - 1H (Norma Nacional)	524	6,0%
	O3 - 8H (Norma Nacional)	1012	11,6%
	O3 - 8H (Norma OMS)	350	4,0%

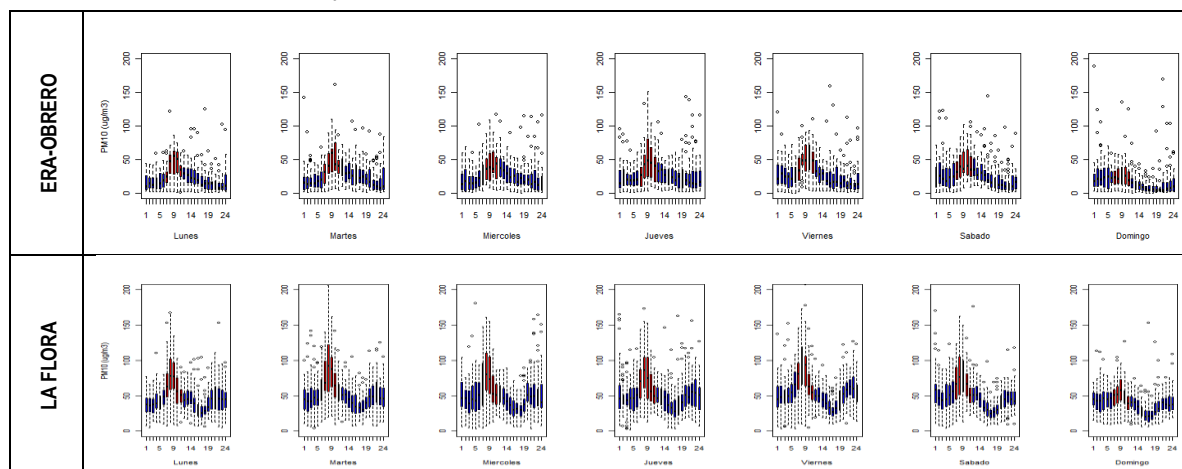
Tabla 2. Excedencias de Ozono troposférico según la estación de monitoreo.

La tabla anterior muestra que en la estación Univalle (Zona sur) es donde se registraron las mayores excedencias de ozono tanto horarias como octorarias (6% y 11.6% respectivamente), mientras que las estaciones Pance (Background Rural o Punto Blanco) y Base Aérea (Zona Noreste) registraron excedencias horarias y octorarias por debajo del 10%. 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, el cual es el rango en donde se presentaron los mayores niveles de radiación solar durante el año 2014.

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 2014.

Material Particulado PM₁₀



INFORME DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2014

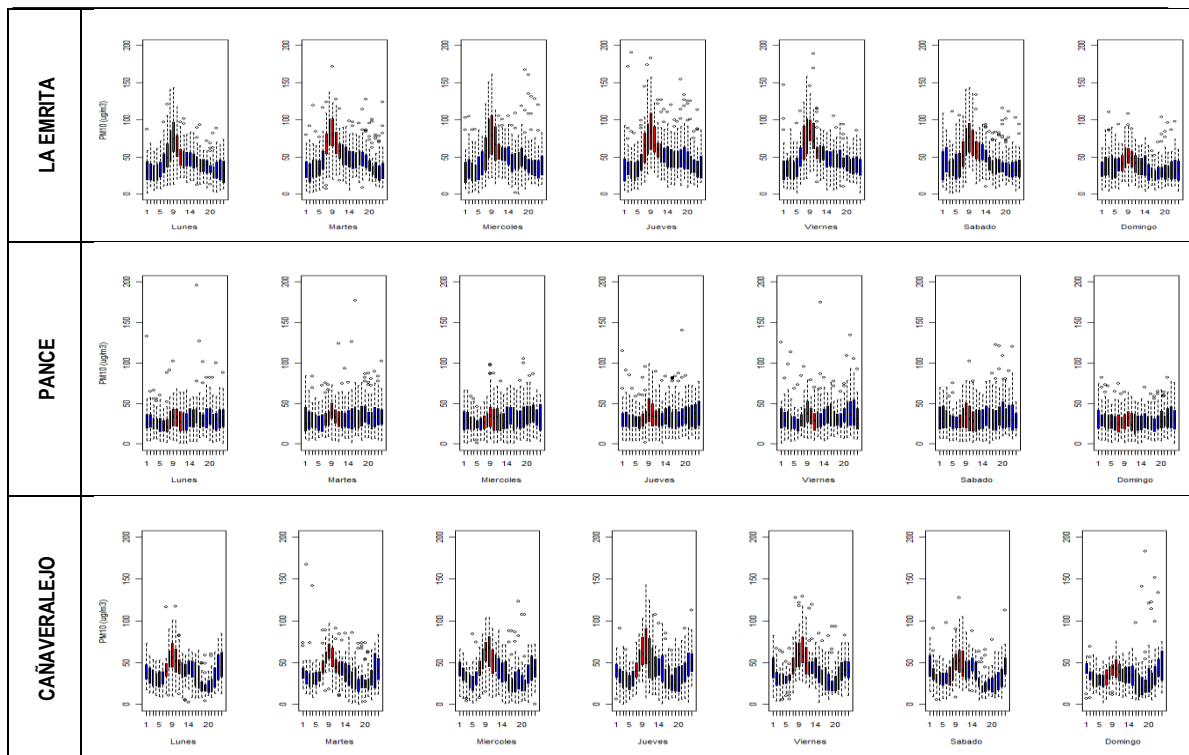
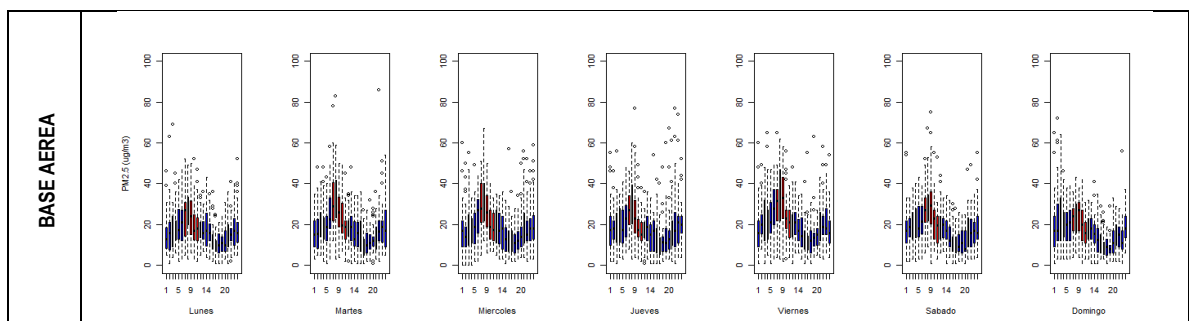


Grafico 7. Diagrama de cajas y alambres según la hora del día del comportamiento del Material Particulado PM₁₀. Estaciones ERA-Obrero, La Flora, La Ermita y Pance.

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, Cañaveralejo y La Ermita 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 muy cercanos a 90 µg/m³. Los comportamientos de este contaminante en estas estaciones (ERA-Obrero, La Flora, Cañaveralejo y La Ermita) fueron muy similares siendo los días viernes en donde se presentaron los mayores niveles de este contaminante. 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 DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2014

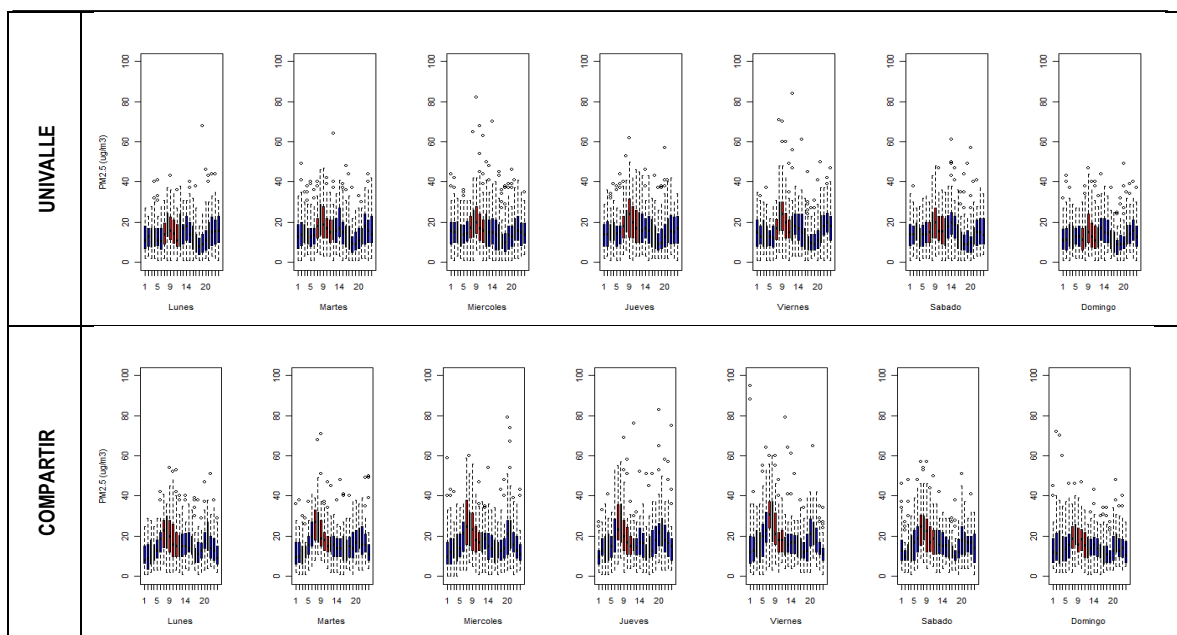


Gráfico 8. Diagrama de cajas y alambres según la hora del día del comportamiento del Material Particulado PM_{2.5}. Estaciones Base aérea y Univalle

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 muy cercanos a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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:

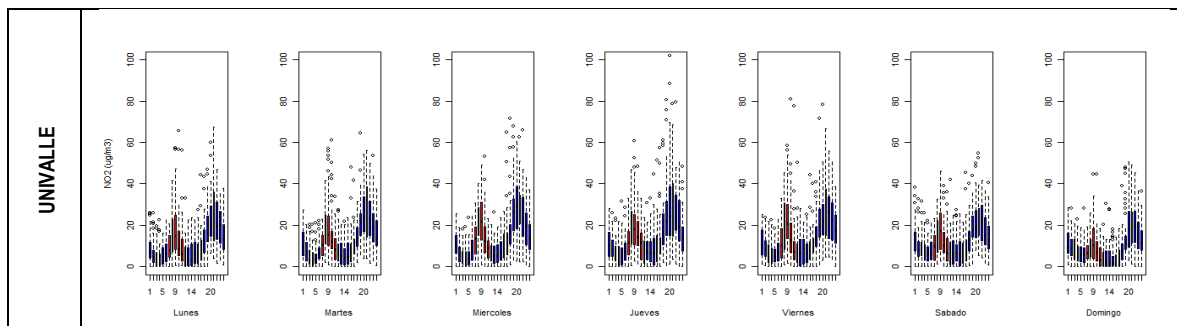


Gráfico 9. Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Nitrógeno NO₂ según el día de la semana. Datos horarios Estación Univalle

El grafico 9 mostró que para el 2014 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 se debe muy seguramente 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 niveles empiezan a disminuir después de las 11 de la noche.

Dióxido de Azufre SO₂:

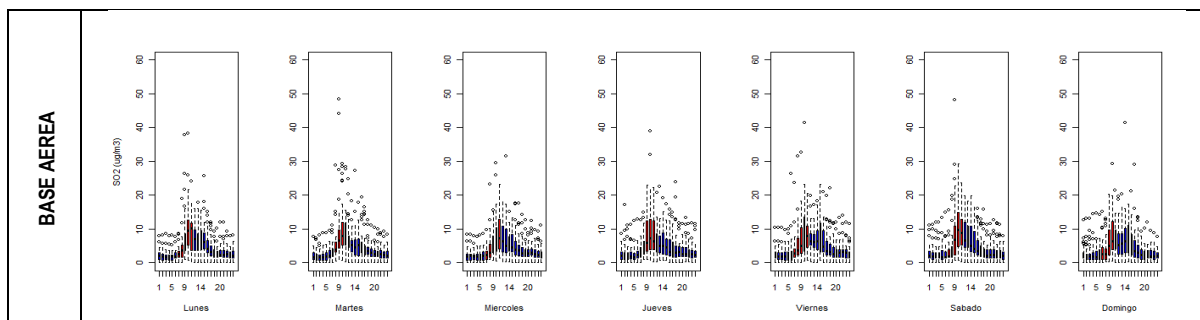


Grafico 10. Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Azufre SO₂ según el día de la semana. Datos horarios Estación Base Aérea

El grafico 10 mostró que para el 2014 el comportamiento del promedio horario del Dióxido de Azufre en la Estación Base Aérea (zona Noreste de la ciudad de Cali), se presenta aparentemente similar al comparar los días de la semana. El grafico anterior muestra un aumento en estos niveles de este contaminante entre las 8 de la mañana hasta las 11 de la mañana, esto quizá ligado muy seguramente al flujo vehicular que transita frecuentemente por esta zona de la ciudad de Santiago de Cali.

Ozono Troposférico O₃:

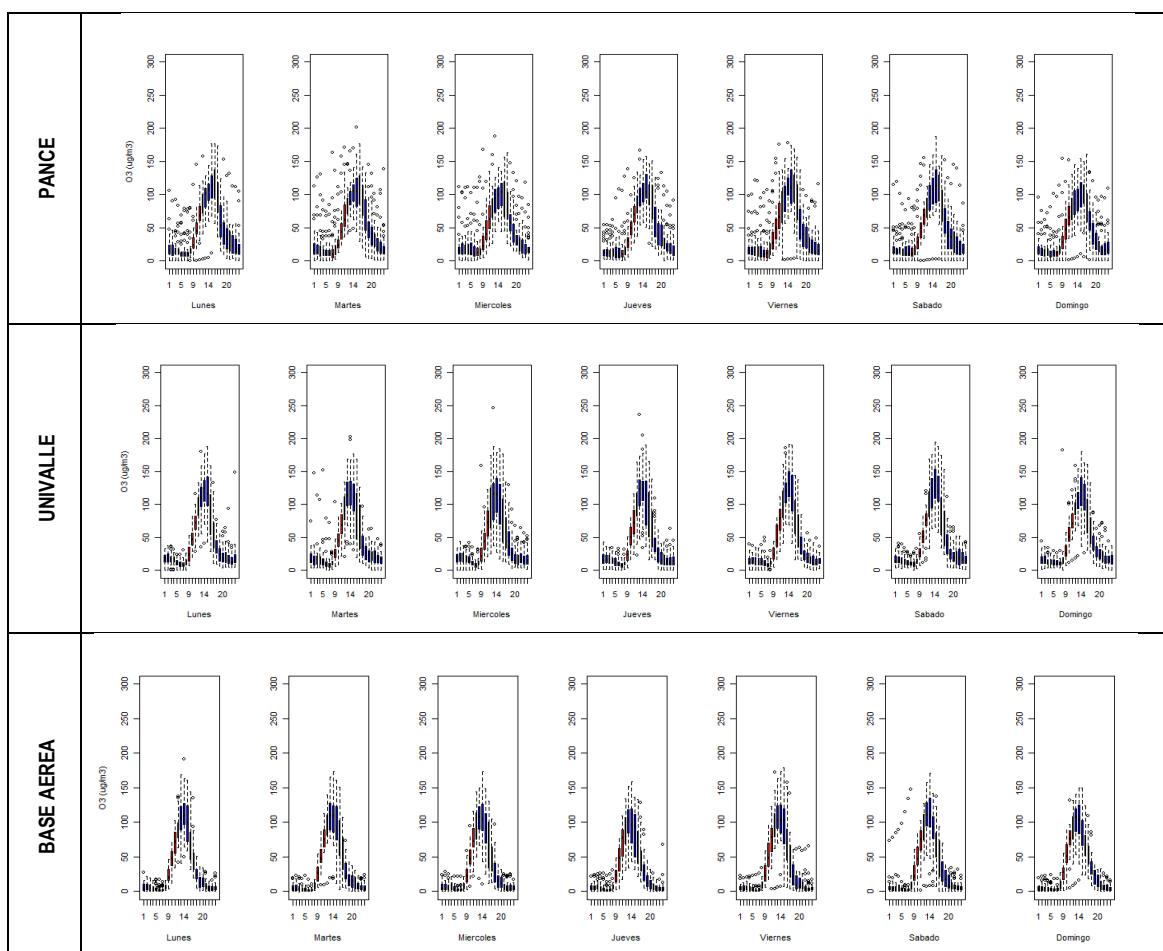


Grafico 11. Diagrama de cajas y alambres del Ozono Troposférico O₃ según el día de la semana. Estaciones Pance, Univalle y Base aérea

El gráfico 11 muestra el comportamiento del promedio horario del Ozono en las estaciones Pance, Univalle y Base Aérea, se presenta aparentemente similar al comparar los días de la semana. Claramente se puede observar el gran 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

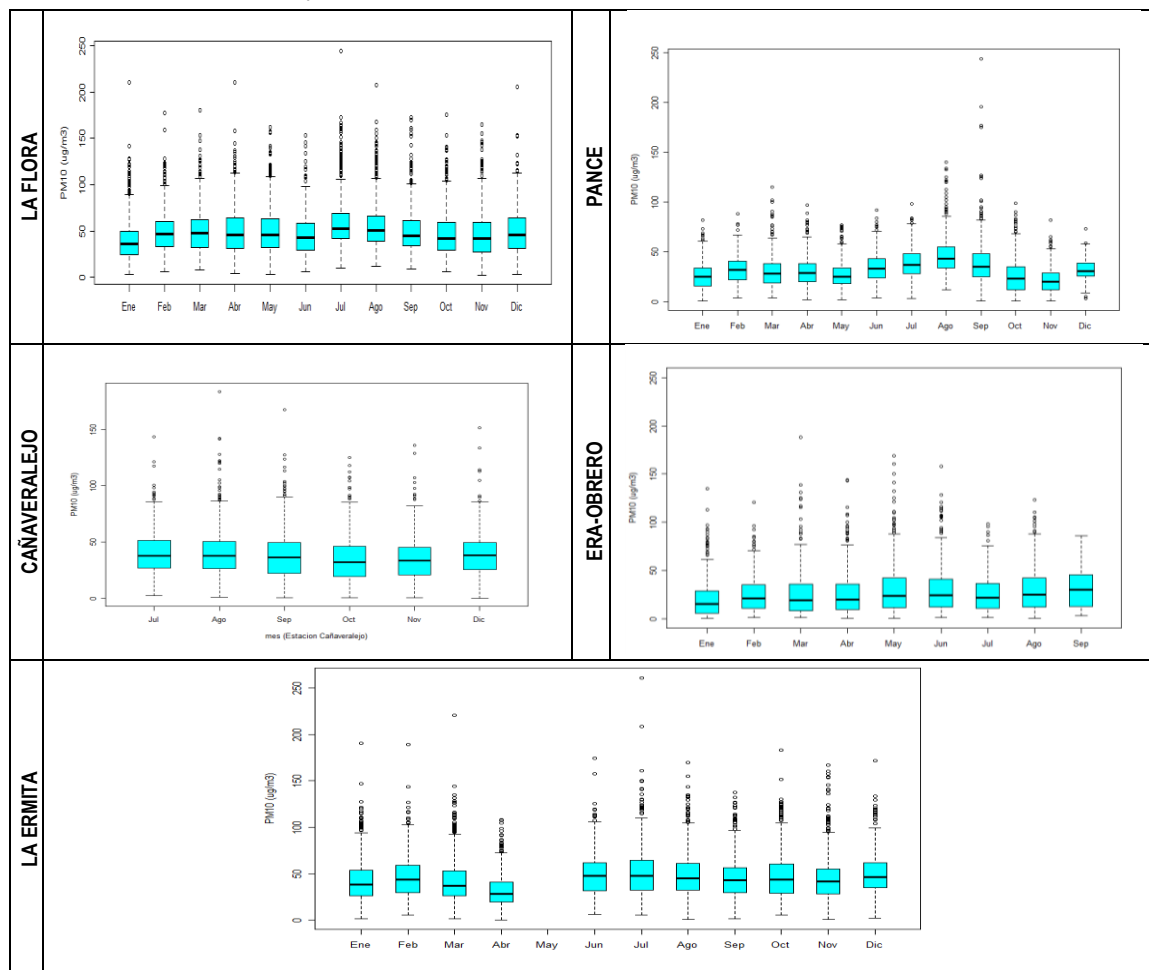


Gráfico 12. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Material Particulado PM₁₀ según el mes del año. Estaciones ERA-Obrero, La Flora, Pance, La Ermita y Cañaveralejo

Se observa gráficamente que en la estación La Flora no es muy claro establecer un mes en el cual se logre los niveles más altos y/o bajos de PM₁₀, sin embargo se puede decir que en el mes de diciembre se registraron los niveles más altos, a pesar que en la gráfica no son muy notorias las diferencias. En la estación Pance se encontró al mes de agosto como el de los mayores niveles de PM₁₀ y al mes de noviembre como el de mayores niveles de este contaminante. La Estación Cañaveralejo inicio mediciones en el mes de julio en el cual se puede ver que las mediciones son muy similares al hacer el análisis mes a mes. La estación ERA registro mediciones muy similares de PM₁₀ y no se encontró un mes con mediciones altas. Finalmente en la estación La Ermita se encontró al mes de abril como el de los más bajos niveles de PM₁₀.

INFORME DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2014

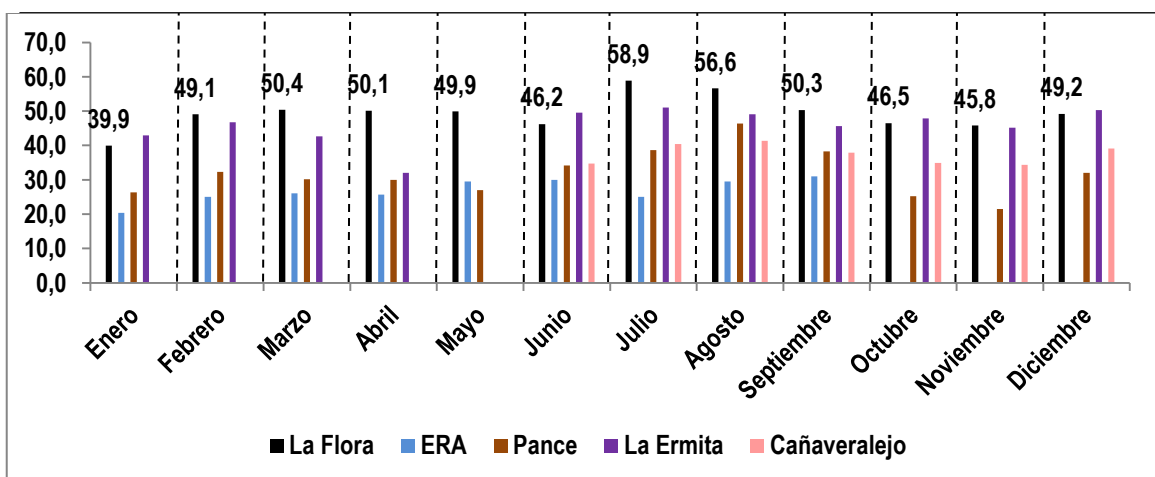


Gráfico 13. Comportamiento del Promedio Mensual del Material Particulado PM₁₀ según el mes del año. Estaciones ERA-Obrero, La Flora, Pance y Univalle (Unidades de medida µg/m³)

La grafica 13 muestra el comportamiento del promedio mensual del PM₁₀ durante el transcurso del año 2014, en el cual se puede evidenciar que el valor promedio mas alto se registro en el mes de Julio en la estacion La Flora con un valor de 58.9 µg/m³, seguido del valor de 56.6 µg/m³ obtenido durante el mes de agosto en la estacion La Flora. El comportamiento del promedio mensual en general muestra a la estacion La Flora con los valores mas altos en comparacion con los otros puntos en donde se mide este contaminante.

Material Particulado PM_{2.5}

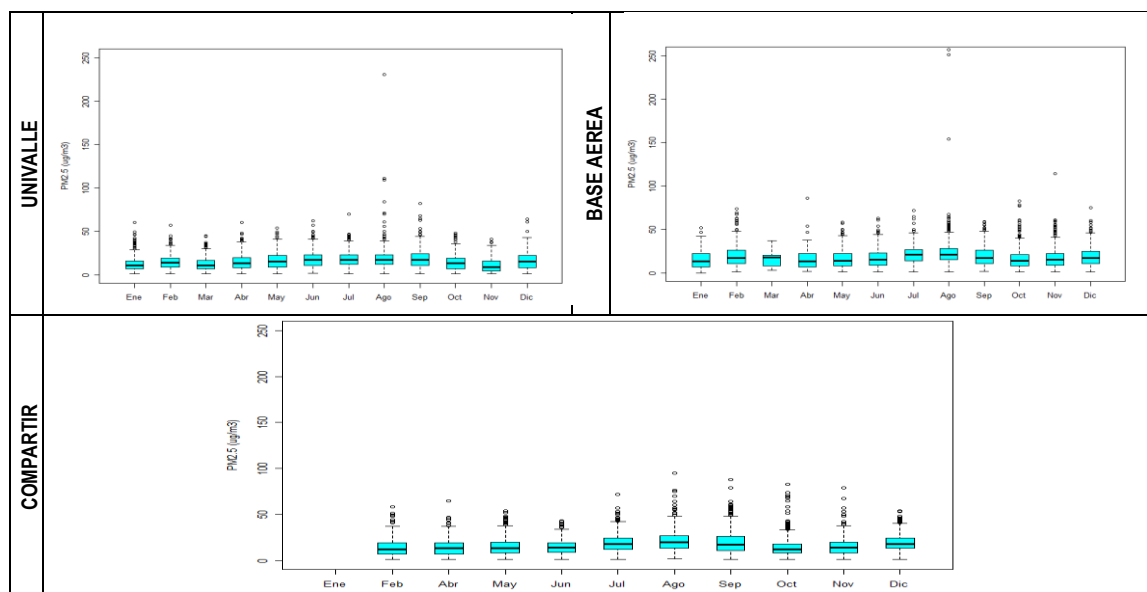


Gráfico 14. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Material Particulado PM_{2.5} según el mes del año. Estaciones Univalle y Base Aérea.

Se observa gráficamente que en la estación Univalle no es muy claro establecer un mes en el cual se logre los niveles más altos y/o bajos de PM_{2.5}, sin embargo se puede decir que en el mes de agosto se registraron los niveles más altos. En la estación Base aérea se encontró al mes de agosto como el de los mayores niveles de PM_{2.5}. La estación Compartir registro al mes de septiembre como el de los más altos niveles de este contaminante.

INFORME DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2014

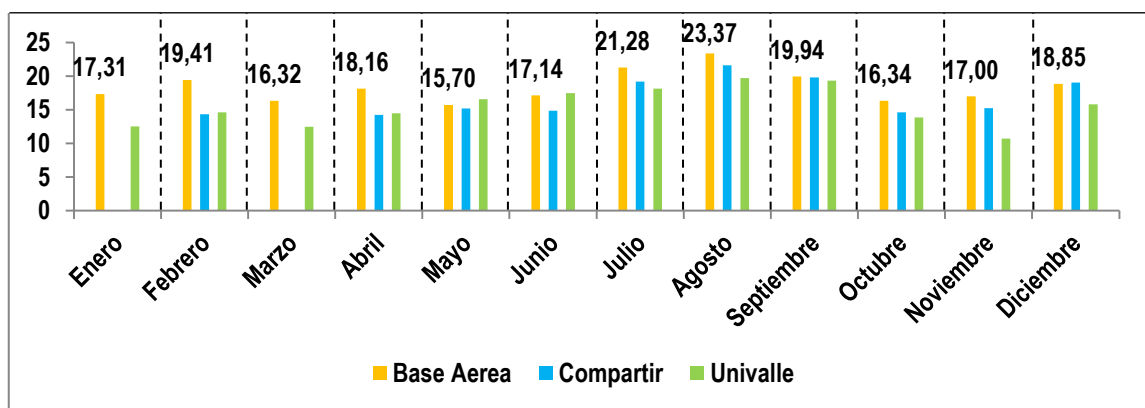


Grafico 15. Comportamiento del Promedio Mensual del Material Particulado PM_{2.5} según el mes del año. Estaciones Univalle y Base Aérea. (Unidades de medida µg/m³)

La grafica anterior muestra el comportamiento de los promedios mensuales del PM_{2.5} de las estaciones Univalle y Base Aérea. El valor promedio más alto se registró en la Base Aérea con un valor de 23.37 µg/m³ en el mes de agosto. En el grafico 13 se evidencia claramente que los promedios mensuales de este contaminante fueron en su gran mayoría superiores en la estacion Base Aerea en comparacion a los obtenidos en la estacion de Pance y en la estacion Compartir.

Dióxido de Nitrógeno NO₂

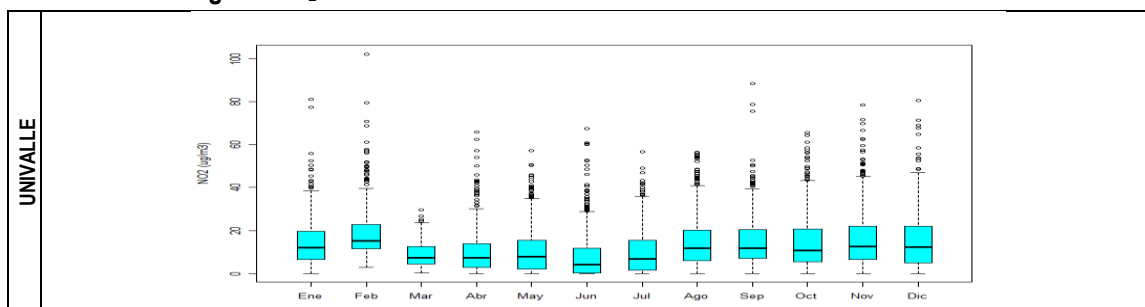


Grafico 16. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Dióxido de Nitrógeno NO₂ según el mes del año Estación Univalle.

Gráficamente se puede evidenciar que el comportamiento del dióxido de nitrógeno más bajo en la zona sur (estación Univalle) se registraron en los meses de marzo y abril. En el mes de febrero se registró un ligero aumento de este contaminante, sin embargo no es muy notorio dicho aumento.

Dióxido de Azufre SO₂

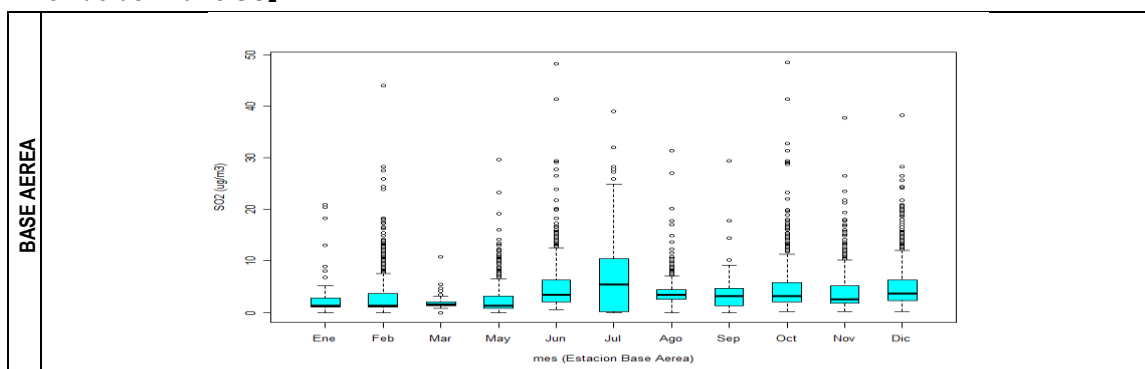


Grafico 17. Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Dióxido de Azufre SO₂ según el mes del año Estación Base Aérea.

Gráficamente se puede evidenciar que el comportamiento del dióxido de azufre más bajo en la zona Noreste (estación Base aérea) se registraron en los meses de marzo y mayo. En el mes de junio se registró un ligero aumento de este contaminante y una mayor variabilidad en las mediciones de este contaminante

Ozono Troposférico O₃

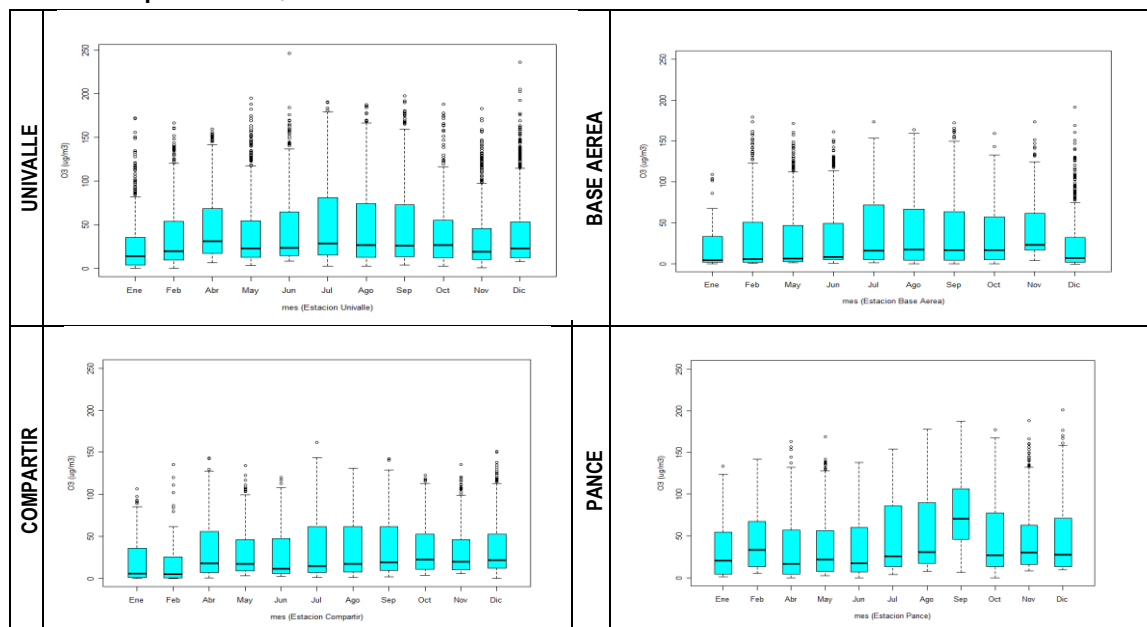


Gráfico 18. Diagrama de cajas y alambres del Ozono Troposférico O₃ según el mes del año. Datos horarios

En la estación Univalle en los meses de enero y noviembre se registraron los niveles más bajos de ozono mientras que en los meses de julio, agosto y septiembre se registraron los niveles más altos de este contaminante. En la estación Base Aérea el mes de diciembre fue el de menores niveles de ozono, mientras que en los meses de julio, agosto y septiembre fueron los de mayores niveles de este contaminante. En la estación Compartir el mes de febrero fue el de menores niveles de ozono, mientras que en los meses de julio, agosto y septiembre fueron los de mayores niveles de este contaminante. En la estación de Pance durante el mes de enero se registraron los menores niveles de ozono troposférico y en el mes de septiembre se registraron los niveles más altos de este contaminante.

3. INDICE DE CALIDAD DE AIRE

El Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire de Santiago de Cali en el año 2014 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, SO₂, NO₂ 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.

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 INDICE 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

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.

cuales se tuvieron en cuenta para el cálculo del ICA fueron ERA-Obrero, La Flora, Univalle, Pance, Base Aérea, Compartir, Cañaveralejo y La Ermita.

Promedio Anual de los valores máximos diarios de ICA por estación

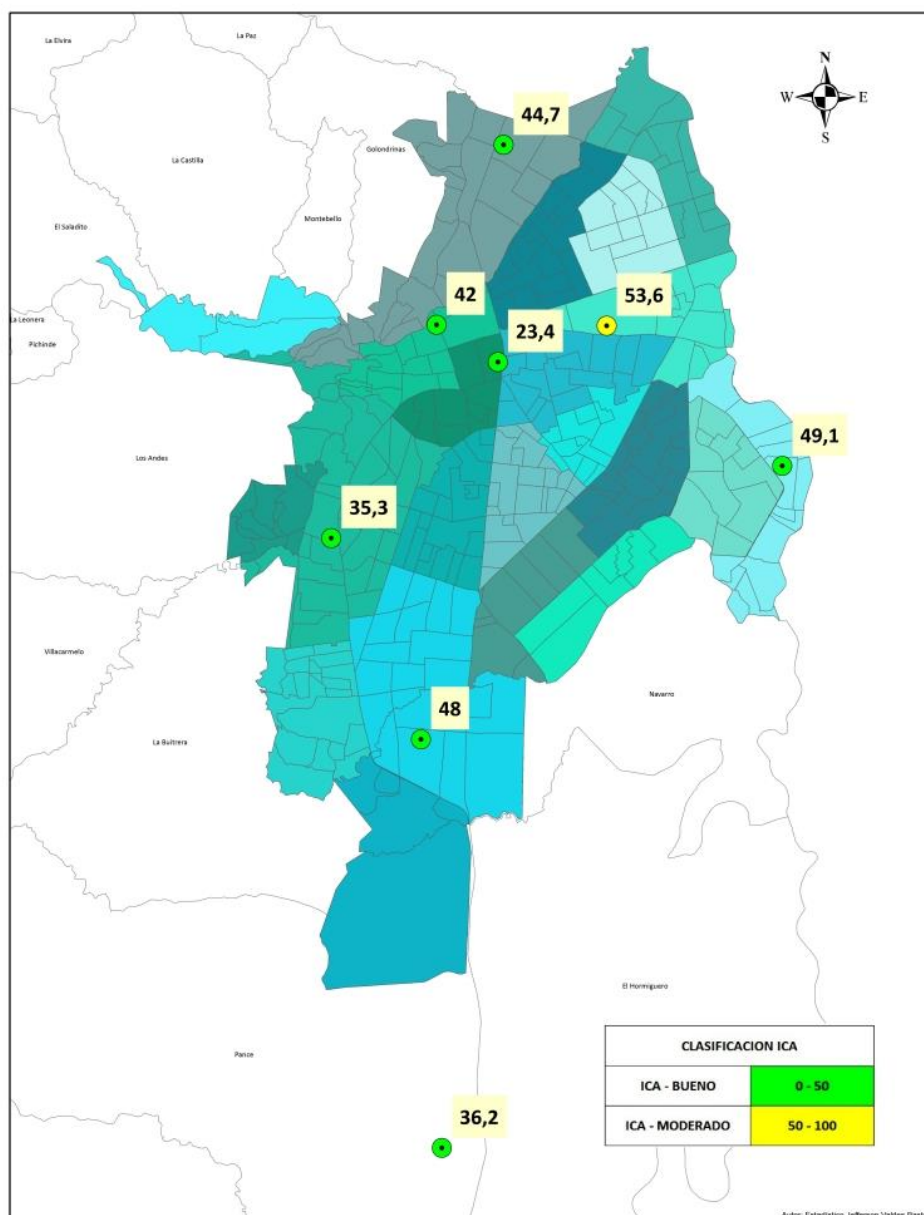


Grafico 19. Mapa con los Resultados del promedio anual del Índice de Calidad del Aire según la estación

El mapa anterior (Grafico 16) muestra los valores promedios anuales de los valores máximos diarios de ICA por cada uno de los puntos de monitoreo. En este caso se puede ver que el menor ICA Promedio – Anual se registró en la zona centro de la ciudad (Estación ERA- Obrero) con un valor de 23.4.

En 6 de los 7 puntos en los cuales se hizo cálculo del ICA Promedio Anual se registraron valores por debajo de 50 unidades de ICA (ICA-Buena). En la estación ubicada en la base aérea registro un valor de ICA de 53,6 unidades (superior a 50), razón por la cual se concluye que la calidad del aire en esa zona fue moderada, pero hay que tener en cuenta que este valor es muy cercano a 50 y habrá que tener cierta precaución con la interpretación.

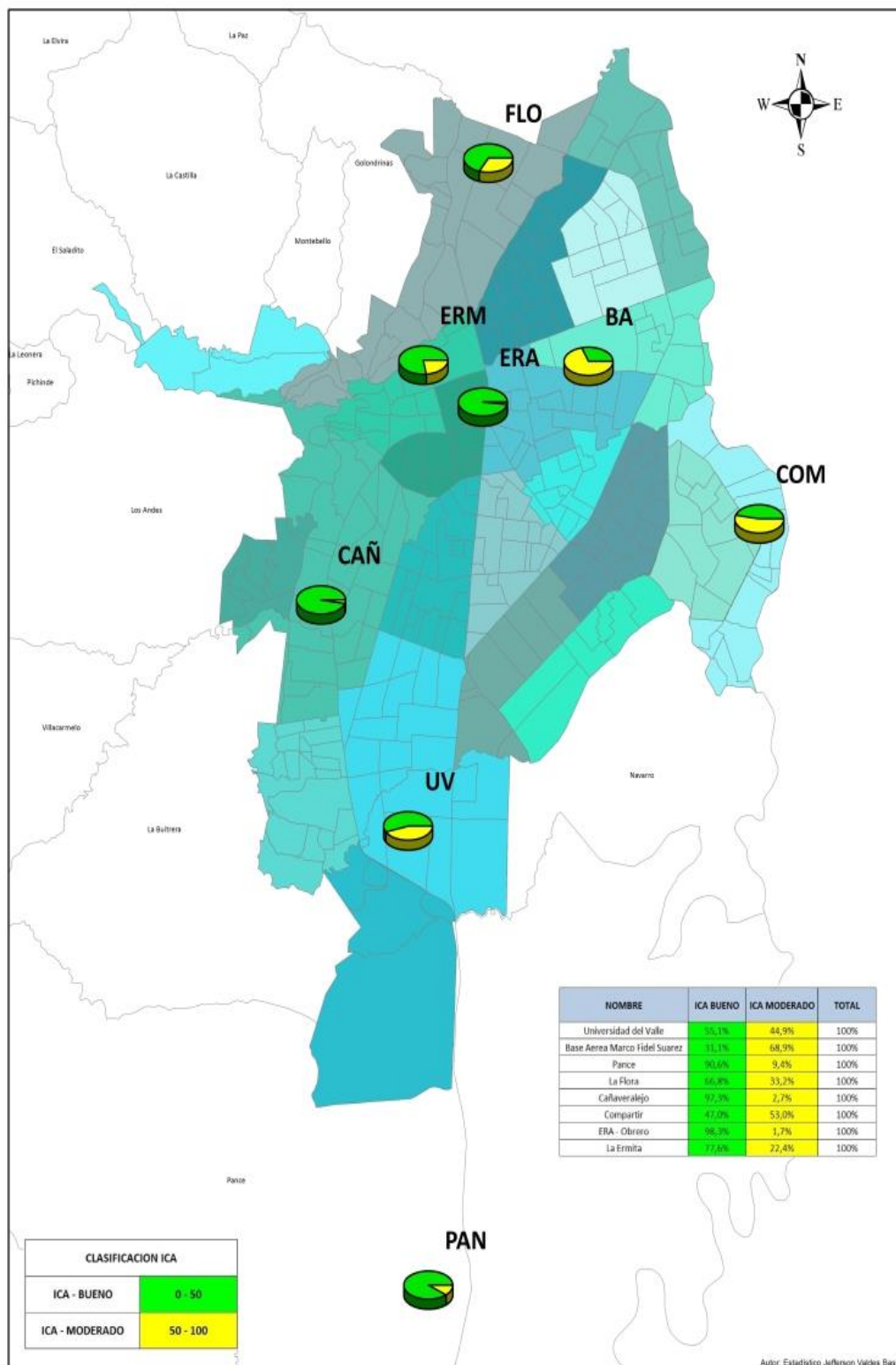


Grafico 20. Mapa con los Resultados del Índice de Calidad del Aire según la estación

La grafica 20 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 Base Aérea (68.9%) y Compartir (33.2%). Las estaciones ERA – Obrero (1.7%), Cañaveralejo (2.7%) y Pance (9.4%) registraron los valores más bajos de ICA-Moderado.

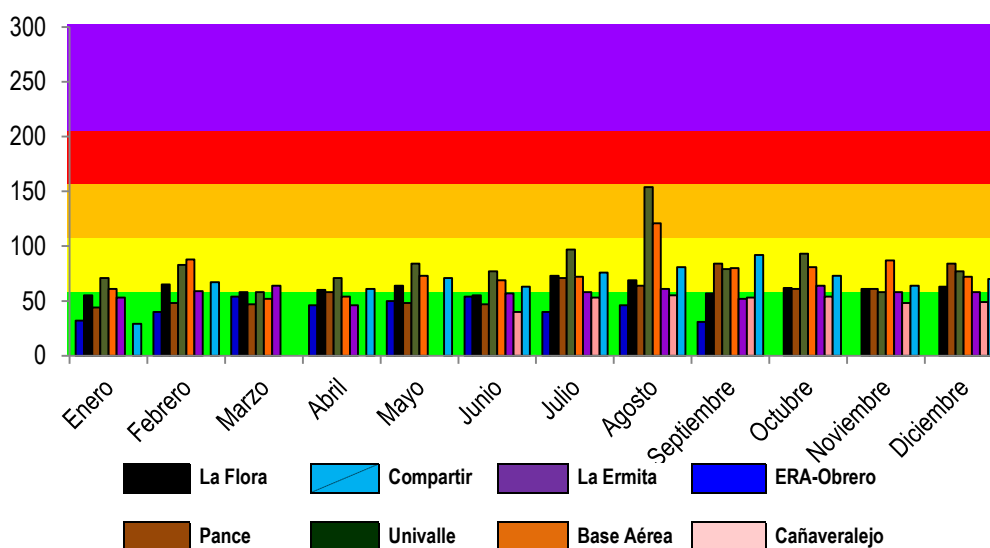


Grafico 21. Comportamiento máximo mensual de los valores máximos diarios del índice de calidad del aire

El grafico 21 muestra el comportamiento del máximo mensual de los valores máximos diarios de ICA obtenidos durante el año 2014 en el cual se puede apreciar que en la estación Univalle se registraron los valores máximos mensuales más altos. 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 el mes de agosto.

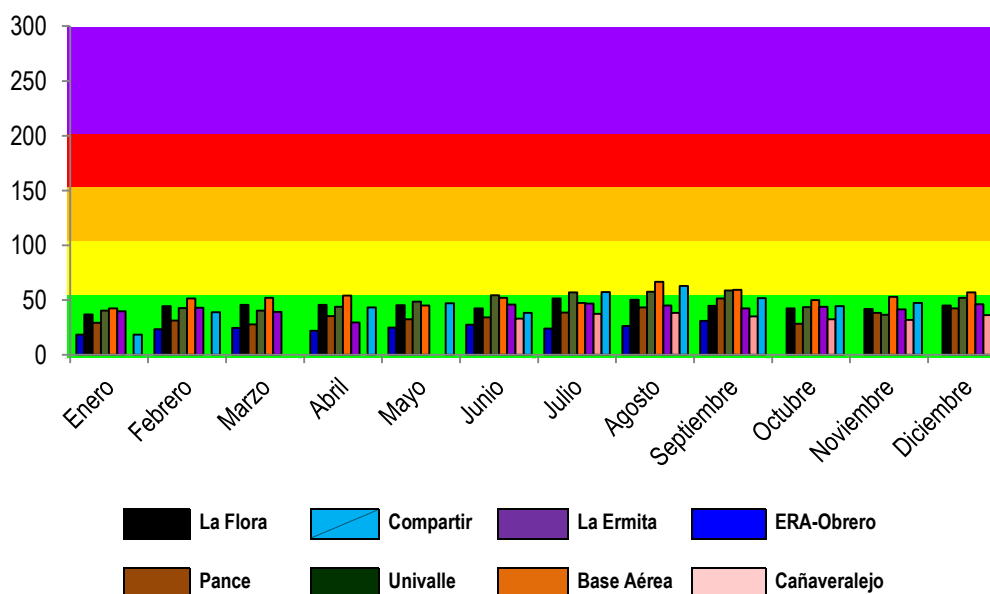


Grafico 22. Comportamiento promedio mensual de los valores máximos diarios del índice de calidad del aire

El grafico 22 muestra el comportamiento del promedio mensual de los valores máximos diarios de ICA obtenidos durante el año 2014 en el cual se puede apreciar que en las estaciones Base Aérea y Univalle se encontraron promedios los mensuales más altos del año 2014. También se puede apreciar que en el mes de agosto se registraron los valores promedio más altos.

Matriz ICA Diario – Anual 2014**Matriz ICA Diario – Anual 2014**

Tabla 5. Comportamiento del ICA Diario – Anual 2014

ICA – Diario ERA-Obrero: En el 2014 de los 365 días del año se registraron 174 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 71.2%. De los 174 días de medición de ICA, el 98,3% 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 2014 de los 365 días del año se registraron 334 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 91.5%. De los 334 días de medición de ICA, el 66.8% 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 2014 de los 365 días del año se registraron 351 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 96.2%. De los 351 días de medición de ICA, el 90.6% 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 2014 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 55.1% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 que específicamente en este punto aproximadamente la mitad registraron cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire – Bueno y la otra mitad registraron cuadros de color amarillo que representan un estado de Calidad del Aire - Moderado.

ICA – Diario Base Aérea: En el 2014 de los 365 días del año se registraron 257 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 70.4%. De los 257 días de medición de ICA, el 31.1% 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 2014 de los 365 días del año se registraron 322 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 88.2%. De los 322 días de medición de ICA, el 77.6% 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 2014 de los 365 días del año se registraron 279 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 76.4%. De los 279 días de medición de ICA, el 47% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 5 que específicamente en este punto aproximadamente la mitad registraron cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire – Bueno y la otra mitad registraron cuadros de color amarillo que representan un estado de Calidad del Aire - Moderado.

ICA – Diario Cañaveralejo: En el 2014 de los 365 días del año se registraron 184 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 50.4%. De los 184 días de medición de ICA, el 97.3% 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.

4. ANÁLISIS METEOROLÓGICO

En este último capítulo se hará un análisis muy en detalle del comportamiento meteorológico durante el año 2014, 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.

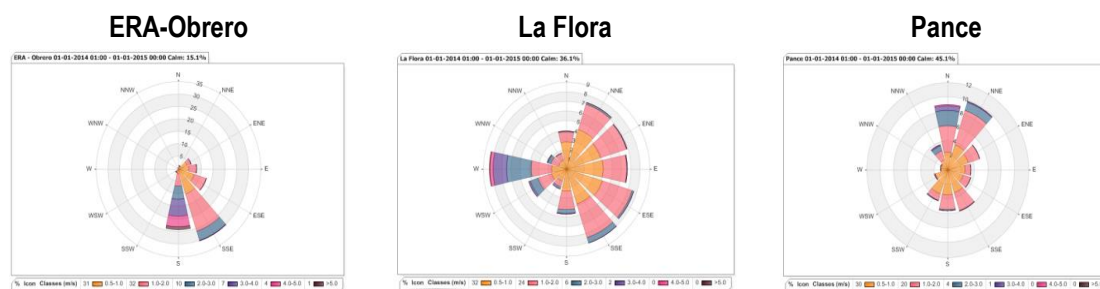
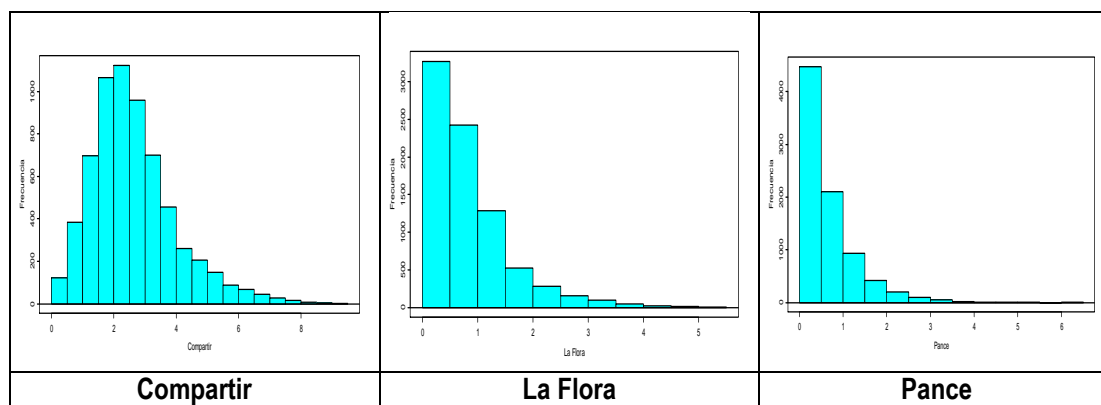


Grafico 23. Rosas de los Vientos Anual – Estaciones ERA-Obrero, La Flora y Pance.

La grafica 23 muestra las rosas de los vientos de las estaciones meteorológicas ubicadas en las zonas Norte (La Flora), Centro (ERA-Obrero) y Pance (Background rural – Sur). La rosa de vientos corresponde al periodo definido entre las 00:00 horas del día 01 de Enero de 2014 hasta las 24:00 horas del día 31 de diciembre de 2014. La distribución de los vientos se ve más claramente en el grafico 24 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. Los vientos predominantes en la estación la flora provienen del este de la ciudad, los cuales provienen muy seguramente de municipios circunvecinos como Palmira y candelaria. En la estación ERA-Obrero los vientos predominantes provienen del sur de la cordillera occidental. Los vientos predominantes en la estación Pance provienen del noreste de la ciudad.

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



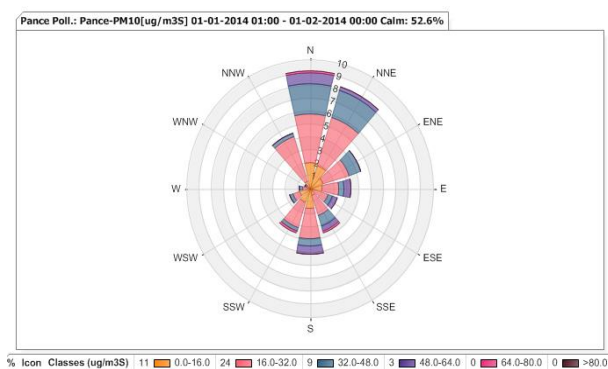
Grafica 24. Distribución de Frecuencias de Velocidad de Vientos. Año 2014

De la gráfica 24 se observa que durante el año 2014, en las tres zonas donde se midió la velocidad de los vientos (Zona norte, zona centro y background rural), se pudo observar que predominaron vientos con velocidades entre los 0 a 5 m/s, registrándose con una frecuencia de más del 95%.

4.1.2. ROSAS DE POLUCION DE LOS CONTAMINANTES

Las Rosas de Polución son básicamente otra forma de ilustrar la distribución de frecuencias de la dirección del viento y su correlación temporal con un contaminante en particular. También en este punto se realizaron los diagramas de dispersión cartesianos que básicamente permite visualizar gráficamente como fue el comportamiento del contaminante según la dirección de los vientos y el cual es muy similar a lo que se muestra en una rosa de polución.

A continuación se presentan las gráficas de Polución y dispersión cartesiana horarias construidas a partir de la información validada de las estaciones en las cuales se tiene información meteorológica (ERA-Obrero, Pance y La Flora)



Rosa de Polución del Material Particulado PM₁₀
Estación Pance - 2014

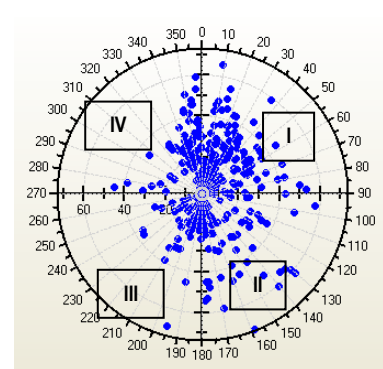
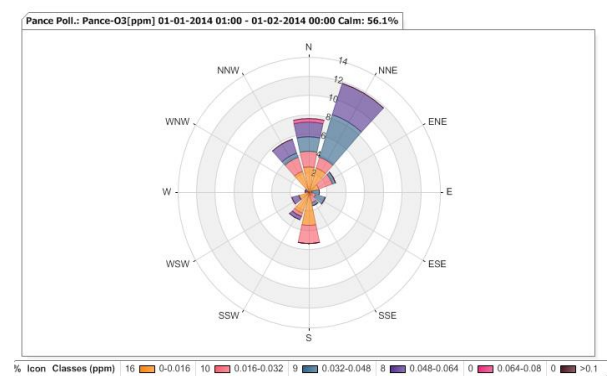


Diagrama de dispersión del PM₁₀
Estación Pance - 2014

Grafica 25. Rosa de Polución y diagrama de dispersión del Material Particulado PM₁₀ – Estación Pance. Año 2014

La grafica 25 muestra el comportamiento de la rosa de polución anual del Material Particulado, en la cual se puede evidenciar que la mayoría de las partículas de PM₁₀ provienen del noreste y están entre 1 y 244 µg/m³. El diagrama de dispersión cartesiano muestra que la mayor proporción de partículas (independientemente de que la concentración de partículas sea alta o baja) se encuentran en los cuadrantes I y II, es decir que el Material Particulado en la zona de Pance proviene del noreste y del sureste y es en estas direcciones cartesianas es donde se presentaron los valores más altos de dicho contaminante.



Rosa de Polución del Ozono Troposférico O₃
Estación Pance - 2014

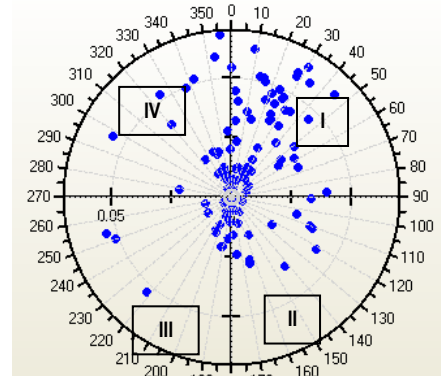
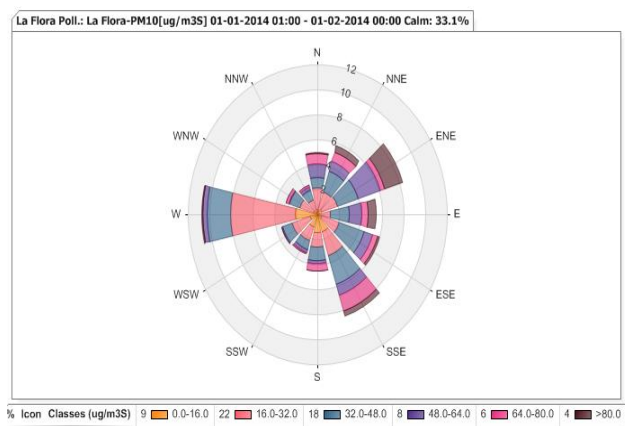


Diagrama de dispersión del O₃
Estación Pance - 2014

Grafica 26. Rosa de Polución y diagrama de dispersión del Ozono Troposférico O₃ – Estación Pance. Año 2014

Algo muy similar ocurrió con el Ozono troposférico en esta zona, ya que la gráfica 26 muestra el comportamiento de la rosa de polución anual este contaminante, en la cual se puede evidenciar que la mayoría de O₃ proviene del noreste. El diagrama de dispersión cartesiano muestra que la mayor proporción de este gas (independientemente de que la concentración de este gas contaminante sea alta o baja) se encuentra en su gran mayoría en el cuadrante I, es decir que el Ozono Troposférico en la zona de Pance proviene del noreste y es en estas direcciones cartesianas es donde se presentaron los valores más altos de dicho contaminante.



Rosa de Polución del Material Particulado PM₁₀
Estación La Flora - 2014

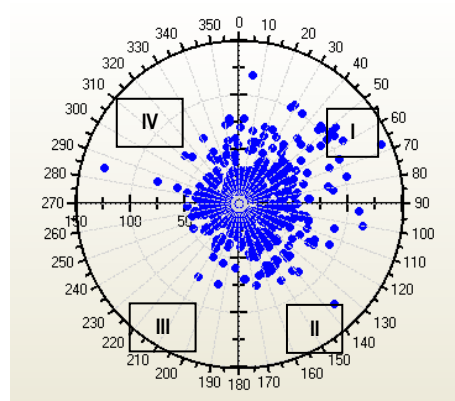
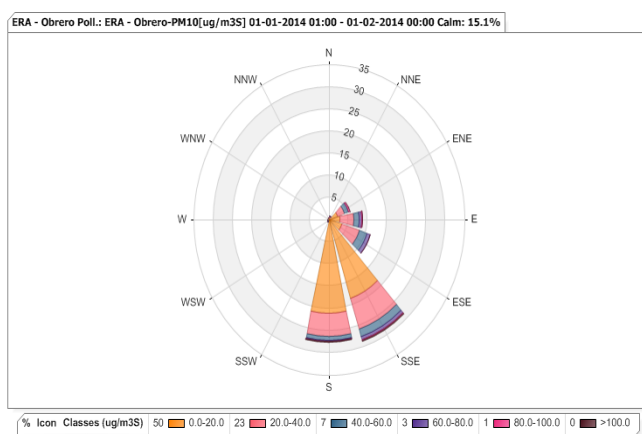


Diagrama de dispersión del PM₁₀
Estación La Flora - 2014

Grafica 27. Rosa de Polución y diagrama de dispersión del Material Particulado PM₁₀ – Estación La Flora. Año 2014

La grafica 27 muestra el comportamiento de la rosa de polución anual del Material Particulado en la estación La Flora (Zona Norte), en la cual se puede evidenciar que la mayoría de las partículas de PM₁₀ provienen del noreste, sureste y del oeste. Ellas están entre 2 y 245 µg/m³. El diagrama de dispersión cartesiano muestra que la mayor proporción de partículas (independientemente de que la concentración de partículas sea alta o baja) se encuentran en los cuadrantes I y II, es decir que el Material Particulado en la zona de influencia de la estación La Flora proviene del noreste y del sureste y es en estas direcciones cartesianas es donde se presentaron los valores más altos de dicho contaminante.



Rosa de Polución del Material Particulado PM₁₀
Estación ERA-Obrero - 2014

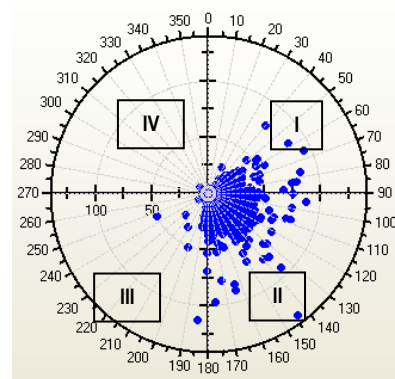


Diagrama de dispersión del PM₁₀
Estación ERA-Obrero - 2014

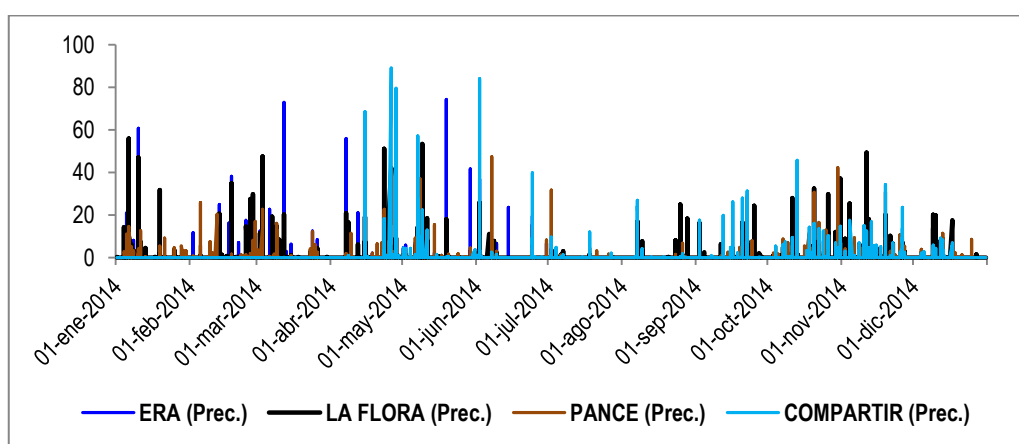
Grafica 28. Rosa de Polución y diagrama de dispersión del Material Particulado PM₁₀ – Estación ERA-Obrero. Año 2014

La grafica 28 muestra el comportamiento de la rosa de polución anual del Material Particulado en la estación ERA-Obrero (Zona Centro), en la cual se puede evidenciar que la mayoría de las partículas de PM₁₀ provienen del sur y están entre 1 y 188 µg/m³. El diagrama de dispersión cartesiano muestra que la mayor proporción de partículas (independientemente de que la concentración de partículas sea alta o baja) se encuentran en los cuadrantes I y II, es decir que el Material Particulado en la zona de influencia de la estación La Flora proviene del sur y es en esta dirección cartesiana es donde se presentaron los valores más altos de dicho contaminante.

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



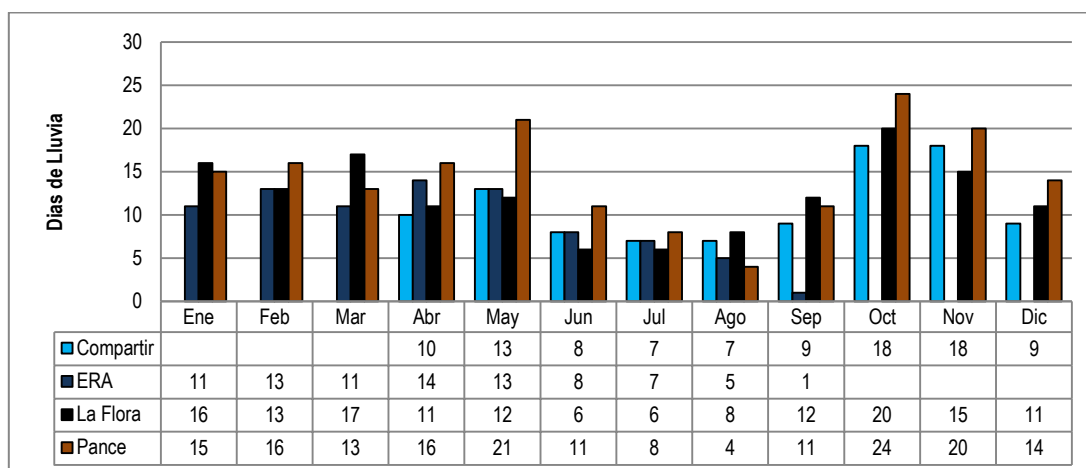
Grafica 29. Comportamiento de la Precipitación Horaria. Estaciones ERA-Obrero, La Flora y Pance

La grafica 29 muestra el comportamiento horario de la precipitación durante el año 2014 de las estaciones ERA-Obrero, La Flora; Compartir y Pance en el cual no se observa muy claramente los periodos del año en donde se presentaron los mayores niveles de lluvia, sin embargo la tabla 6 y gráfica 30 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				11	31	35,5%	16	31	51,6%	15	31	48,4%
Feb				13	28	46,4%	13	28	46,4%	16	28	57,1%
Mar				11	31	35,5%	17	31	54,8%	13	31	41,9%
Abr	10	30	33,3%	14	30	46,7%	11	30	36,7%	16	30	53,3%
May	13	31	41,9%	13	31	41,9%	12	31	38,7%	21	31	67,7%
Jun	8	30	26,7%	8	30	26,7%	6	30	20,0%	11	30	36,7%
Jul	7	31	22,6%	7	31	22,6%	6	31	19,4%	8	31	25,8%
Ago	7	31	22,6%	5	31	16,1%	8	31	25,8%	4	31	12,9%
Sep	9	30	30,0%	1	30	3,3%	12	30	40,0%	11	30	36,7%
Oct	18	31	58,1%				20	31	64,5%	24	31	77,4%
Nov	18	30	60,0%				15	30	50,0%	20	30	66,7%
Dic	9	31	29,0%				11	31	35,5%	14	31	45,2%
Total	99	365	27,1%	83	365	22,7%	147	365	40,3%	173	365	47,4%

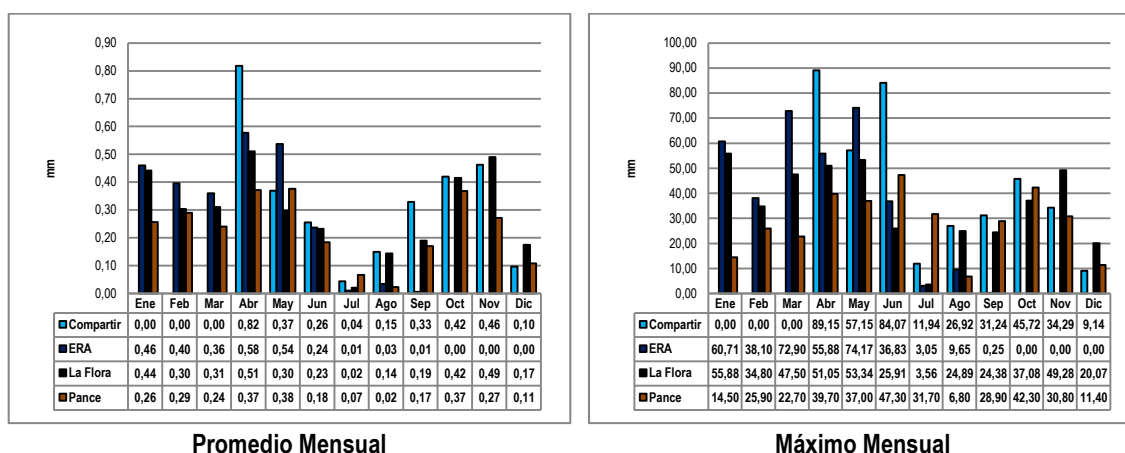
Tabla 6. Porcentaje de lluvias durante el año 2014 clasificados según el mes durante el año 2014

La tabla 6 muestra que en el año 2014 entre el 32% y el 38% de los días se registraron lluvias.



Grafica 30. Días con lluvias durante el año 2014

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 julio.



Grafica 31 Comportamiento mensual de precipitación. Máximos y Promedios Mensuales.

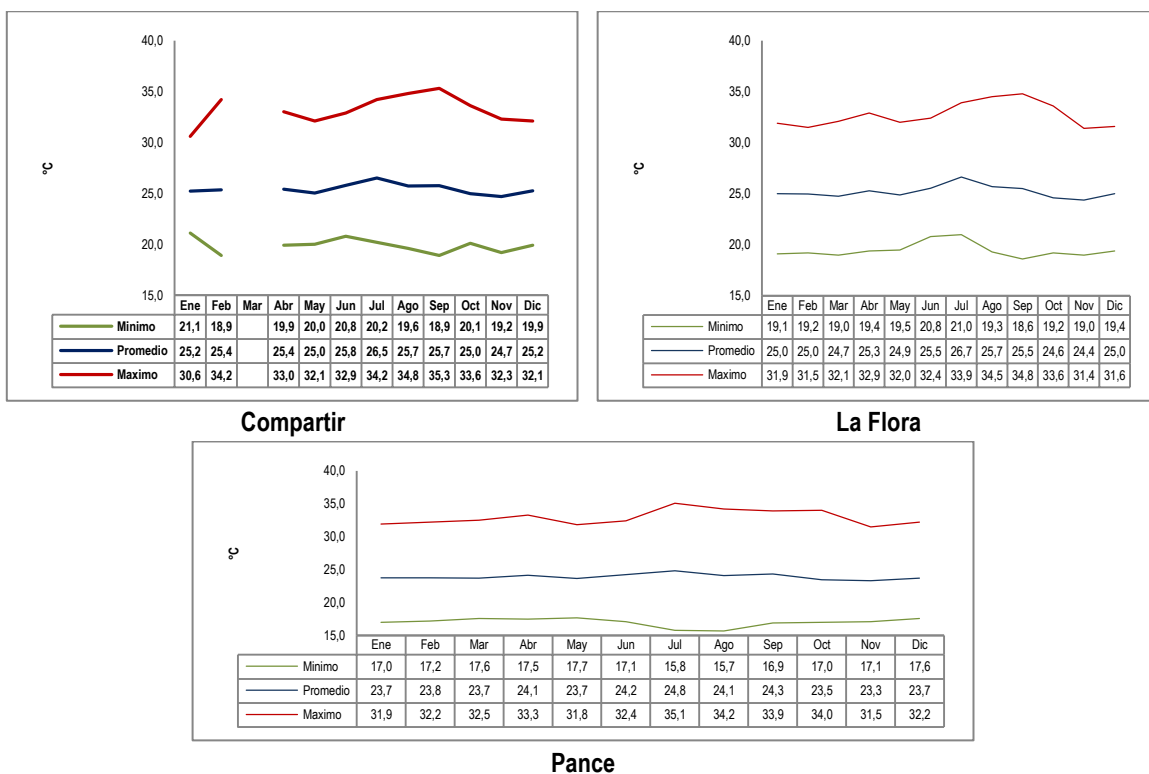
La grafica 31 muestra cómo fueron los comportamientos máximos y promedios mensuales de la precipitación.

Máximo Mensual: Se observó que las precipitaciones más altas (Valor máximo mensual) se registraron en la zona oriente (Estación Compartir) en el mes de abril con un valor de 89.15 mm y en el mes de junio 84.07mm) respectivamente. En términos generales en los meses de abril, mayo y junio se registraron los valores más altos de precipitación, mientras que los meses de julio y diciembre fueron los de más bajos valores de precipitación.

Promedio Mensual: en abril y mayo se registraron los promedios mensuales más altos, mientras que los meses de julio y agosto registraron los promedios más bajos.

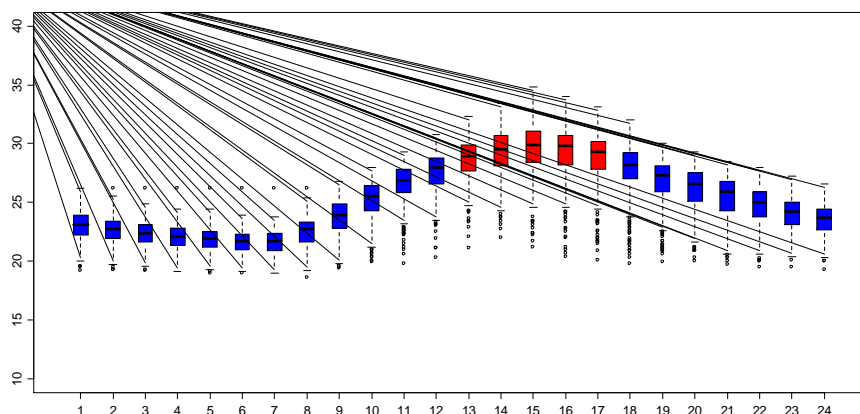
4.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL

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



Grafica 32 Comportamiento mensual de Temperatura. Máximos, Mínimos y Promedios Mensuales. Estaciones ERA-Obrero y La Flora - 2014

La grafica 32 muestra que la temperatura en las zonas oriente (Compartir), sur (Pance) y norte (La Flora) presentaron comportamientos muy similares en donde la temperatura oscila aproximadamente entre 15,7 y 35,3 grados centígrados. En la estación Compartir se registró el promedio mensual más alto (35.3 °c) el cual ocurrió en el mes de septiembre.

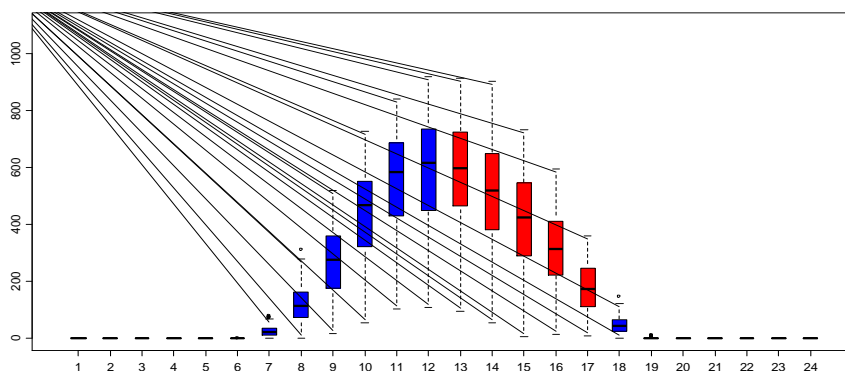


Grafica 33. Comportamiento horario de la Temperatura en el Norte de la ciudad durante el año 2014 (estación la Flora).

La grafica 33 muestra el comportamiento de la temperatura según la hora de un día típico promedio en el año en la zona (La Flora), en el cual se evidencia claramente en a partir de las 9 am se incrementaron los valores promedios de temperatura. Durante el año 2014, la hora del día de mayores niveles de promedios de temperatura se registraron 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.

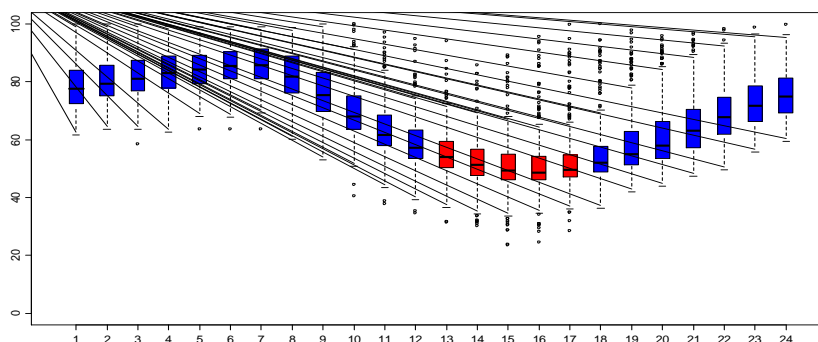


Grafica 34. Comportamiento horario de la Radiación Solar en el Norte de la ciudad durante el año 2014 (estación la Flora).

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



Grafica 35. Comportamiento horario de la Humedad Relativa en el Norte de la ciudad durante el año 2014 (estación la Flora).

Tal y como se observa en la gráfica 35 se puede ver que en la zona norte de la ciudad (Estación la Flora) 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 2004, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014

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 2004, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014. Los resultados más relevantes se muestran a continuación:

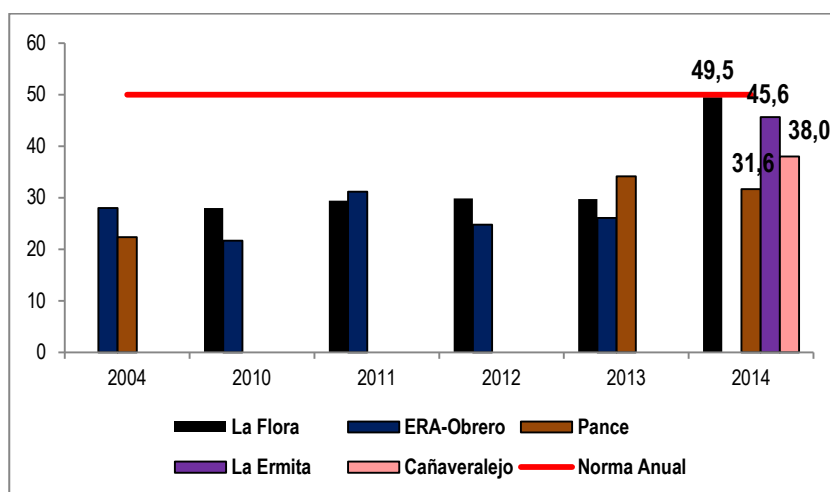


Gráfico 36. Comportamiento Promedio Anual del Material Particulado PM₁₀ según la estación de monitoreo.

Se observa que en la estación la Flora (Zona Norte de la ciudad) el promedio anual en el año 2014 fue el más alto de los últimos 4 años con un valor de 49.5 µg/m³, el cual es muy cercano al límite máximo permisible establecido por la norma nacional.

Si se hace la comparación de los promedios anuales solo para el último año de monitoreo (2014) se puede evidenciar que en la estación Pance (Background Rural o Punto Blanco) se registró el menor valor promedio anual (31.6 µg/m³) y en la estación La Flora (Norte) se registró el valor más alto (49.5 µg/m³).

En el año 2014 entro en el análisis los promedios anuales de las estaciones Ermita y Cañaveralejo.

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 50 µg/m³.

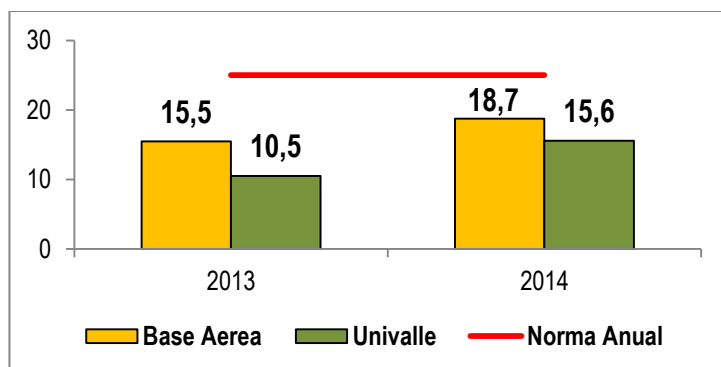


Gráfico 37. Comportamiento Promedio Anual del Material Particulado PM_{2.5} según la estación de monitoreo.

Según el gráfico 37 se puede observar que en términos generales se registró un aumento de los niveles de este contaminante si se hace una comparación de los años 2013 y 2014. En el caso de la estación Base Aérea se incrementó el promedio anual en 3 µg/m³, mientras que la estación Univalle, se incrementó el promedio anual en 5 µg/m³.

Si se hace la comparación de los promedios anuales para el último año de monitoreo (2014) se puede evidenciar que en la estación Base Aérea (Zona nororiente) se registró el mayor valor promedio anual.

Cabe hacer hincapié en que 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 25 µg/m³.

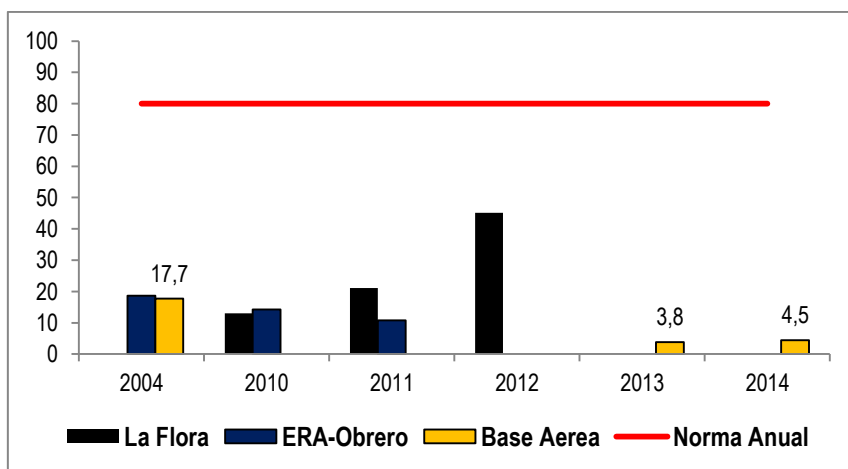


Gráfico 38. Comportamiento Promedio Anual del Dióxido de Azufre SO₂ según la estación de monitoreo.

Se observa que en la estación la Flora (Zona Norte de la ciudad) se midió este contaminante desde el año 2010 hasta el año 2012, durante ese periodo se pudo evidenciar que el mayor promedio se registró en el año 2012 (45,2 µg/m³). En la estación ERA-Obrero (Zona Centro) se midió este contaminante 2004, 2010 y 2011, durante este periodo se pudo evidenciar que en el año 2004 fue el que registro el mayor promedio anual de este contaminante y comparado con los promedios obtenidos en los años 2010 y 2011 se puede evidenciar una ligera disminución de este contaminante en este punto de la ciudad.

En los años 2013 y 2014 se hizo el cálculo del promedio anual de SO₂ en la estación Base Aérea, en donde se encontró valores promedio anuales muy bajos.

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 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

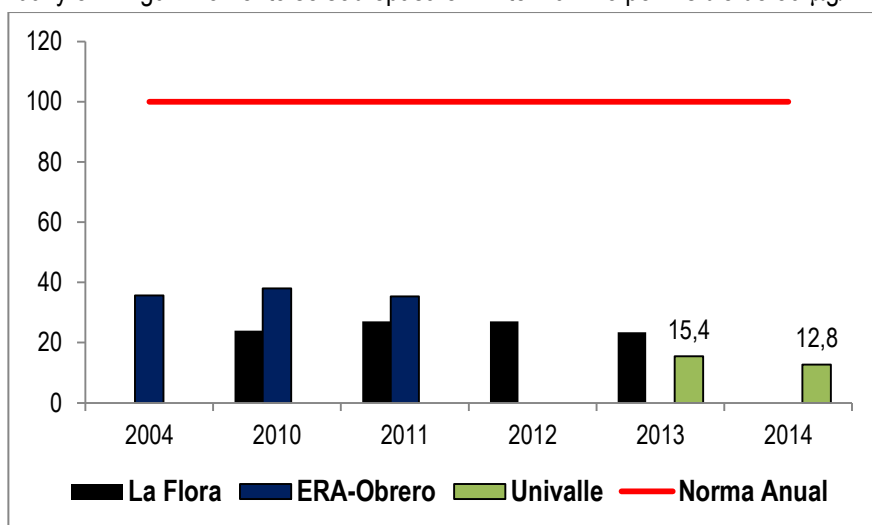


Gráfico 39. Comportamiento Promedio Anual del Dióxido de Nitrógeno NO_2 según la estación de monitoreo.

Se observa que en la estación la Flora (Zona Norte de la ciudad) los promedios anuales registrados en los años 2010-2013 fueron muy similares los cuales oscilaron entre los 24 y 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En la estación ERA-Obrero (Zona Centro) se midió este contaminante 2004, 2010 y 2011, durante este periodo se pudo evidenciar que en el año 2010 fue el que registro el mayor promedio anual de este contaminante y comparado con los promedios obtenidos en los años 2004 y 2011 se puede evidenciar que los valores de promedios anuales fueron en realidad muy similares. Si se hace la comparación del promedio anual solo para el último año de monitoreo (2014) se puede evidenciar que solo se registró en la estación Univalle con un valor de 12,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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.