



ALCALDÍA DE  
SANTIAGO DE CALI

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
DE GESTIÓN MEDIO AMBIENTE

# INFORME ANUAL DE CALIDAD DE AIRE 2013



**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

**Directora: Martha Cecilia Landazábal  
Marulanda.**

**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**

**2014**



**Sistema de Vigilancia de Calidad  
del Aire de Santiago de Cali**

Grupo Calidad del Aire - DAGMA



## 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 2013.....	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.....	10
3. INDICE DE CALIDAD DE AIRE .....	13
3.1. CONTAMINANTES QUE COMPONEN EL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE .....	13
3.2. RANGOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE.....	14
3.3. EFECTOS A LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE .....	14
3.4. RESULTADOS DEL CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE .....	14
4. ANÁLISIS METEOROLOGICO.....	17
4.1. COMPORTAMIENTO DE LOS VIENTOS EN SUPERFICIE .....	17
4.1.1. ROSAS DE VIENTOS.....	17
4.1.2. ROSAS DE POLUCION DE LOS CONTAMINANTES.....	19
4.2. PRECIPITACION .....	21
4.2.1. Distribución de la precipitación horaria durante el año.....	21
4.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL .....	23
4.4. RADIACION SOLAR.....	24
4.5. HUMEDAD RELATIVA .....	24
5. COMPARACIÓN DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO SEGÚN EL PUNTO DE MONITOREO. AÑOS 2004, 2010, 2011, 2012 Y 2013 .....	25
5.1. PROMEDIOS ANUALES .....	25
5.2. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HISTORICO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE	27

## 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 6 sitios alrededor de la ciudad: Estación ERA-Obrero (Zona Centro), La Flora (Zona Norte), Pance (Background Rural), Univalle (Zona Sur), Base Aérea (Zona Noreste), y La Ermita (Zona Centro).

Los resultados de las variables contaminantes y meteorológicas del año 2013 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.

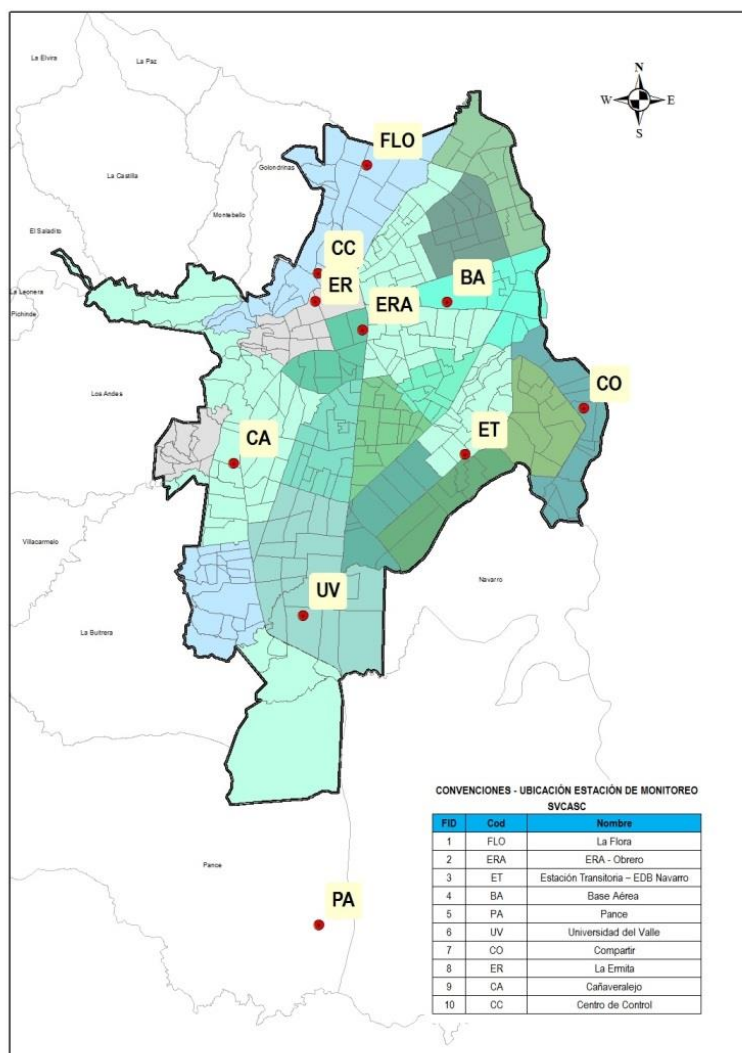


Gráfico No. 1. Ubicación espacial de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Cali

## 2. CALIDAD DEL AIRE

### 2.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES DURANTE EL AÑO 2013

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 2013.

Porcentaje de Datos Validos durante el año 2013											
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	83,4%	-	-	-	-	94,4%	94,4%	94,4%	94,4%	94,4%	94,4%
Era-Obrero	70,1%	-	-	-	-	99,1%	95,9%	99,1%	99,1%	99,1%	99,1%
Pance	62,9%	-	-	-	38,5%	74,3%	72,4%	0,0%	74,3%	0,0%	74,3%
La Ermita	33,9%	-	-	-	-	No hay sensores de meteorología					
Base aérea	-	42,4%	35,2%	-	37,4%	No hay sensores de meteorología					
Univalle	-	73,1%	-	61,6%	65,0%	No hay sensores de meteorología					

Porcentajes superiores al 75%

**Tabla 1.** Porcentaje de datos validos por estación durante el año 2013. 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

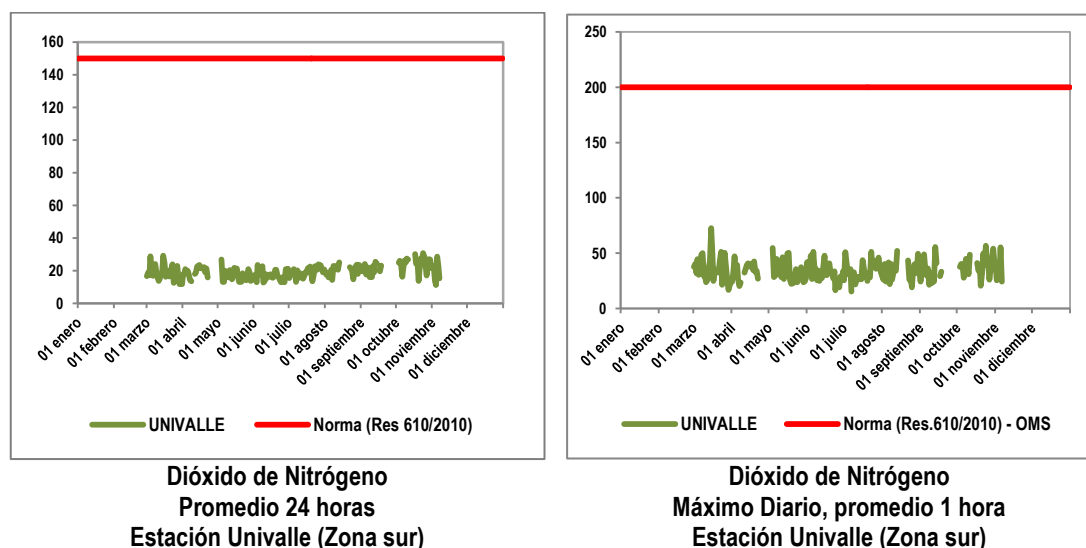
A continuación se hace un análisis por variable (analizador) para determinar el porcentaje de datos validos:

- **Material Particulado menor a 10 micras – PM<sub>10</sub>:** Se encontró que tres de los 4 analizadores incluidos en el informe superan el 60% de datos válidos. El analizador ubicado en la estación La Ermita comenzó a operar en el mes de septiembre de 2013, razón por la cual se explica el porcentaje de datos del 34%.
- **Material Particulado menor a 2.5 micras – PM<sub>2.5</sub>:** Se encontró que el analizador ubicado en Univalle superó el 70% de datos válidos. En el caso del equipo ubicado en la base aérea, este registró un porcentaje del 43%.
- **Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub>:** Solo hay un analizador para este contaminante ubicado en la Base Aérea, el cual registro un porcentaje de tan solo el 35,2% de datos validos debido a falla de índole logístico. Debido al porcentaje de datos validos tan bajo, se decidió no incluir esta variable en el informe anual.
- **Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>:** Solo hay un analizador para este contaminante ubicado en la Base Aérea, el cual registro un porcentaje de 61,6% de datos válidos.
- **Ozono Troposférico O<sub>3</sub>:** Los analizadores de la estación Pance y La Ermita presentaron un porcentaje de datos aproximadamente del 38%, esto debido a algunas fallas tanto de logística de la cabina, como del funcionamiento del equipo debido a cortes de energía. La estación Univalle registró un 65% de datos válidos.
- **Meteorología:** En términos generales se puede decir que las estaciones ERA y La Flora superan ampliamente el porcentaje de datos válidos, con un 94%. La estación de Pance registro un porcentaje de datos alrededor 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 Periodo Enero-Junio de 2012, 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<sub>2</sub>:** La grafica 2 muestra como fue el comportamiento de este gas contaminante durante el 2013 y la comparación con la norma nacional establecida

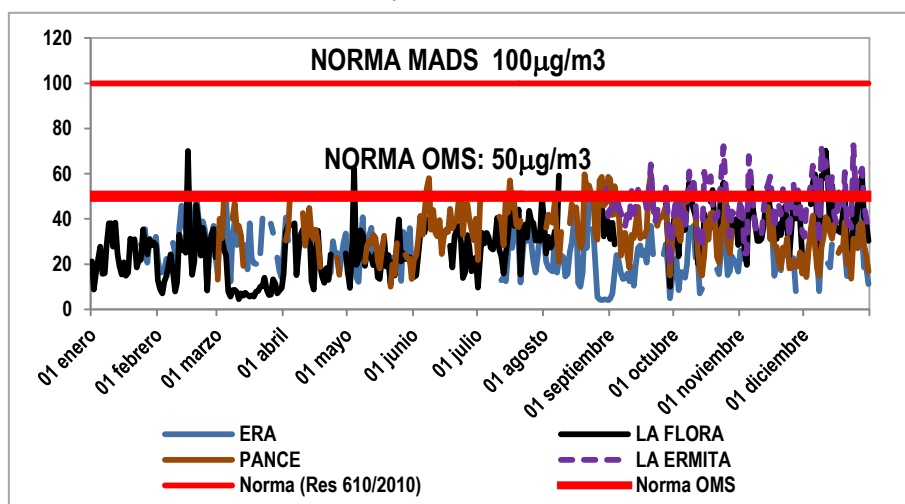


**Gráfico 2.** Comportamiento del Dióxido de Nitrógeno en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

**NO<sub>2</sub> promedio 24 horas:** se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma diaria de 150 µg/m<sup>3</sup> a lo largo del año en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

**NO<sub>2</sub> promedio 1 hora:** se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma horaria de 200 µg/m<sup>3</sup> a lo largo del año en la zona sur de la ciudad (Estación Univalle)

- ✓ **Material Particulado PM<sub>10</sub>:** La grafica 3 muestra como fue el comportamiento de las partículas menores a 10 micras durante el 2013 y la comparación con la norma nacional establecida

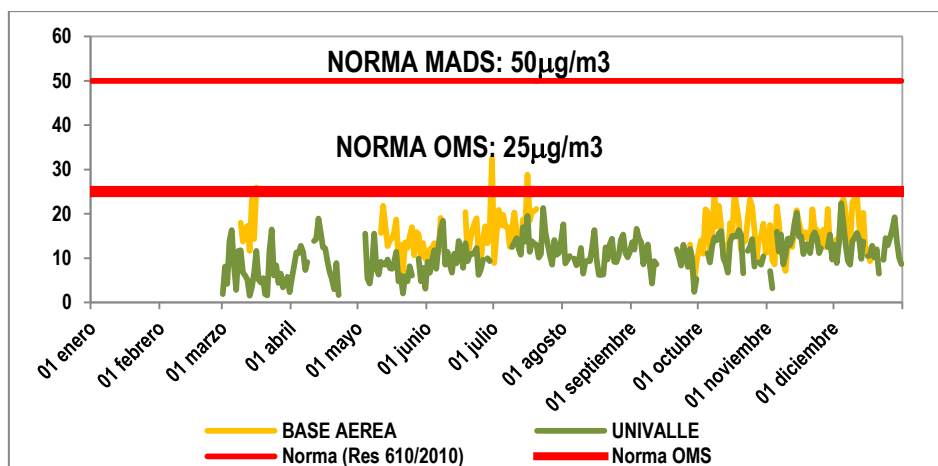


**Gráfico 3.** Comportamiento del PM<sub>10</sub> en las zonas centro, norte y sur de la ciudad. Estaciones ERA-Obrero, La Flora, Pance y La Ermita – promedio 24 horas.



**PM<sub>10</sub> promedio 24 horas:** Para el caso del material particulado menor a 10 micras PM<sub>10</sub>, se observó que en ninguna de las 4 estaciones en donde se midió este contaminante durante el 2013 sobrepasó la norma diaria de 100 µg/m<sup>3</sup>. Se puede ver un comportamiento muy similar del PM<sub>10</sub> en tres de los cuatro puntos, en donde lo más destacable es el ligero aumento de los niveles de partículas en la estación la Ermita. Al comparar con la norma OMS (50 µg/m<sup>3</sup>) se encuentran algunas excedencias de este contaminante en los puntos La Flora, Pance y La Ermita.

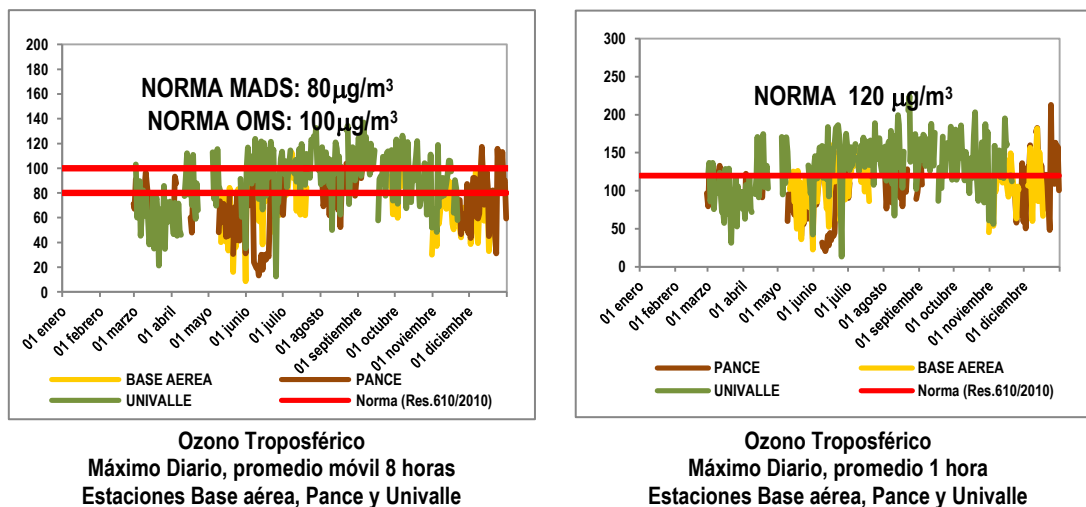
- ✓ **Material Particulado PM<sub>2.5</sub>:** La grafica 4 muestra como fue el comportamiento de las partículas menores a 2.5 micras durante el 2013 y la comparación con la norma nacional establecida



**Gráfico 4.** Comportamiento del PM<sub>2.5</sub> en las zonas noreste y sur de la ciudad. Estaciones Base Aérea y Univalle – promedio 24 horas.

**PM<sub>2.5</sub> - 24 horas:** Para el caso del material particulado menor a 2.5 micras se observó que en ninguna de las 2 estaciones en donde se midió este contaminante durante el 2013 sobrepasó la norma diaria de 50 µg/m<sup>3</sup>. Se puede ver un comportamiento ligeramente similar del PM<sub>2.5</sub> en las estaciones Univalle 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/m<sup>3</sup>) se encuentran algunas excedencias de este contaminante en el punto ubicado en Base Aérea.

- ✓ **Ozono Troposférico O<sub>3</sub>:** La grafica 5 muestra como fue el comportamiento de este contaminante durante el 2013 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

**O<sub>3</sub> promedio 8 horas:** se observó que el Ozono sobrepasó la norma de 80µg/m<sup>3</sup> a lo largo del año 2013 en las estaciones Base Aérea, Pance y Univalle.

**O<sub>3</sub> promedio 1 hora:** se observó que el Ozono sobrepasó la norma de 120 µg/m<sup>3</sup> a lo largo del semestre en las estaciones Base Aérea, Pance y 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<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, 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 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 (Con todas las horas posibles en el año)	% Excedencias (Solo con las horas con Datos Validos)
Univalle	O3 - 1H	438	5,0%	7,7%
	O3 - 8H	866	9,9%	15,3%
Pance	O3 - 1H	78	0,9%	2,2%
	O3 - 8H	233	2,7%	6,7%
Base Aérea	O3 - 1H	97	1,1%	3,0%
	O3 - 8H	192	2,2%	5,9%

**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 (7.7% y 15.3% respectivamente), mientras que las estaciones Pance (Background Rural o Punto Blanco) y Base Aérea (Zona Noreste) registraron excedencias horarias y octorarias por debajo del 6.7%. Este análisis anterior se hace teniendo en cuenta solo las horas donde se registraron datos validos de este contaminante. Si se tiene en cuenta todas las horas posibles de medición en el año (8760 datos horarios), entonces lógicamente el porcentaje de excedencias va a ser mucho menor. 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 2013.

#### Número de días en el año en el que se presentan excedencias de Ozono

Un aspecto muy relevante a tener en cuenta es el número de días en los cuales se presentaron excedencias a la norma por ozono. Este análisis se muestra a continuación.

**Univalle:** Teniendo en cuenta los días de monitoreo de este contaminante en este punto, se encontraron 154 días en los cuales se registró al menos una hora con excedencia horaria, mientras que en la norma octoraria se encontraron 157 días en los cuales se registró al menos una hora con excedencia octoraria.

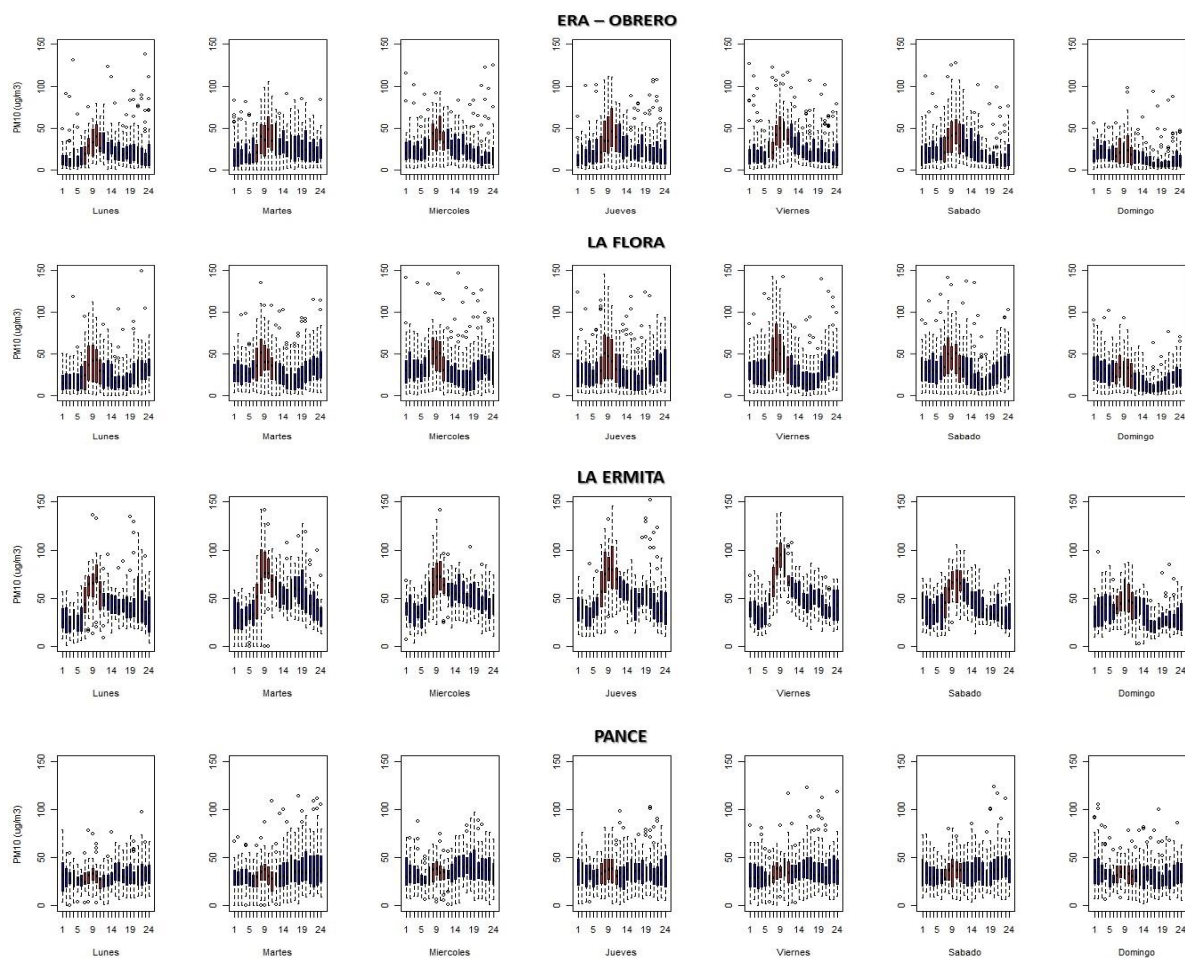
**Pance:** Teniendo en cuenta los días de monitoreo de este contaminante en este punto, se encontraron 40 días en los cuales se registró al menos una hora con excedencia horaria, mientras que en la norma octoraria se encontraron 60 días en los cuales se registró al menos una hora con excedencia octoraria.

**Base Aérea:** Teniendo en cuenta los días de monitoreo de este contaminante en este punto, se encontraron 49 días en los cuales se registró al menos una hora con excedencia horaria, mientras que en la norma octoraria se encontraron 56 días en los cuales se registró al menos una hora con excedencia octoraria.

## 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 2013.

### Material Particulado PM<sub>10</sub>



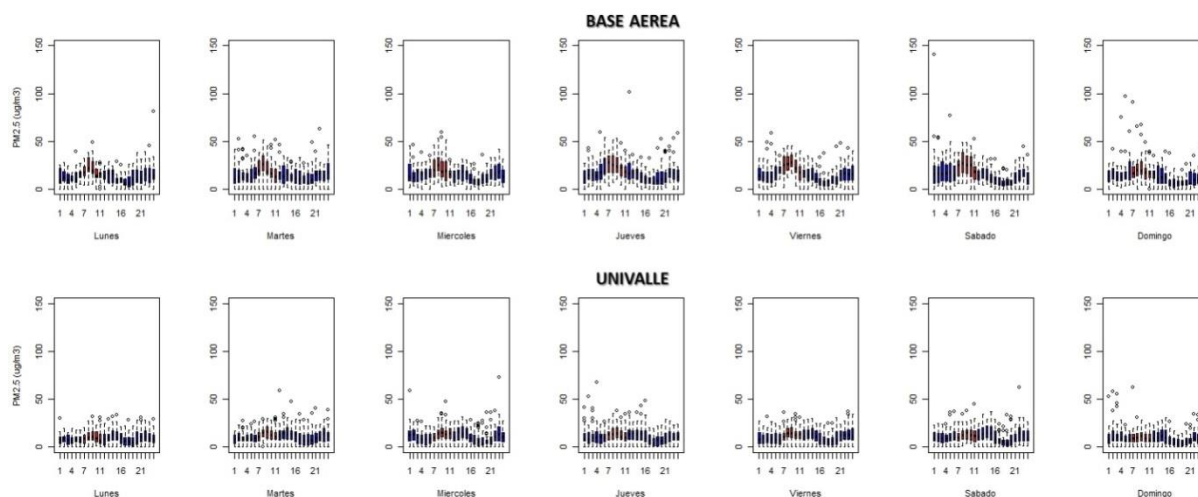
**Grafico6.** Diagrama de cajas y alambres según la hora del día del comportamiento del Material Particulado PM<sub>10</sub>. Estaciones ERA-Obrero, La Flora, La Ermita y Pance.

La grafica 6 muestra el comportamiento horario del PM<sub>10</sub> según la hora del día, en el cual se observa que en las estaciones ERA-Obrero, La Flora 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  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los comportamientos de este contaminante en estas estaciones (ERA-Obrero, La Flora y La Ermita) fueron muy similares siendo los días jueves 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  $\text{PM}_{10}$  se registraron en esta zona de la ciudad.

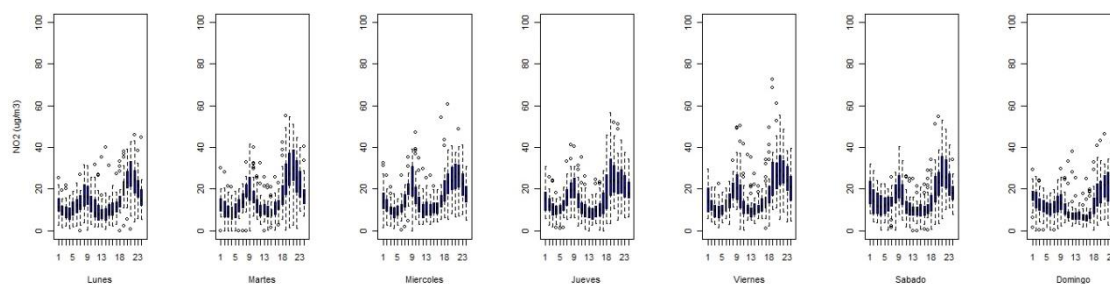
### Material Particulado $\text{PM}_{2.5}$



**Gráfico 7.** Diagrama de cajas y alambres según la hora del día del comportamiento del Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$ . Estaciones Base aérea y Univalle

La grafica 7 muestra el comportamiento horario del  $\text{PM}_{2.5}$  según la hora del día, en el cual se observa que en las estaciones Base Aérea 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  $\text{PM}_{2.5}$  en la estación base aérea muestra valores ligeramente más altos en comparación a los obtenidos en la estación Univalle. Los días sábados en donde se presentaron los mayores niveles de este contaminante, aunque hay que aclarar que estas diferencias no son tan claros gráficamente.

### Dióxido de Nitrógeno $\text{NO}_2$ :

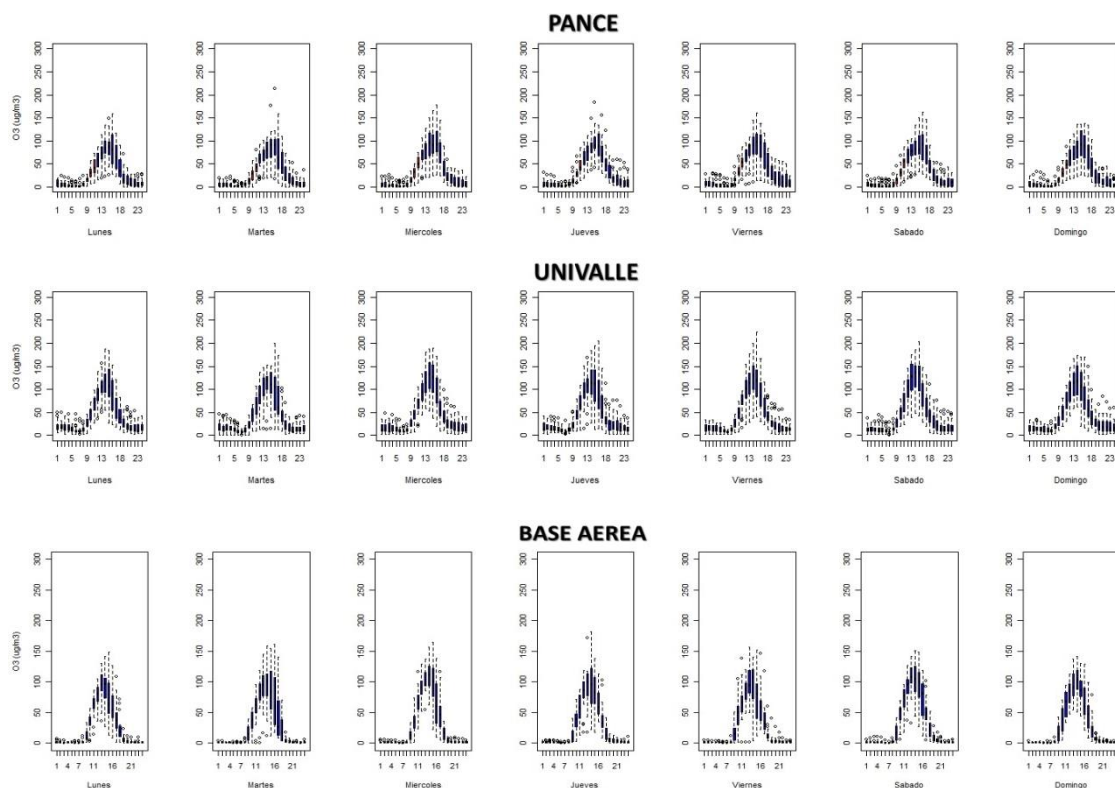


**Gráfico 8.** Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Nitrógeno  $\text{NO}_2$  según el día de la semana. Datos horarios Estación Univalle

El gráfico 8 mostró que para el 2013 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 gráfico 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.

### Ozono Troposférico O<sub>3</sub>:



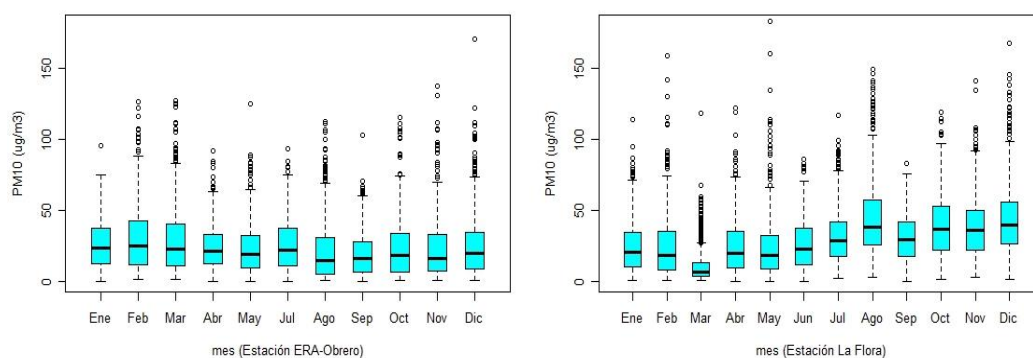
**Gráfico 9.** Diagrama de cajas y alambres del Ozono Troposférico O<sub>3</sub> según el día de la semana. Estaciones Pance, Univalle y Base aérea

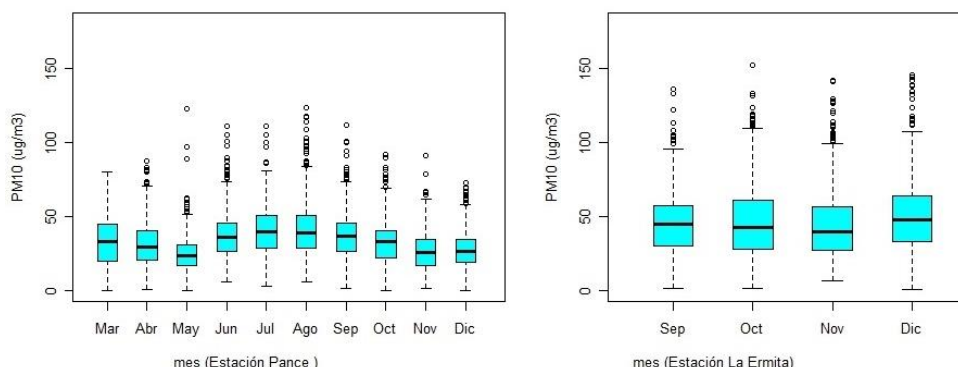
El gráfico 9 muestra el comportamiento del promedio horario del Ozono en las estaciones Pance, Univalle y Base Aérea, se presenta aparentemente similar al comparar los días de la semana. Claramente se puede observar el gran aumento que se presenta en las horas cercanas al medio día, en donde se registraron 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

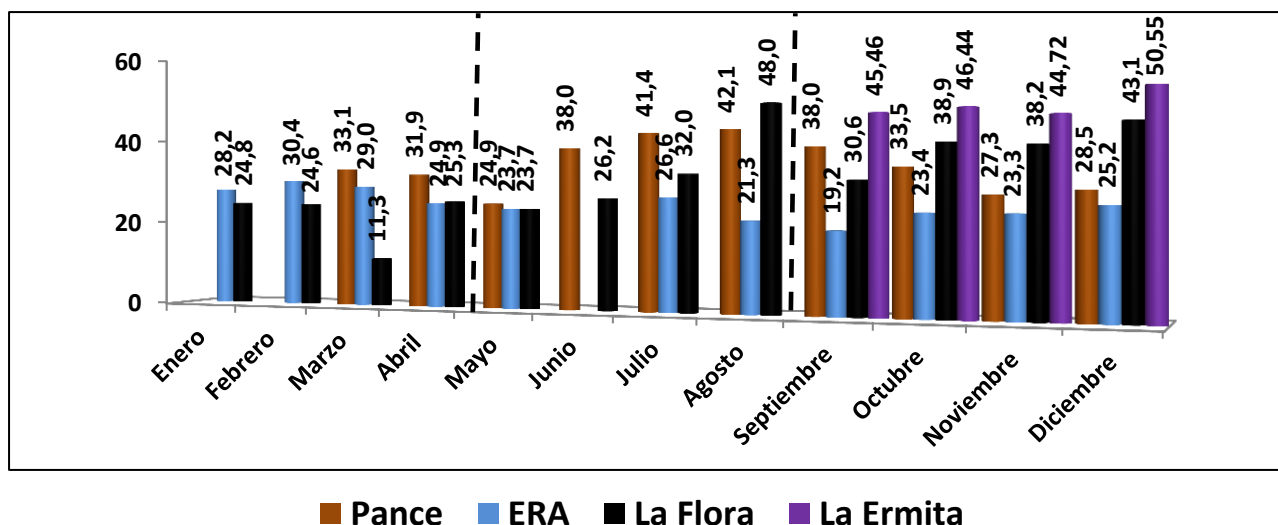
### Material Particulado PM<sub>10</sub>





**Gráfico 10.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Material Particulado PM<sub>10</sub> según el mes del año. Estaciones ERA-Obrero, La Flora, Pance y Univalle

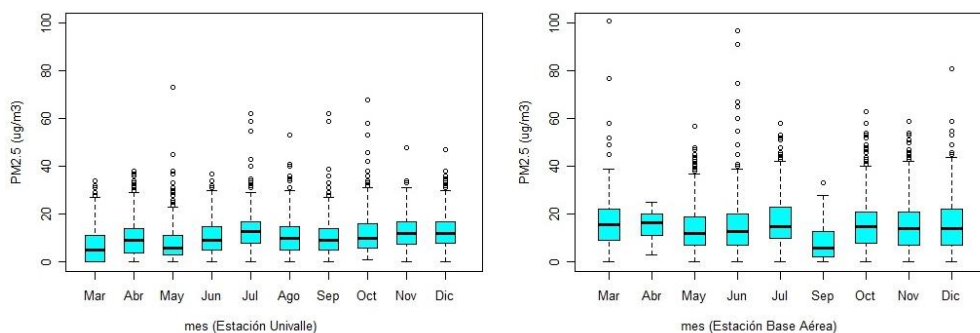
Se observa gráficamente que en la estación ERA-Obrero no es muy claro establecer un mes en el cual se logre los niveles más altos y/o bajos de PM<sub>10</sub>, sin embargo se puede decir que en el mes de septiembre se registraron los niveles más bajos, a pesar que en la gráfica no son muy notorias las diferencias. En la estación La Flora se encontró al mes de marzo como el de los menores niveles de PM<sub>10</sub> y al mes de diciembre como el de mayores niveles de este contaminante. En la estación de Pance se puede observar que en los meses de julio y agosto se registraron los niveles más altos de este contaminante. En la estación La Ermita se empezó a monitorear PM<sub>10</sub> a partir del mes de septiembre, en donde se puede ver un comportamiento muy similar en los 4 meses de monitoreo durante el 2013.



**Gráfico 11.** Comportamiento del Promedio Mensual del Material Particulado PM<sub>10</sub> según el mes del año. Estaciones ERA-Obrero, La Flora, Pance y Univalle (Unidades de medida  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

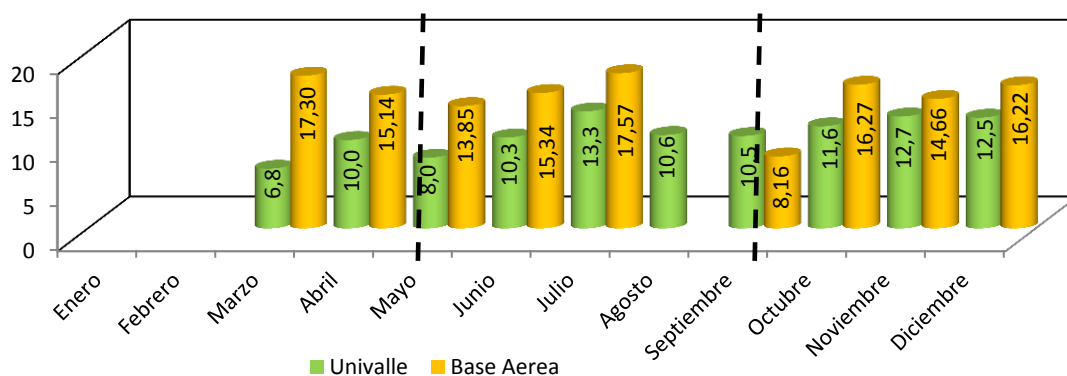
La grafica 11 muestra el comportamiento del promedio mensual del PM<sub>10</sub> durante el transcurso del año 2013, en el cual se puede evidenciar que el valor promedio mas alto se registro en el mes de diciembre en la estacion La Ermita con un valor de 50,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido del valor de 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  obtenido durante el mes de agosto en la estacion La Flora. El comportamiento del promedio mensual en la estación Pance, muestra una disminución a partir del mes de agosto hasta el mes de diciembre.

## Material Particulado PM<sub>2.5</sub>



**Gráfico 12.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Material Particulado PM<sub>2.5</sub> según el mes del año. Estaciones Univalle y Base Aérea.

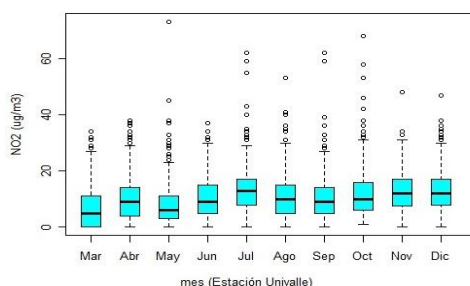
Se observa gráficamente que en la estación Univalle no es muy claro establecer un mes en el cual se logre los niveles más altos y/o bajos de PM<sub>2.5</sub>, sin embargo se puede decir que en los meses de marzo y mayo se registraron los niveles más bajos, a pesar que en la gráfica no son muy notorias las diferencias. En la estación Base aérea se encontró al mes de septiembre como el de los menores niveles de PM<sub>2.5</sub>



**Gráfico 13.** Comportamiento del Promedio Mensual del Material Particulado PM<sub>2.5</sub> según el mes del año. Estaciones Univalle y Base Aérea. (Unidades de medida  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

La grafica anterior muestra el comportamiento de los promedios mensuales del PM<sub>2.5</sub> de las estaciones Univalle y Base Aérea. El valor promedio más alto se registró en la Base Aérea con un valor de 17.57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el mes de julio. En el grafico 13 se evidencia claramente que los promedios mensuales de este contaminante fueron en su gran mayoría superiores a los obtenidos en la estacion de Pance. Solo en el mes de septiembre el valor promedio de PM<sub>2.5</sub> obtenido en la estacion Pance fue superior al obtenido en la estación de Base Aérea.

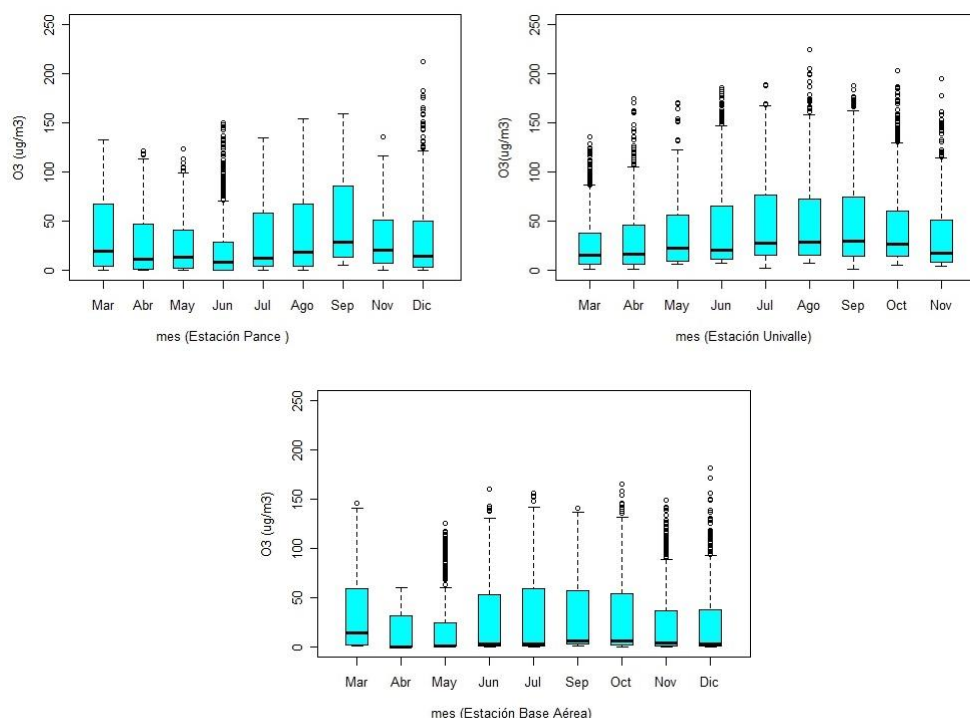
## Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>



**Gráfico 14.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub> 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 mayo. En el mes de diciembre se registró un ligero aumento de este contaminante, sin embargo no es muy notorio dicho aumento.

### Ozono Troposférico O<sub>3</sub>



**Grafico15.** Diagrama de cajas y alambres del Ozono Troposférico O<sub>3</sub> según el mes del año. Datos horarios

En la estación de Pance durante el mes de junio se registraron los menores niveles de ozono troposférico y en el mes de septiembre se registraron los niveles más altos de este contaminante. En la estación Univalle en los meses de marzo 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 mayo fue el de menores niveles de ozono, mientras que en los meses de junio, julio y septiembre fueron los de mayores niveles 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 2013 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: PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>.



### 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 <sub>2</sub> (ppm) 24 Horas	NO <sub>2</sub> (ppm) 1Hora	O <sub>3</sub> (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 EPA<sup>1</sup>

### 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

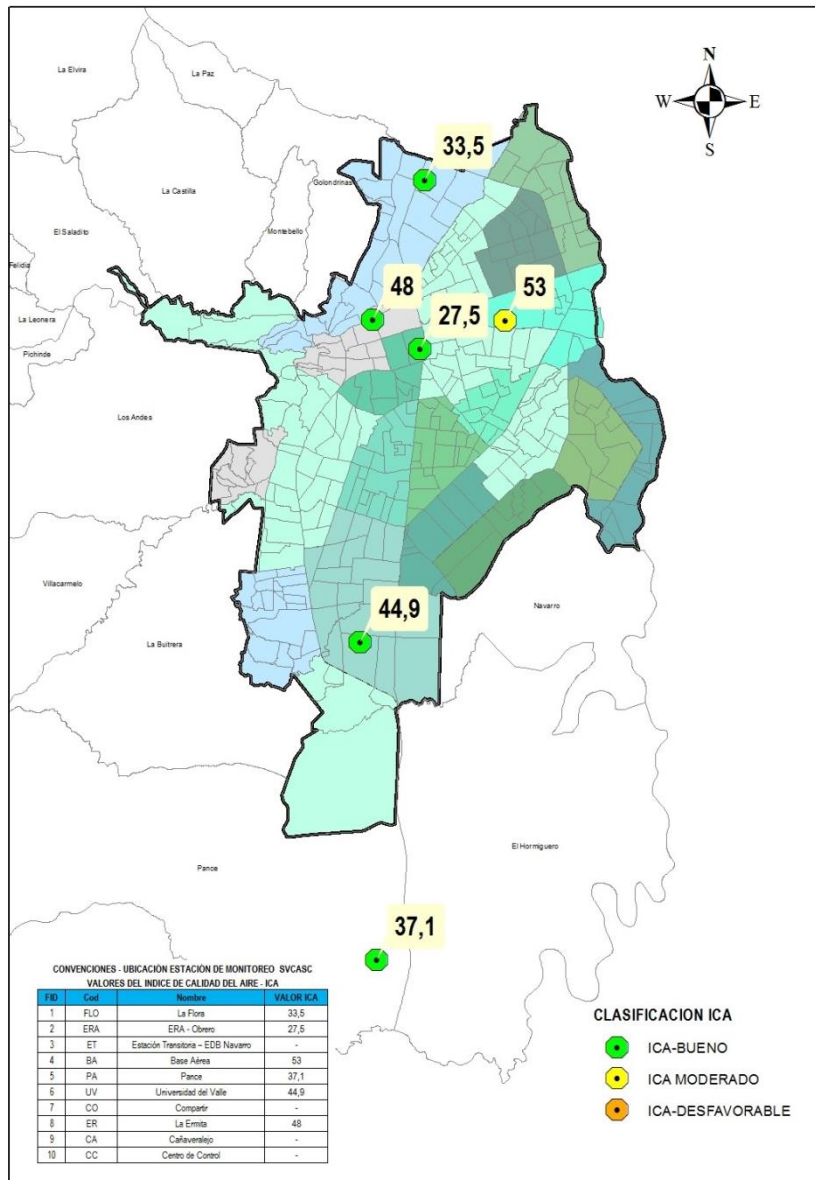
### 3.4. RESULTADOS DEL CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE

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 cuales se tuvieron en cuenta para el cálculo del ICA fueron ERA-Obrero, La Flora, Univalle, Pance, Base

<sup>1</sup>Tomado 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.

Aérea y La Ermita. Cabe resaltar que las estaciones ERA-Obrero, La Flora, Univalle y Pance tienen un porcentaje de datos diarios de ICA superior al 65%, mientras que los puntos ubicados en Base aérea y La Ermita registraron porcentajes de datos diarios por debajo del 50% y a pesar de estos resultados, se decidió incluir estos dos últimos debido a que su comportamiento durante todo el lapso de tiempo fue muy homogéneo. Haciendo esta salvedad se hace el respectivo análisis

### Promedio Anual de los valores máximos diarios de ICA por estación



**Grafico16.** Mapa con los Resultados del Índice de Calidad del Aire según la estación

El grafico 16 muestra el mapa de Santiago de Cali con 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 27,5. En 5 de los 6 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 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 es más preciso concluir que la calidad del aire es de buena calidad en esta zona de la ciudad.

Promedio Mensual de los valores máximos diarios de ICA por estación

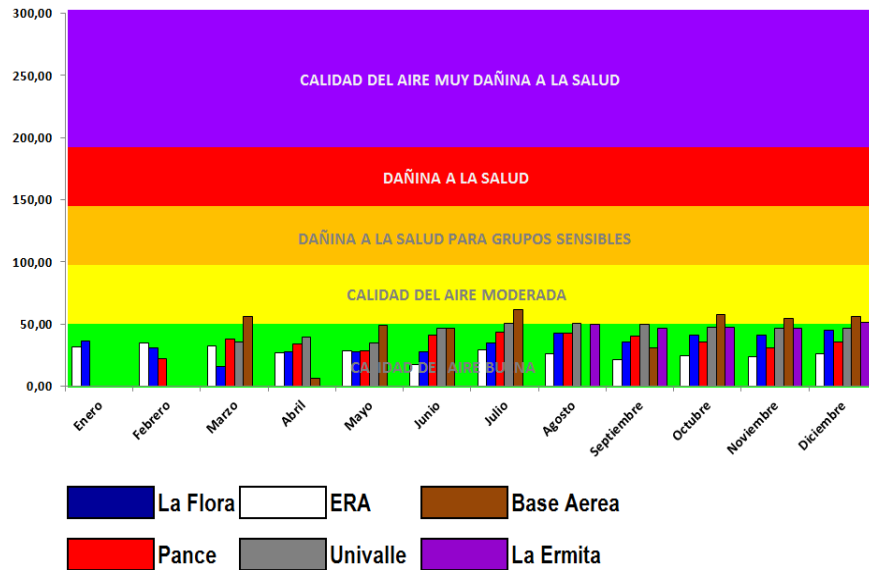


Gráfico 17. Comportamiento promedio mensual de los valores máximos diarios del índice de calidad del aire

El gráfico 17 muestra el comportamiento del promedio mensual de los valores máximos diarios de ICA obtenidos durante el año 2013 en el cual se puede apreciar que solo en la estación Base Aérea se encontraron promedios mensuales por encima de las 50 Unidades de ICA. En las demás 5 estaciones se puede ver que los promedios mensuales no sobrepasaron las 50 unidades – ICA. La estación ERA-Obrero registro los menores valores promedios mensuales durante el 2013.

Matriz ICA Diario – Anual 2013

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	27	23	27	29	31	34	21	26	42	38	35	37	40	23	24	51	50	53	56	54	52	53	53	27	35	34	33	29	28	34	
	Pance																															
	Univalle																															
Febrero	ERA-Obrero	31	20	21	16	21	35			48	23	28	34	45	42	40	53	57	39	24	50	47	37	36	38	31	24	31	35	34		
	La Flora	25	26	26	20	23	24	26	23	18	21	31	36	27	27	59	60	29	20	47	42	35	34	35	29	24	31	35	33			
	Pance																															
	Univalle																															
Marzo	ERA-Obrero	24	35	39		62	45	24	29	40	39	30	30	23	32	25	43	36	21	23	20	26	38	39	49	25	35	37	31	25	21	
	La Flora	25	32	39	29	25	21	10	19	12	10	11	9	8	7	9	9	7	11	15	15	21	11	16	13	24	10	20	15	10	9	
	Pance	29	40	44	46	48	39	45	51	43	39	34	30	34																		
	Univalle	32	46	32	45	59	54	28	39	54	38	29	26	17	22	22	50	38	32	34	26	9	39	53	53	38	34	32	25	29	32	
Abril	ERA-Obrero	25	40	36	28																											
	La Flora	15	35	35	40	35	39	35	24	31	34	33	10	38	34	14	25	37	31	19	15	18	17	35	32							
	Pance	33	36	41	47	49																										
	Univalle	25	35	37	40	42	51	38	31	29	40	57	49	59	53	53	46	48	49	30	26	39	30	12	25	30						
Mayo	ERA-Obrero	36	14	21	42	34	16	26	38	39	25	31	33	33	22	26	22	33	28	29	19	19	25	22	24	33	26	32	39	23	40	34
	La Flora	28	14	27	62	55	21	37	35	30	24	25	23	23	24	13	21	29	33	22	22	21	20	28	37	40	23	26	22	28	21	
	Pance																															
	Univalle																															
Junio	ERA-Obrero																															
	La Flora	17	16	22	31	32	31	38	43																							
	Pance	33	33	31	38	40	39	50	54	53	41	42	31	37	36	30	39	32	41	45	38	47	45	52	45	43	52	42	38	45	45	
	Univalle	44	51	41	41	42	48	56	64	57	45	43	35	61	38	58	57	38	50	47	50	61	47	51	40	24	34	32	41	47	50	
Julio	ERA-Obrero	36	42	40	50	42	41	60	65	38	41	28	25	31	17	37	35	33	63	69	47	53	61	58	58	35	49	55	53	55	75	
	La Flora	24	23	32	34	32	33	33	29	42	36	30	14	13	16	21	38	37	32	41	25	23	39	40	36	36	27	21	22	32	40	
	Pance	37	45	53	46																											
	Univalle	42	47	47	37	42	45	50	35	43	45	50	48	43	60	54	60	59	51	45	51	42	44	64	66	61	67	58	77	45	43	
Agosto	ERA-Obrero	72	50	65	63	60	60	59	53	54	64	59	53	44	57	56	81	78	61	66	72	61										
	La Flora	35	28	23	20	16	30	32	21	31	22	25	15	23	33	36	52	36	13	16	35	38	47	52	43	34	18	5	4	4	4	
	Pance	49	34	30	35	27	34	33	54	57	58	56																				
	Univalle	12	40	42	38	41	46	44	28	39	32																					
Septiembre	ERA-Obrero	59	54	40	49	43	41	47	38	52	39	46	42	61	51	54	53	31	44	47	41	87	77	80	47	43	47	54	55	52	47	
	La Flora	4	6	17	22	28	20	15	15	15	20	17	18	25	29	24	26	31	34	36	22											
	Pance	39	35	36	29																											
	Univalle	59	53	51	51	50	39	31	36	31	21	31	31	35	45	41	30	35	33	49	54	64	45	40	38	39	40	46	42	31	29	
Octubre	ERA-Obrero	67	48	53	58	87	46	67	53	47	41	58	43	45	50	49	80	26	40	41	38	52	47	36	49	50	48	45	50	33	44	
	La Flora	46	47	48	47	48	43	41	40	40	40	52	50	42	49	52	49	47	48	49	56	57	44	40	48	49	48	50	50	40	35	
	Pance	25	22	21	15	18	21	19	33	35	35	25	20	10	18																	
	Univalle	37	38	34	39	38	41	44	54	52	43	42	38	24	18	39	40	35	52	52	47	36	35	52	53	57	44	36	38	37	37	
Noviembre	ERA-Obrero	41	64	37	46	46	46	67	60	51	56	61	54	40	32	47	49	57	51	61	62	44	33	41	41	55	47	28	45	37	49	34
	La Flora	43	47	46	47	47	44	43	55	55	53	54	42	32	28	55	55	52	60	53	47	39	43	57	60	63	51	44	41	41	39	
	Pance	33	27	22	12																											
	Univalle	44	37	37	24	48	54	48	40	36	33	30	35	44	52	48	44	39	30	33												
Diciembre	ERA-Obrero	28	29	27	22	58	57	54	50	41	51	48	47	56	63	59	55	49	44	46	42	51	52	52	50							
	La Flora	48	57	56	29	67	65	55	42	38	46	51	45	57	63	65	57	53	54	57	50	63	62	59	54	53	60	52	68	62	40	
	Pance	52	48	40	24	58	61	53	40	38	31	32	41	49	53	53	56	44	47	43	53	51	48	42	48	48	55	51	53	52	44	
	Univalle	17	15	28	37																											
Enero	ERA-Obrero	30	22	22	37	44	41	27	25	29	41	54	48	38	27	29																
	La Flora	43	44	44	65	69	54	43	46	50	52	46	45	47	34	35	46	42	45	39	21	31	43	52	43	54	62	60	44	37	30	
	Pance	39	43	53	54	57	57	54	43	60	60	57	58	52	53	53	38	49	52	43	55	54	36	35	61	52	55	54	57	56	42	
	Univalle	43	44	44	65	69	54	43	46	50	52	46	45	47	34	35	46	42	45	39	21	31	43	52	43	54	62	60	44	37	30	

Tabla 5. Comportamiento del ICA Diario – Anual 2013

**ICA – Diario ERA-Obrero:** En el 2013 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 98% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 4 la alta predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

**ICA – Diario La Flora:** En el 2013 de los 365 días del año se registraron 315 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 86.3%. De los 315 días de medición de ICA, el 86.8% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 4 la alta predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

**ICA – Diario Pance:** En el 2013 de los 365 días del año se registraron 243 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 66.6%. De los 243 días de medición de ICA, el 88.6% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 4 la alta predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

**ICA – Diario Univalle:** En el 2013 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 70% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 4 la alta predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

**ICA – Diario Base Aérea:** En el 2013 de los 365 días del año se registraron 172 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 47.1%. De los 172 días de medición de ICA, el 37.4% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 4 la baja predominancia de cuadros de color verde que representan un estado de Calidad del Aire - Bueno.

**ICA – Diario La Ermita:** En el 2013 de los 365 días del año se registraron 124 días de medición de ICA para este punto de monitoreo representando en un 34%. De los 124 días de medición de ICA, el 58.2% fueron menores a 50 unidades en donde se puede observar en la tabla 4 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.

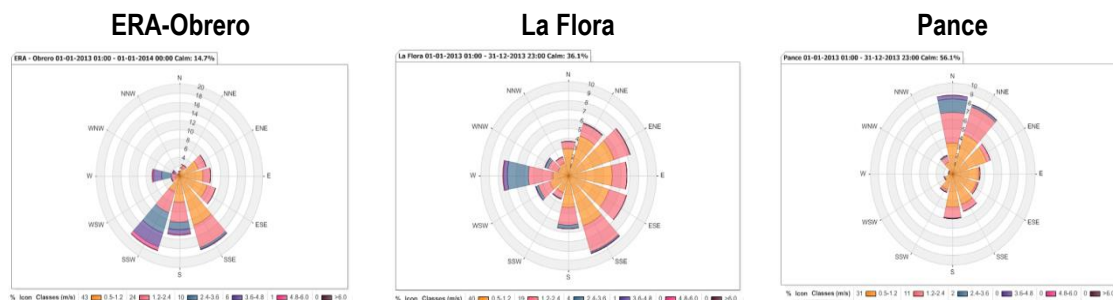
## 4. ANÁLISIS METEOROLÓGICO

En este últimocapítulo se hará un análisis muy en detalle del comportamiento meteorológico durante el año 2013, 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.

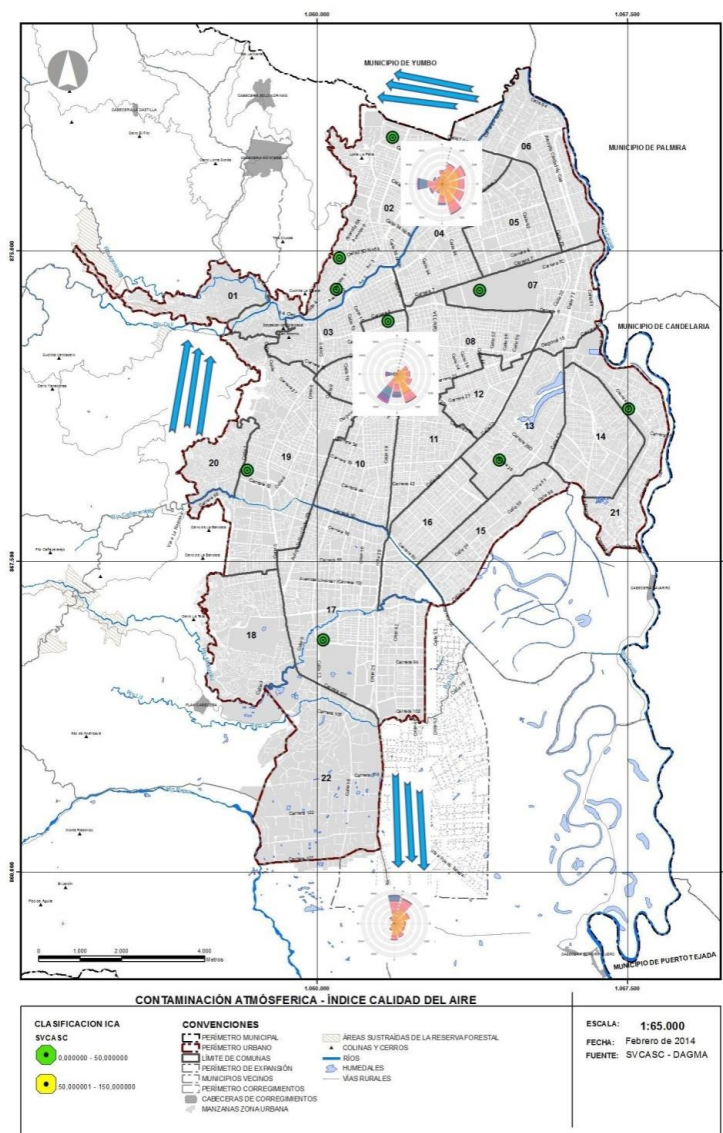
### 4.1. COMPORTAMIENTO DE LOS VIENTOS EN SUPERFICIE

#### 4.1.1. ROSAS DE VIENTOS

Las Rosas de Viento 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.



**Gráfico18.** Rosas de los Vientos Anual – Estaciones ERA-Obrero, La Flora y Pance.



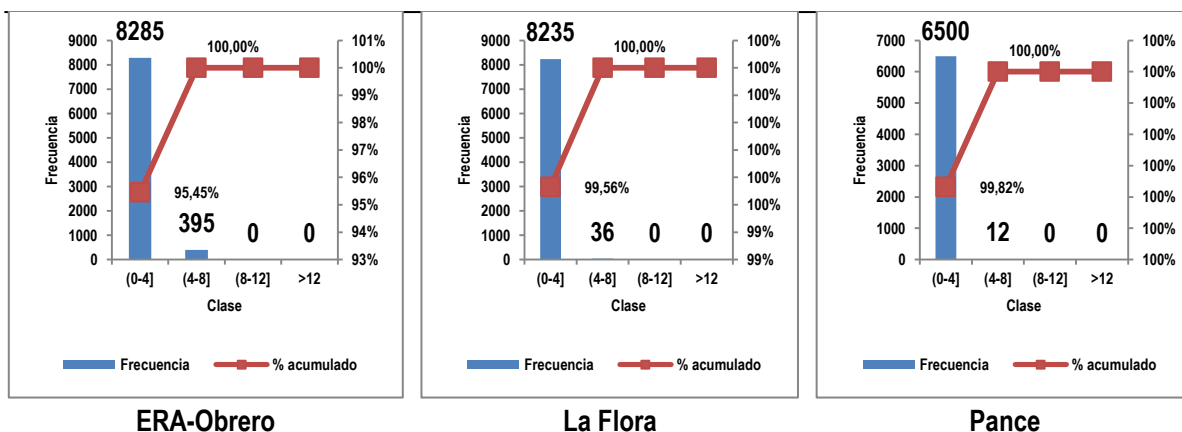
**Grafico19.** Mapa con el comportamiento de las Rosas de los Vientos Anual – Estaciones ERA-Obrero, La Flora y Pance.

La grafica 18 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 2013 hasta las 24:00 horas del día 31 de diciembre de 2013. La distribución de los vientos se ve más claramente en el grafico 19 en el cual se observa un mapa que muestra 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 suroeste y 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.



## INFORME DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2013



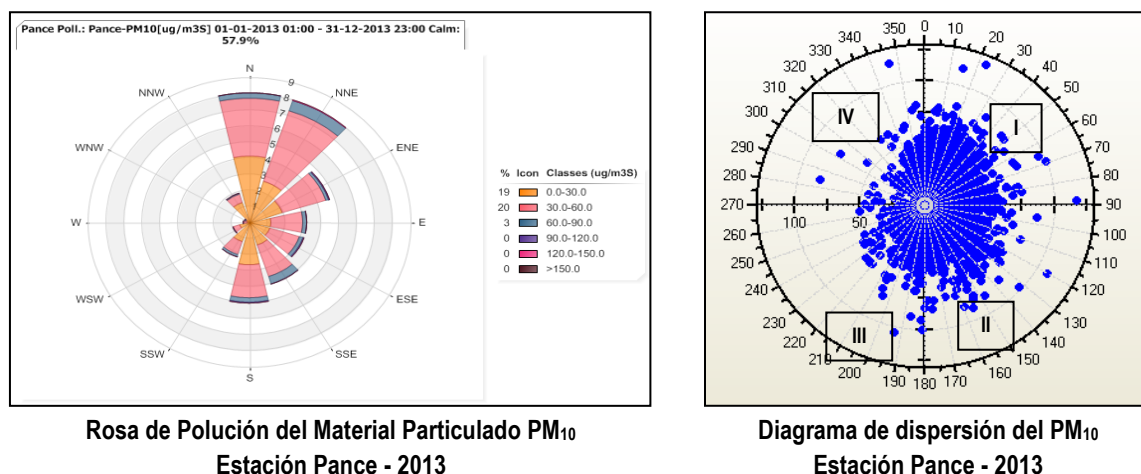
**Grafica 20.** Distribución de Frecuencias de Velocidad de Vientos. Año 2013

De la gráfica 20 se observa que durante el año 2013, 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 4 m/s, registrándose con una intensidad 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.

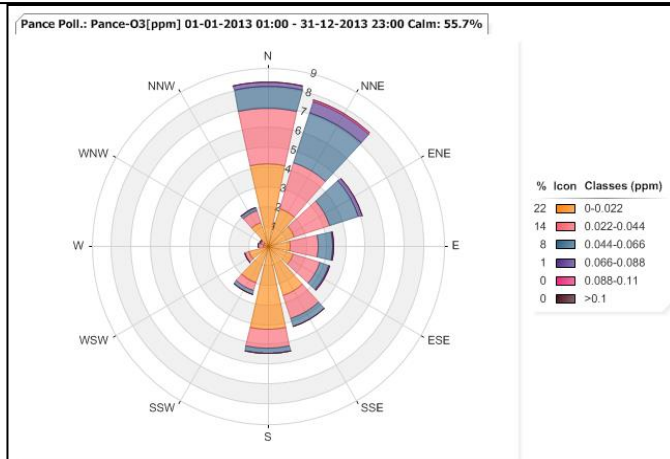
A continuación se presentan las gráficas de Polución y dispersión cartesiana horarias construidas a partir de la información validada de las estaciones en las cuales se tiene información meteorológica (ERA-Obrero, Pance y La Flora)



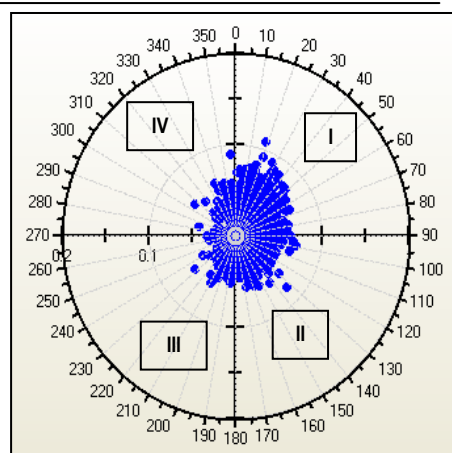
**Grafica 21.** Rosa de Polución y diagrama de dispersión del Material Particulado PM<sub>10</sub> – Estación Pance. Año 2013

La grafica 21 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 PM<sub>10</sub> provienen del noreste y están entre 1 y 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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.

## INFORME DE CALIDAD DEL AIRE ENERO-DICIEMBRE DE 2013



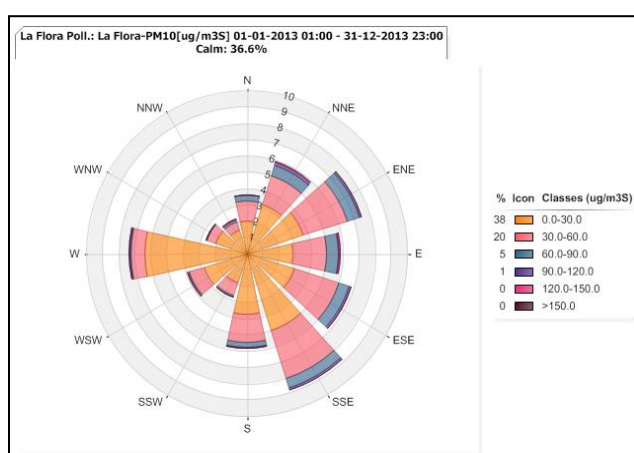
**Rosa de Polución del Ozono Troposférico O<sub>3</sub>  
Estación Pance - 2013**



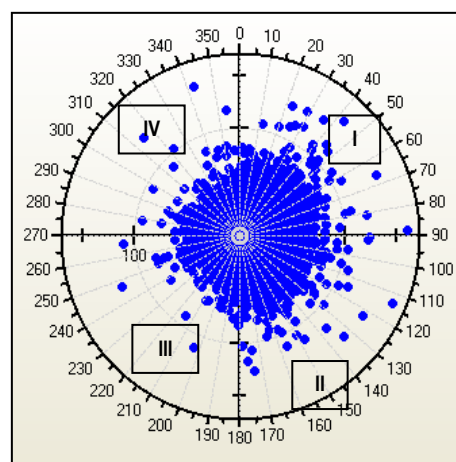
**Diagrama de dispersión del O<sub>3</sub>  
Estación Pance - 2013**

**Grafica 22.**Rosa de Polución y diagrama de dispersión del Ozono Troposférico O<sub>3</sub> – Estación Pance. Año 2013

Algo muy similar ocurrió con el Ozono troposférico en esta zona, ya que la grafica 22 muestra el comportamiento de la rosa de polución anual este contaminante, en la cual se puede evidenciar que la mayoría de O<sub>3</sub> 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.

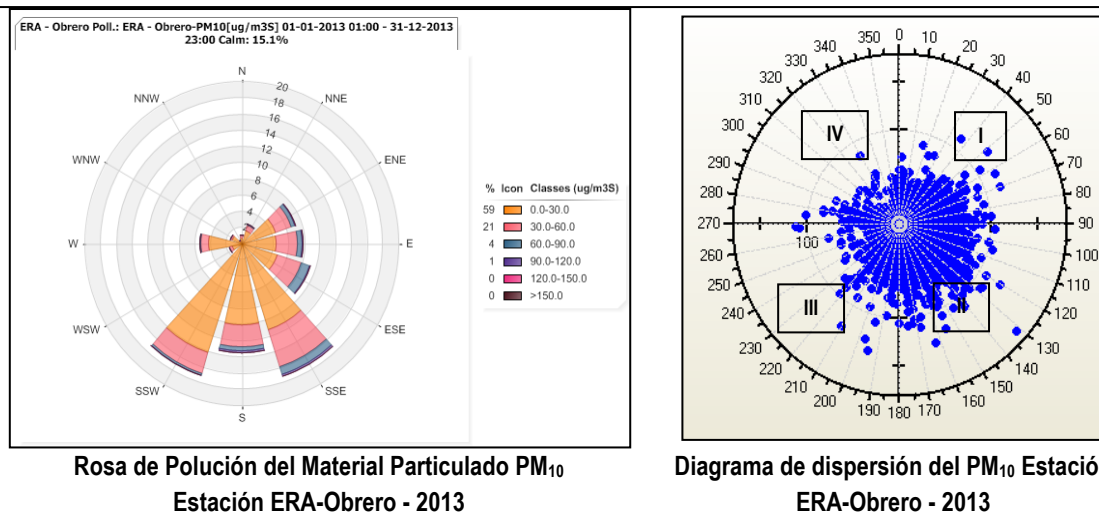


**Rosa de Polución del Material Particulado PM<sub>10</sub>  
Estación La Flora - 2013**



**Diagrama de dispersión del PM<sub>10</sub>  
Estación La Flora - 2013**

**Grafica 23.**Rosa de Polución y diagrama de dispersión del Material Particulado PM<sub>10</sub> – Estación La Flora. Año 2013  
La grafica 23 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 PM<sub>10</sub> provienen del noreste y sureste y están entre 1 y 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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.



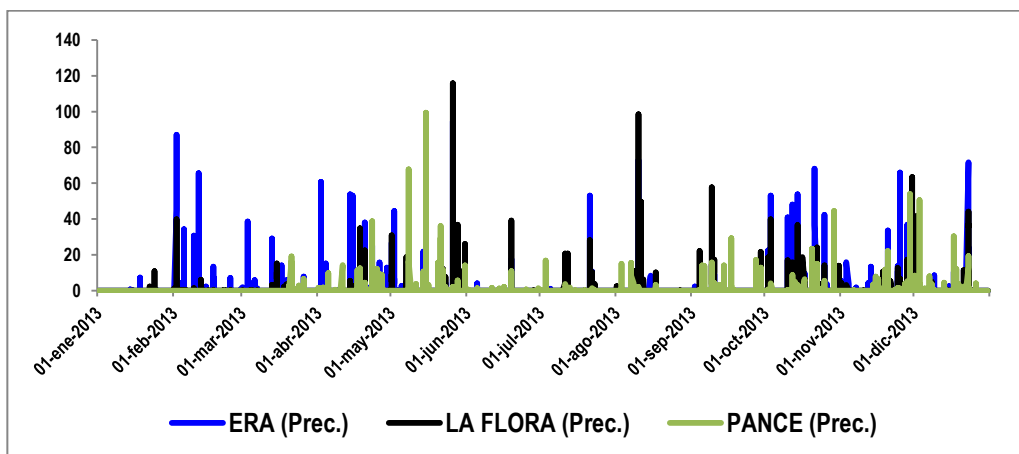
**Grafica 24.** Rosa de Polución y diagrama de dispersión del Material Particulado PM<sub>10</sub> – Estación ERA-Obrero. Año 2013

La grafica 24 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 PM<sub>10</sub> provienen del sur y están entre 1 y 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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 II y III, 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 25.** Comportamiento de la Precipitación Horaria. Estaciones ERA-Obrero, La Flora y Pance

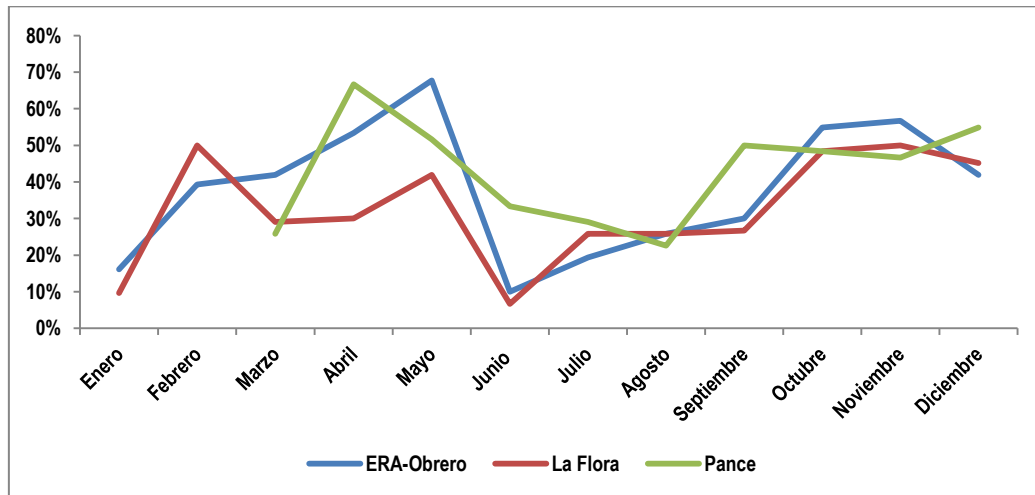
La grafica 25 muestra el comportamiento horario de la precipitación durante el año 2013 de las estaciones ERA-Obrero, La Flora y Pance en el cual no se observa muy claramente los periodos del año en donde se presentaron los mayores niveles de lluvia, sin embargo la gráfica 26 explica mucho mejor este comportamiento.

**INFORME DE CALIDAD DEL AIRE  
ENERO-DICIEMBRE DE 2013**

Estación	ERA	La Flora	Pance
Días de Lluvia en el Año	139	118	131
Días del Año	365	365	365
% de Lluvia	38,1%	32,3%	35,9%

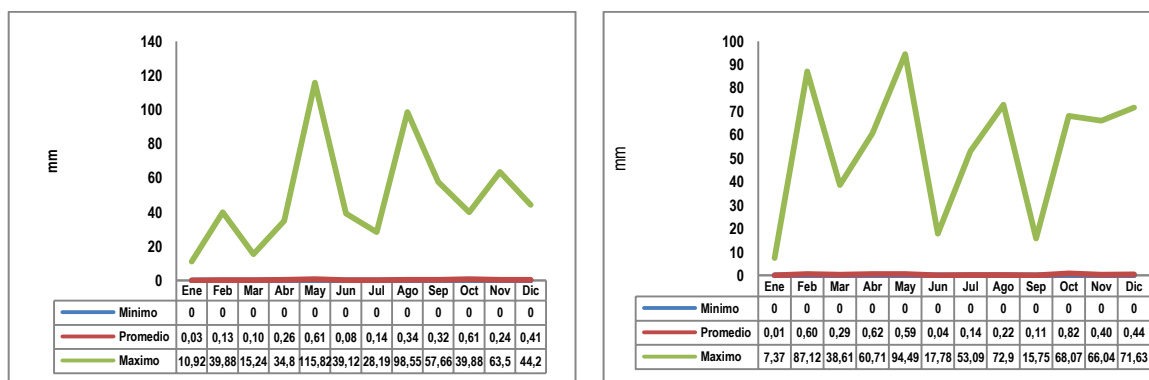
**Tabla 6.** Porcentaje de lluvias durante el año 2013

La tabla 6 muestra que en el año 2013 entre el 32% y el 38% de los días se registraron lluvias.



**Grafica 26.** Porcentaje de días con lluvias durante el año 2013

Los meses en donde se registraron más lluvias fueron marzo, abril y mayo, y se volvieron a incrementar en los meses de octubre y noviembre. El mes en donde se registró el porcentaje de días con menos lluvias fue junio.



**La Flora**

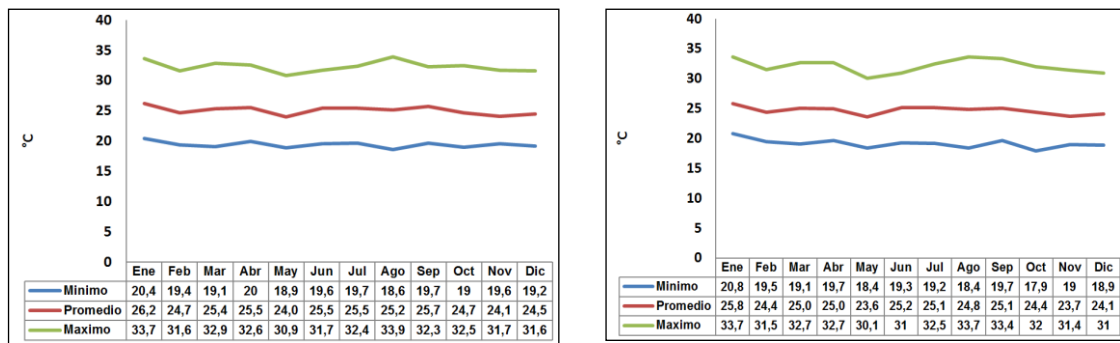
**ERA-Obrero**

**Grafica 27** Comportamiento mensual de precipitación. Máximos, Mínimos y Promedios Mensuales. Estaciones ERA-Obrero y La Flora - 2013

La grafica 27 muestra cómo fueron los comportamientos máximos, mínimos y promedios mensuales de la precipitación. En este caso solo se tendrá en cuenta los valores máximos registrados durante el mes. Se observó que la precipitación más alta (Valor máximo) en la zona norte (Estación la Flora) se registró en el mes de mayo con un valor de 115.8 mm, luego en el mes de agosto se registró otro episodio de alta precipitación (98.55 mm). En la zona centro (Estación ERA-Obrero) se registraron a los meses de febrero, mayo y agosto como los de mayores niveles de precipitación con 87.12, 94.49 y 72,9 respectivamente.

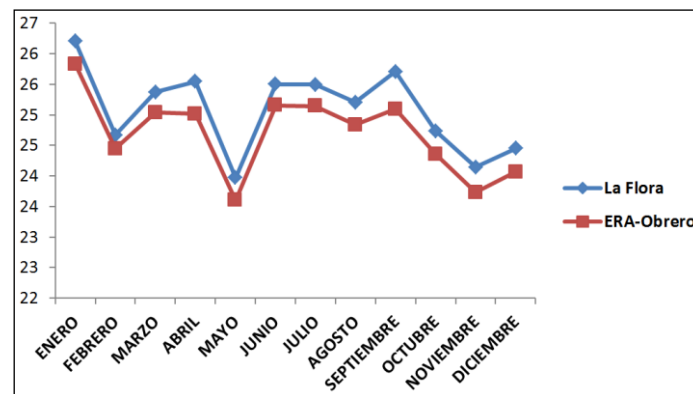
### 4.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL

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



La Flora

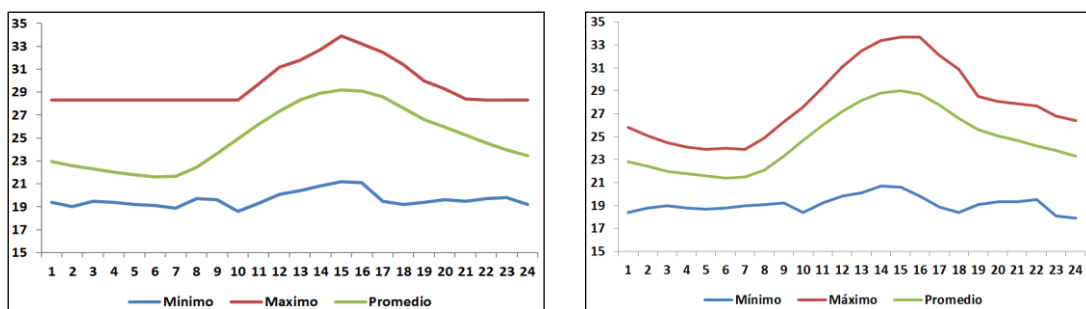
ERA-Obrero



Comportamiento promedio mensual – Estaciones La Flora y ERA-Obrero

**Grafica28**Comportamiento mensual de Temperatura. Máximos, Mínimos y Promedios Mensuales. Estaciones ERA-Obrero y La Flora - 2013

La grafica 28 muestra que la temperatura en las zonas norte y centro presentaron comportamientos muy similares en donde la temperatura oscila entre 20 y 35 grados centígrados. Revisando más en detalle los promedios mensuales se observa que durante el mes de mayo se registraron los menores promedios mensuales y esto coincide con el mes en donde se registraron los mayores niveles de lluvia.



La Flora

ERA-Obrero

**Grafica 29.** Comportamiento horario de la Temperatura durante el año 2013.

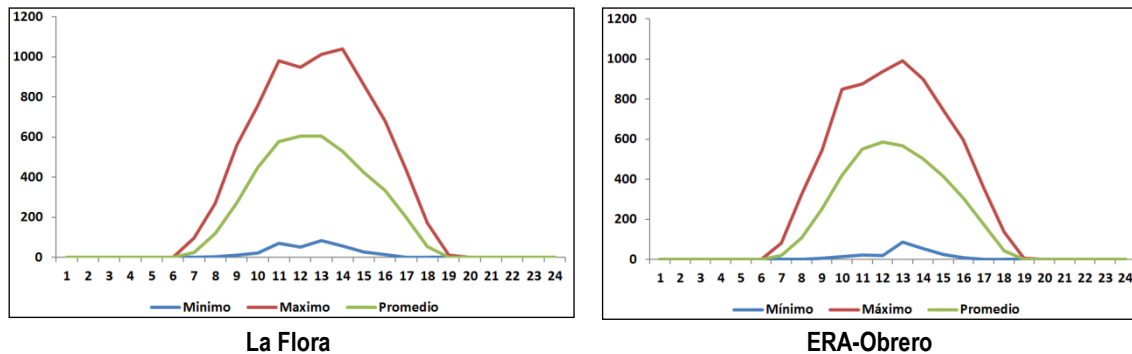
La grafica 29 muestra el comportamiento de la temperatura según la hora de un día típico promedio en el año en las zonas norte y centro (La Flora y ERA-Obrero respectivamente), en el cual se evidencia



claramente en a partir de las 10 am hasta las 5 pm se registraron temperaturas que van desde 23°C hasta los 35°C.

#### 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 periodos secos.

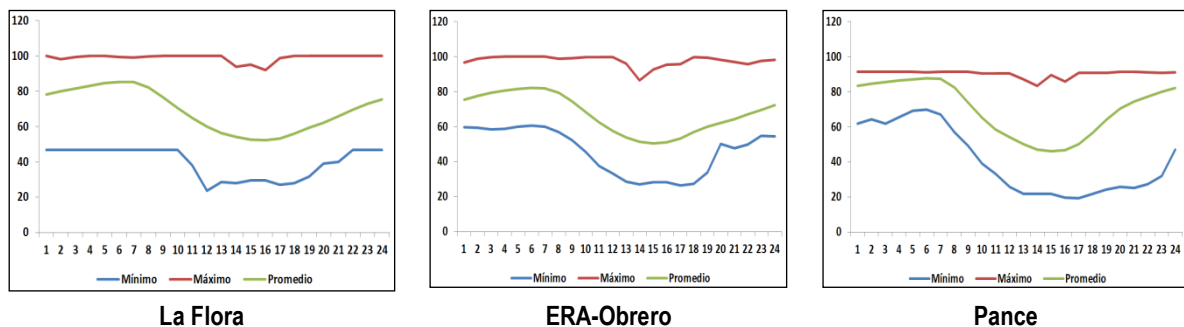


**Grafica 30.** Comportamiento horario de la Radiación Solar durante el año 2013.

Se observa claramente que los niveles de radiación solar en la ciudad son las altos en las horas cercanas al medio día, en el cual se han registrado valores máximos 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



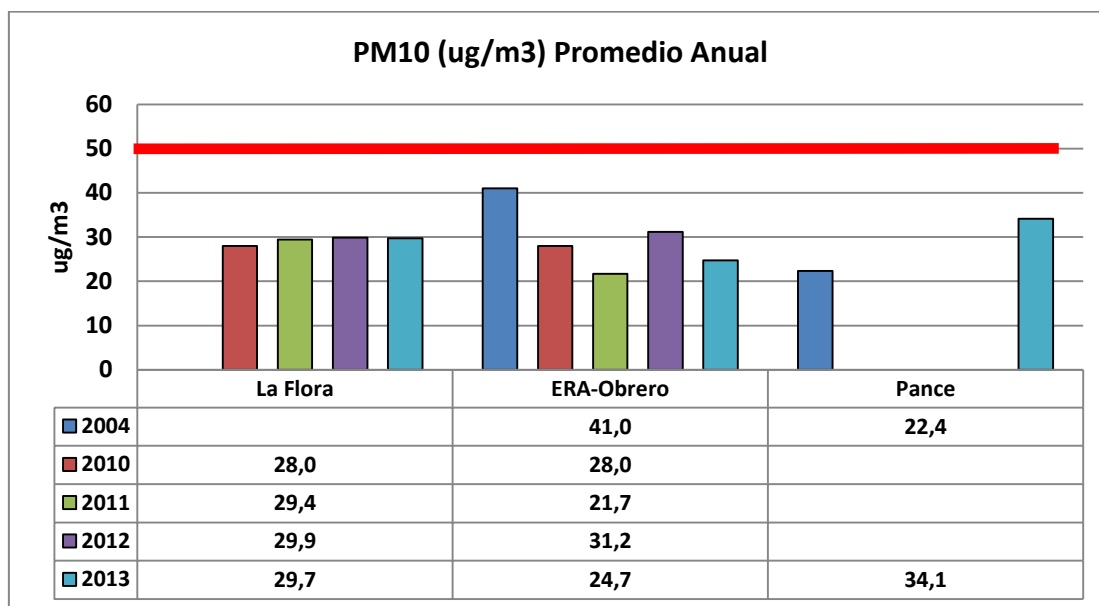
**Grafica 31.** Comportamiento horario de la Humedad Relativa durante el año 2013.

Tal y como se observa en la gráfica 32 se puede ver que en horas de la mañana se presentaron los porcentajes más altos de humedad relativa, y alrededor de las 3 de la tarde se encontraron los valores más bajos de humedad. Se encontró un comportamiento muy similar de humedad relativa en las tres zonas de monitoreo (La Flora, ERA-Obrero y Pance)

## 5. COMPARACIÓN DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO SEGÚN EL PUNTO DE MONITOREO. AÑOS 2004, 2010, 2011, 2012 Y 2013

### 5.1. PROMEDIOS ANUALES

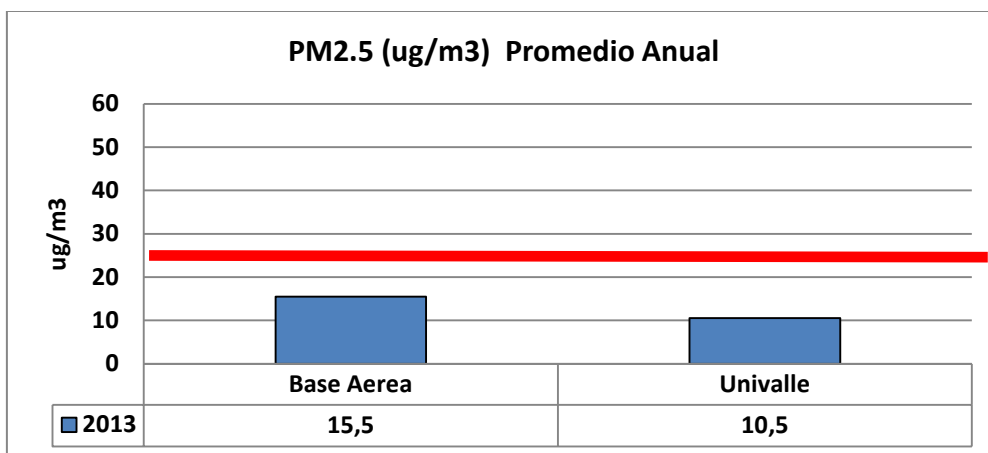
Este capítulo muestra los resultados del comportamiento de los promedios anuales de contaminantes criterio de calidad de aire en Santiago de Cali. Para determinar cómo fue el comportamiento de los mismos, se hizo una comparación de los promedios anuales de los años 2004, 2010, 2011, 2012 y 2013. Los resultados más relevantes se muestran a continuación:



**Gráfico32.** Comportamiento Promedio Anual del Material Particulado PM<sub>10</sub> según la estación de monitoreo.

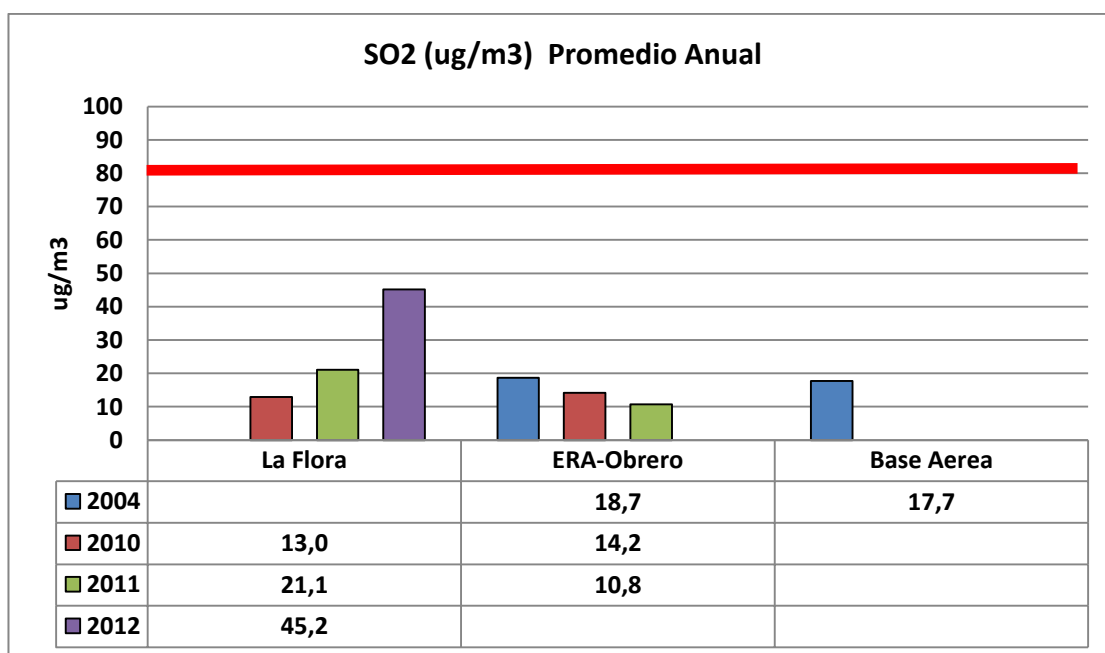
PM10 (ug/m3) Promedios Anuales				
Año	La Flora	ERA-Obrero	Pance	Promedio Global
2004		41,0	22,4	31,7
2010	28,0	28,0		28,0
2011	29,4	21,7		25,5
2012	29,9	31,2		30,5
2013	29,7	24,7	34,1	29,5

Se observa que en la estación la Flora (Zona Norte de la ciudad) los promedios anuales son muy similares con un valor aproximado de 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la estación ERA-Obrero (Zona Centro) se observa 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 2010-2013 se puede evidenciar una disminución de este contaminante en este punto de la ciudad. Si se hace la comparación de los promedios anuales solo para el último año de monitoreo (2013) se puede evidenciar que en la estación Pance (Background Rural o Punto Blanco) se registró el mayor valor promedio anual. 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



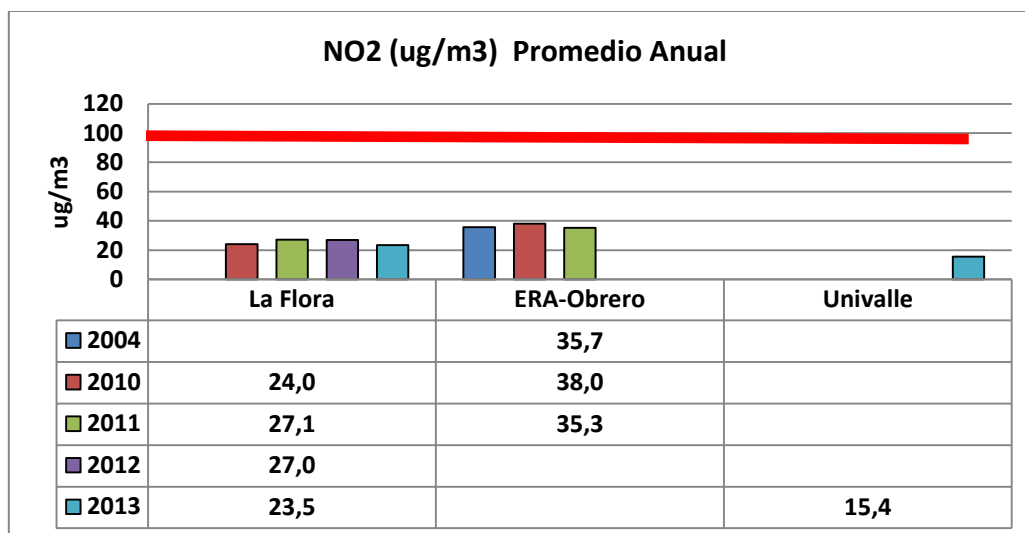
**Gráfico33.**Comportamiento Promedio Anual del Material Particulado PM<sub>2.5</sub> según la estación de monitoreo.

Este contaminante se empezó a monitorear a partir del año 2013. Según el grafico 33 Si se hace la comparación de los promedios anuales para el último año de monitoreo (2013) se puede evidenciar que en la estación Univalle (Zona Sur) se registró el mayor valor promedio anual. 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Gráfico34.**Comportamiento Promedio Anual del Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub> 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). 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 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. 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



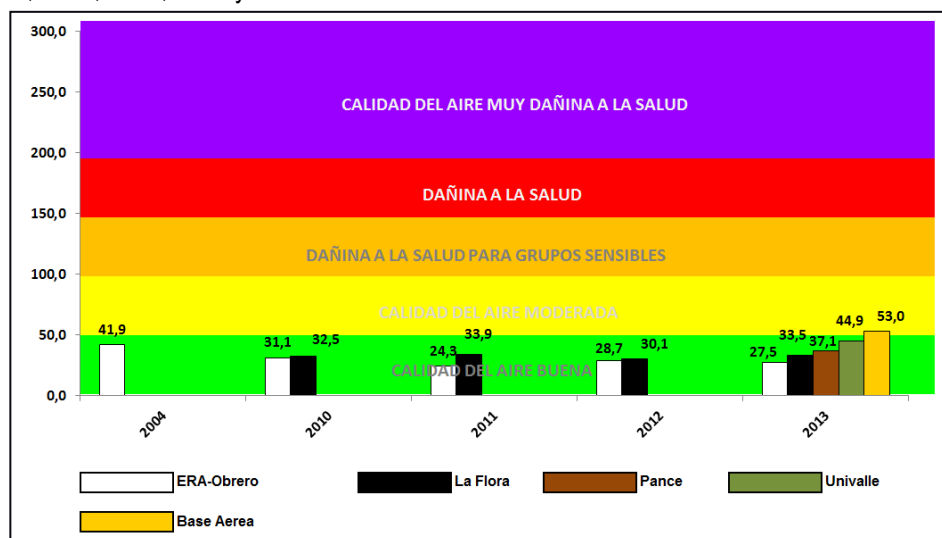
**Gráfico 35.** Comportamiento Promedio Anual del Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub> según la estación de monitoreo.

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 de los promedios anuales solo para el último año de monitoreo (2013) se puede evidenciar que en la estación La flora se registró el mayor valor promedio anual en comparación con lo obtenido en la estación Univalle. 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.

## 5.2. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HISTORICO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE

En este punto se hizo un análisis del comportamiento histórico del Índice de Calidad del Aire durante los años 2004, 2010, 2011, 2012 y 2013.



Mes	La Flora	ERA-Obrero	Pance	Univalle	Base Aérea
2004	-	41,9	-	-	-
2010	32,5	31,1	-	-	-
2011	33,9	24,3	-	-	-
2012	30,1	28,7	-	-	-
2013	33,5	27,5	37,1	44,9	53,0

**Gráfico36.** Comportamiento del ICA Promedio- Multianual – Estaciones ERA-Obrero, La Flora. Periodo 2004, 2010-2013

**ICA Promedio Anual – Estaciones ERA-Obrero, La Flora, Pance, Univalle y Base Aérea:** Al hacer la comparación de los promedios anuales de ICA se puede ver en la gráfica 36 que en la zona centro se ha presentado una paulatina disminución al hacer la comparación del 2013 respecto a los años inmediatamente anteriores. El ICA promedio anual de la zona norte fue muy similar durante los años de monitoreo oscilando alrededor de 33 unidades. En el año 2013 se puede ver que el valor más alto del promedio anual de ICA se dio en la estación ubicada en Base Aérea (53 unidades - ICA), seguida de la estación Univalle (44,9 unidades - ICA), Pance (37,1 unidades), La Flora (33,5 unidades) y finalmente la estación ERA-Obrero con el valor promedio anual de ICA más bajo en el 2013 (27,5 unidades – ICA).