



ALCALDÍA DE  
SANTIAGO DE CALI

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
DE GESTIÓN MEDIO AMBIENTE

# INFORME ANUAL DE CALIDAD DE AIRE

ESTACIONES: ESCUELA REPUBLICA DE ARGENTINA & ÉXITO LA FLORA  
Periodo Enero – Noviembre 2012



**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

**Área: Calidad Ambiental  
Grupo: Calidad del Aire**

**Diciembre 2012**

## 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 funciona con tres estaciones automáticas: Estación Escuela República de Argentina ERA, Éxito – La Flora y la Unidad Móvil. Los resultados de las variables contaminantes y meteorológicas del periodo Enero-Noviembre de 2012 son objeto de elaboración del siguiente informe técnico sobre el estado de la calidad del aire. Hay que mencionar que en la estación móvil (Estación de Bombeo de Navarro – EMCALI) se han presentado fallas de comunicación, razón por la cual no se tiene información de este punto de monitoreo.

## 1. CALIDAD DEL AIRE-PERIDO ENERO-NOVIEMBRE DE 2012

### 1.1. ESTADO DE LA INFORMACION –PERIODO ENERO-NOVIEMBRE DE 2012

En el periodo Enero-Noviembre de 2012 las estaciones ERA & ÉXITO LA FLORA registraron información de variables contaminantes y meteorológicas.

La estación Éxito la Flora y que representa el norte de la ciudad, en el periodo Enero-Noviembre de 2012 funciono de manera regular y registro leves anomalías, presentando en términos generales fallas en varios de los analizadores, ya que debido a la antigüedad de las estaciones, es de esperarse que poco a poco se vayan presentando fallas con estos equipos.

La estación Escuela República de Argentina (ERA) y que representa el centro de la ciudad, en el periodo Enero-Noviembre de 2012 funciono de manera regular y registro leves anomalías, presentando en términos generales fallas en varios de los analizadores, ya que debido a la antigüedad de las estaciones, es de esperarse que poco a poco se vayan presentando fallas con estos equipos.

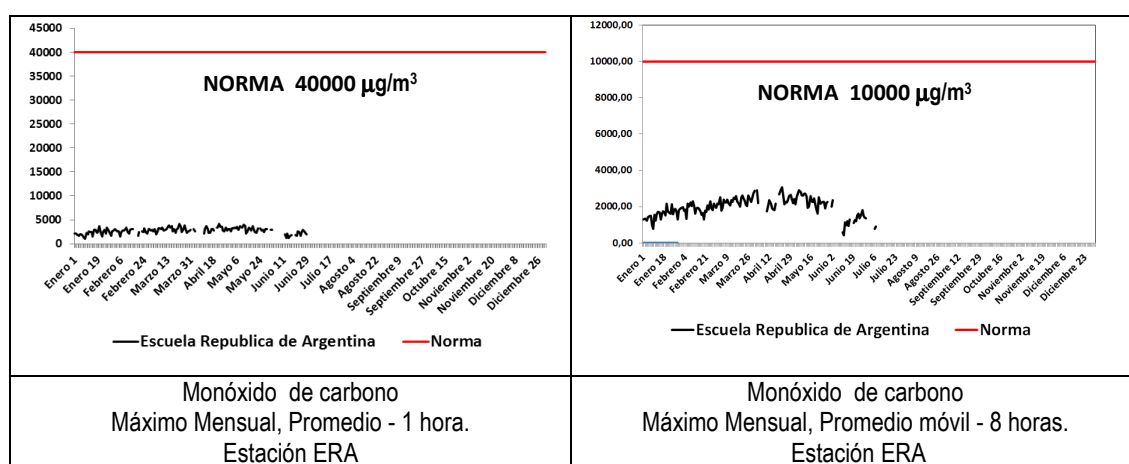
En términos generales se puede afirmar que se han presentado algunas fallas en el procedimiento de calibración en los equipos debido a la antigüedad natural de los equipos. Sin embargo hay que resaltar que la entidad ha adquirido equipos de última tecnología que permitirá tener un análisis de alta confiabilidad y robustez en lo concerniente al análisis de la calidad del aire en la ciudad de Cali

En la estación ERA, en el periodo Enero-Noviembre de 2012 la autoridad ambiental está monitoreando Material Particulado PM2.5 con un equipo analizador secuencial suministrado por el MADS, en el cual se han hecho todas las pruebas correspondientes para que su funcionamiento sea correcto, siguiendo toda una cadena de custodia que permita que las mediciones de este contaminante sea el más óptimo posible. Para el correcto funcionamiento del equipo. Al equipo se le hacen periódicamente pruebas de fugas de gases.

## 2. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CONTAMINANTES EN LA ZONA CENTRO Y LA ZONA NORTE DE CALI. ESTACIONES ERA & ÉXITO LA FLORA. PERIODO ENERO-NOVIEMBRE DE 2012

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-Noviembre 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.

### 2.1. COMPARACION ENTRE LOS CONTAMINANTES SEGÚN LA ESTACION DE MONITOREO Y COMPARACION CON LA NORMA AMBIENTAL - ESCUELA REPUBLICA DE ARGENTINA (ERA) & ÉXITO LA FLORA



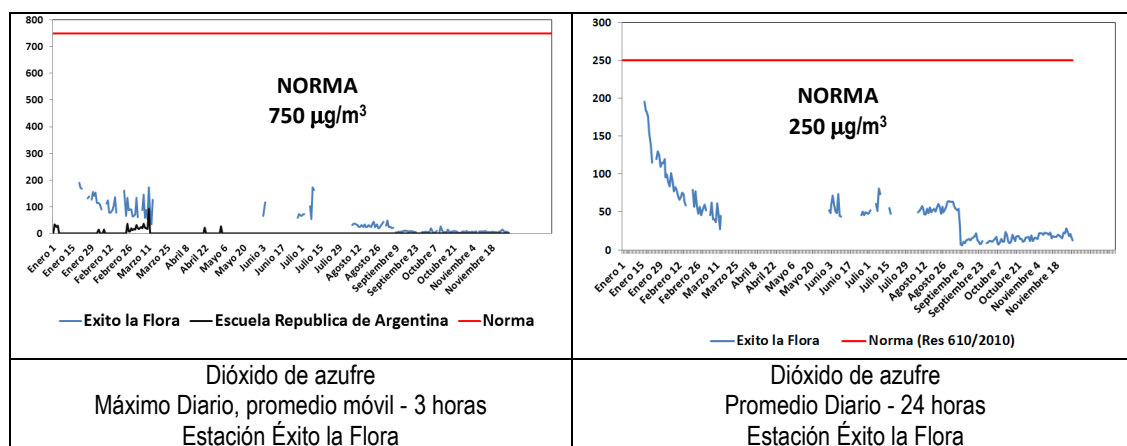
**Grafico 1.** Comportamiento del Monóxido de Carbono – Comparativo norma: promedio 1 hora y 8 horas. Estación ERA

**CO Promedio 1 hora:** En el caso del monóxido de carbono en la normativa de los promedios con base 1 hora, se observó que en la zona centro NO se sobrepasa la norma de 40000 µg/m³. El promedio de este contaminante fue de aproximadamente 1500 µg/m³. Esto implica que está en 38500 unidades de µg/m³ por debajo del límite máximo permisible.

**CO Promedio 8 horas:** Para el caso del monóxido de carbono en la normativa de los promedios octonarios, tampoco se sobrepasa la norma de 10000 µg/m³. El promedio de este contaminante fue de aproximadamente 1500 µg/m³, lo cual implica que está en 8500 µg/m³ por debajo del límite máximo permisible.

En términos generales el comportamiento del monóxido de carbono se encontró muy por debajo de la normativa ambiental.

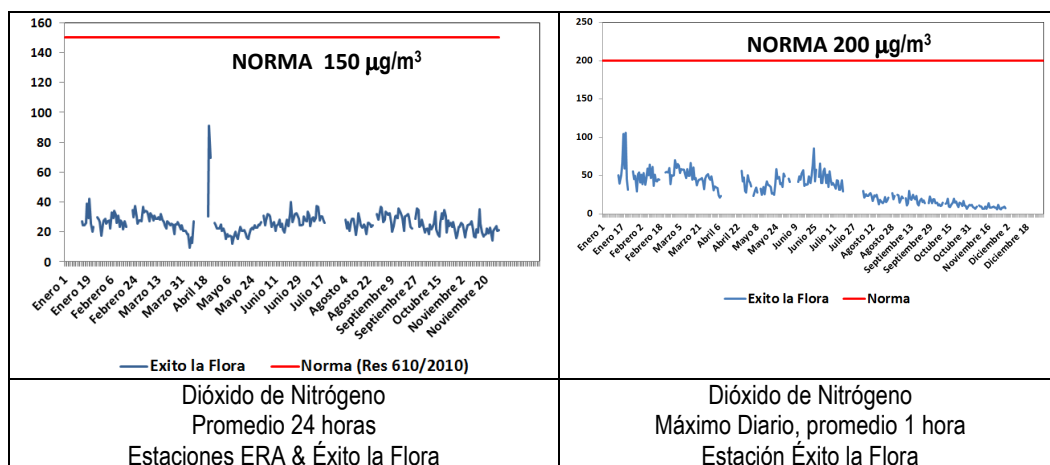
Nota: No se pudo tener mediciones en los últimos 6 meses de este contaminante debido a que se presentaron fallas en este analizador.



**Grafico 2.** Comportamiento del Dióxido de azufre. Comparativo norma: promedio 3 horas y 24 horas. Estación Éxito la Flora

**SO<sub>2</sub> promedio 3 horas:** En el caso del dióxido de azufre en la estación Éxito la flora no se sobrepasa la normativa de alarma de contaminación de 750 µg/m<sup>3</sup>. Se encontraron valores muy bajos de este contaminante. El promedio de este contaminante fue de aproximadamente 35 µg/m<sup>3</sup>, lo cual implica que está en 665 unidades de µg/m<sup>3</sup> por debajo del límite máximo permisible

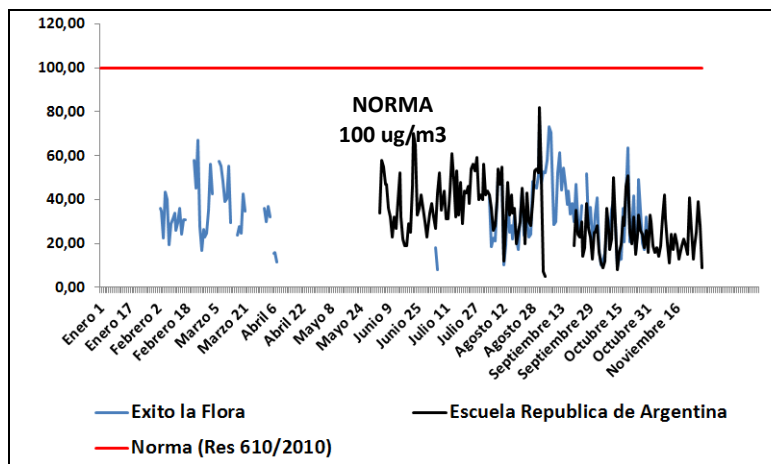
**SO<sub>2</sub> promedio 24 horas:** En el caso del dióxido de azufre en la estación Éxito la flora no se sobrepasa la normativa de alarma de contaminación de 250 µg/m<sup>3</sup>. Se encontraron valores bajos de este contaminante. El promedio de este contaminante fue de aproximadamente 46 µg/m<sup>3</sup>. Esto implica que está en 204 unidades de µg/m<sup>3</sup> por debajo del límite máximo permisible



**Grafico 3.** Comportamiento del Dióxido de nitrógeno en las estaciones ERA & Éxito la Flora

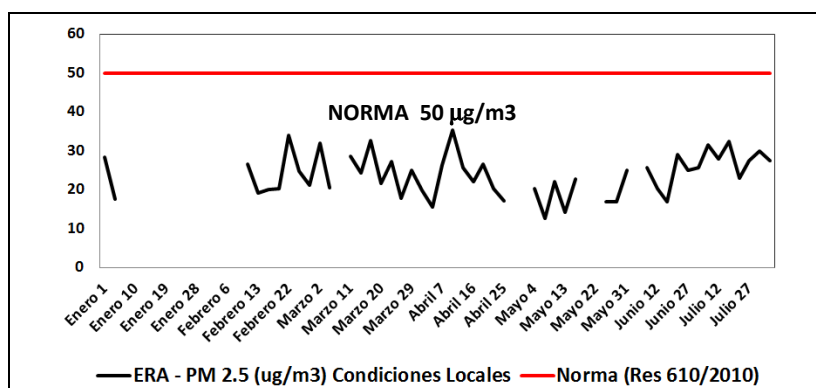
**NO<sub>2</sub> promedio 1 hora:** se observo que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepaso la norma de 200 µg/m<sup>3</sup> a lo largo del semestre en las estación Éxito la Flora. El promedio de este contaminante fue de aproximadamente 18.6 µg/m<sup>3</sup>. Esto implica que está en 177.2 unidades de µg/m<sup>3</sup> por debajo del límite máximo permisible

**NO<sub>2</sub> promedio 24 horas:** se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a lo largo del semestre en la estación Éxito. El promedio de este contaminante fue de aproximadamente 22.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esto implica que está en 127.2 unidades de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por debajo del límite máximo permisible



**Grafico 4.** Comportamiento del PM10 Estaciones ERA & Éxito la Flora – Comparativo norma: promedio 24 horas

**PM<sub>10</sub> promedio 24 horas:** Para el caso del Material Particulado se observó que en ninguna de las 2 estaciones se sobrepasó la norma de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los niveles en promedio en las estaciones ERA y Flora fueron de 33.2 y 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Esto implica que está en 66.8 y 66 unidades de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por debajo del límite máximo permisible.

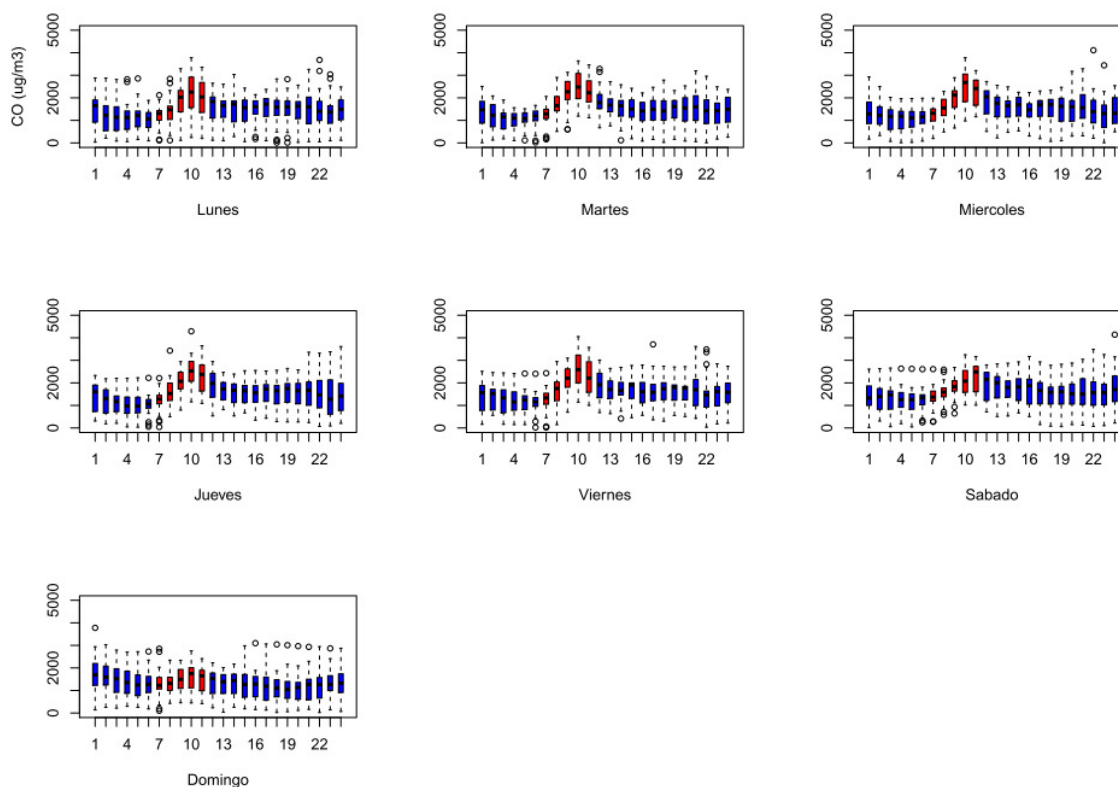


**Grafico 5.** Comportamiento del PM2.5 – Estación ERA – Comparativo norma: Promedio 24 horas

**PM<sub>2.5</sub> - 24 horas:** Para el caso del material particulado se observó que en el centro de Cali (Estación ERA) no se sobrepasó la norma de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y su comportamiento en el periodo que se lleva monitoreando, no se ha registrado comportamientos atípicos. El promedio de este contaminante fue de aproximadamente 26.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esto implica que está en 23.4 unidades de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por debajo del límite máximo permisible

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

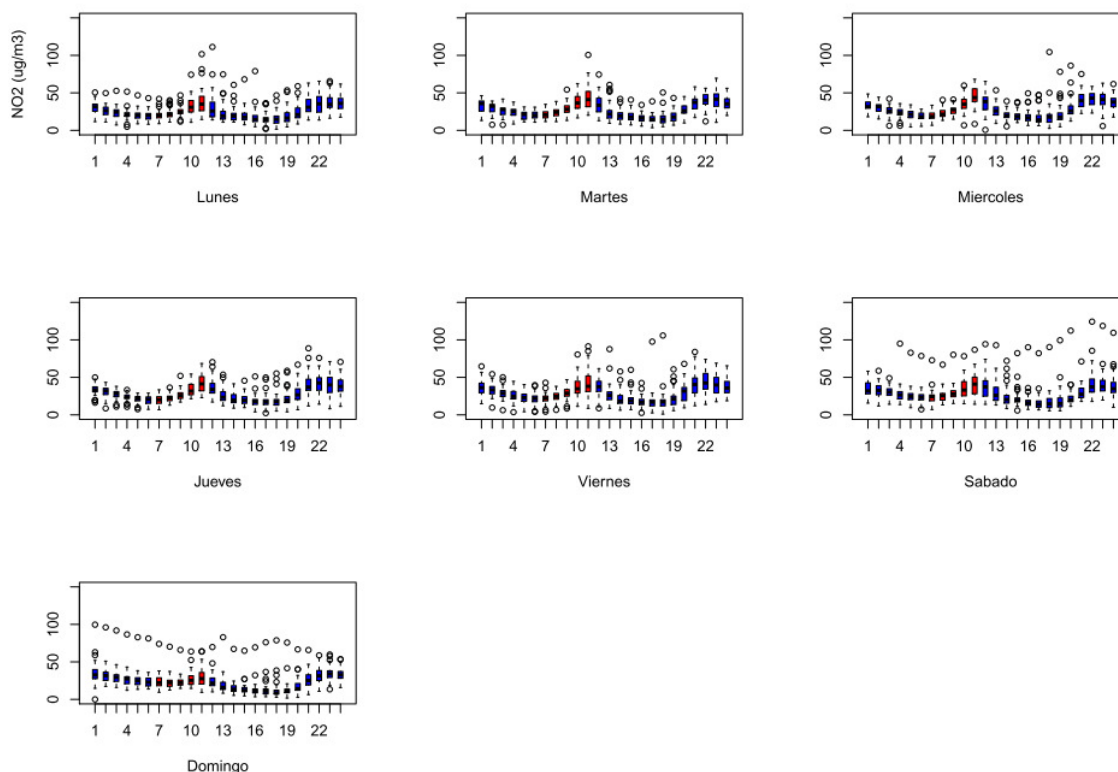
A continuación se hará un análisis más extendido del comportamiento de los contaminantes según algunas características:



**Grafico 6.** Diagrama de cajas y alambres según el día de la semana del Monóxido de Carbono. Datos horarios. Estación ERA. Centro de Cali

**Para el caso del CO:** Para el Periodo Enero-Noviembre de 2012, el comportamiento del promedio horario del Monóxido de carbono en la zona de influencia de la Estación ERA (centro de la ciudad de Cali), se presenta en Mayores proporciones en los días Viernes, Los niveles de Monóxido de carbono están relacionados directamente con la actividad vehicular. Los días domingos del mes registraron los valores más bajos de monóxido de carbono y esto se debe a la disminución del flujo de vehicular típico en este día.

El grafico anterior muestra que en las horas pico de la mañana (entre las 7 y las 10 am) se registró un incremento de CO (valores de CO entre 2000 y 2500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aproximadamente) en el área de influencia de la Estación ERA (zona centro de la ciudad de Cali), y esto probablemente se debe al alto tráfico vehicular que se registra en las vía cercanas como la calle 25, la cual sin duda es una de las vías más transitadas de la ciudad, además de la parte industrial que se encuentra ubicada en la comuna 9. Sin embargo hay que aclarar que los niveles de este contaminante se encuentran muy por debajo de la norma, razón por la cual no se considera muy importante el monitoreo permanente del mismo.

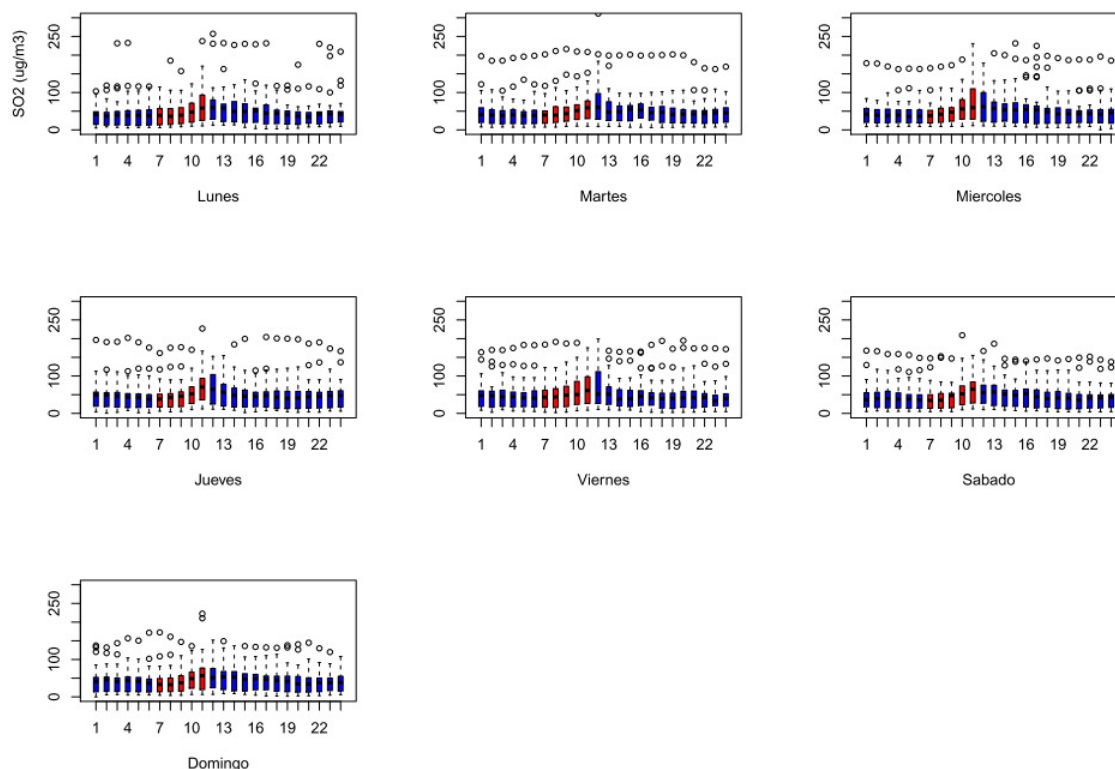


**Grafico 7.** Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Nitrógeno  $\text{NO}_2$  según el día de la semana. Datos horarios estación La Flora.

**Para el caso del  $\text{NO}_2$ :** El grafico 7 mostro que para el Periodo Enero-Noviembre de 2012 el comportamiento del promedio horario del Dióxido de Nitrógeno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en la Estación La Flora (zona Norte de la ciudad de Cali), se presenta aparentemente similar al comparar los días de la semana, sin embargo se encontró que en los días domingos es donde se registraron las menores concentraciones de este contaminante.

El grafico anterior muestra el comportamiento horario del Dióxido de Nitrógeno según las horas del día, en el cual se observa un aumento en estos niveles de este contaminante entre las 8 de la mañana hasta las 11 de la mañana. Esto se debe muy seguramente al flujo vehicular que transita frecuentemente por esta zona de la ciudad de Santiago de Cali.





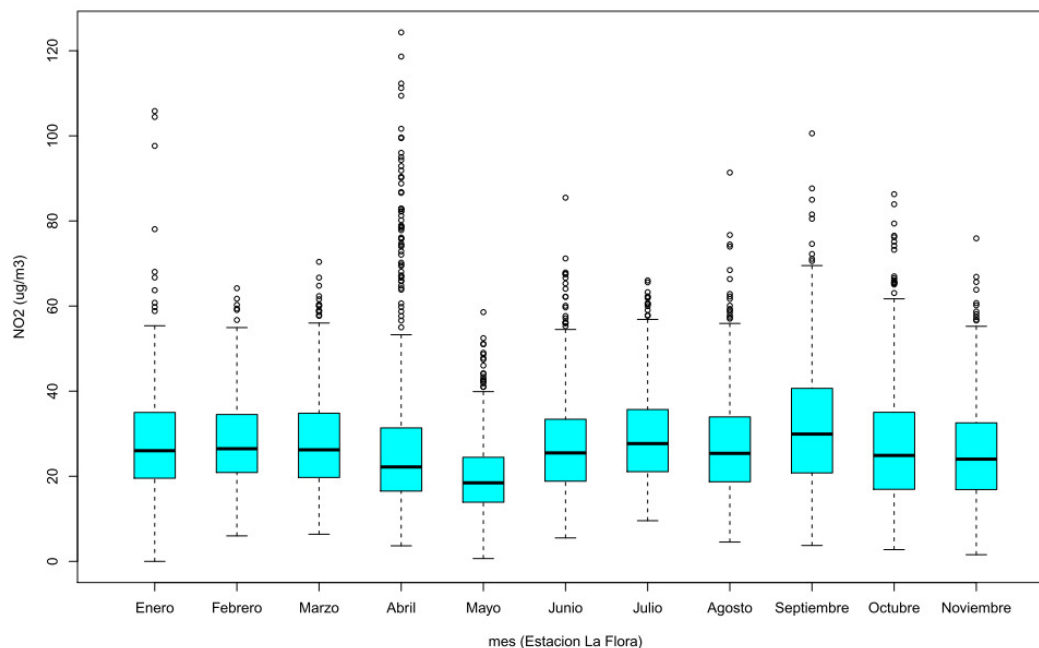
**Grafico 8.** Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Azufre  $SO_2$  según el día de la semana. Datos horarios estación La Flora.

**Para el caso del  $SO_2$ :** El grafico 8 mostro que para el Periodo Enero-Noviembre de 2012 el comportamiento del promedio horario del Dióxido de Azufre en la Estación la Flora (zona norte de la ciudad de Cali), se presenta aparentemente similar al comparar los días de la semana, sin embargo los valores atípicos más notorios se presentaron los días Jueves y viernes. El Dióxido de Azufre está relacionado con la actividad de uso de combustibles fósiles y combustión de minerales.

El grafico anterior muestra el comportamiento horario del Dióxido de Azufre según las horas del día, en el cual se observa un aumento en estos niveles de este contaminante entre las 6 y las 10 de la mañana en la estación ERA. Aunque visualmente la diferencia según la hora del día no se nota tanto.



### 2.3. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL MES. (PERIODO ENERO-NOVIEMBRE DE 2012)



**Grafico 9.** Diagrama de cajas y alambres del Dióxido de Azufre según el Mes. Datos horarios

**Para el caso del NO<sub>2</sub>:** El grafico 9 muestra que para el Periodo Enero-Noviembre de 2012 el comportamiento del promedio horario del Dióxido de Nitrógeno en la Estación La Flora (zona Norte de la ciudad de Cali), un incremento leve en el mes de abril.

## 3. INDICE DE CALIDAD DE AIRE EN LAS ZONAS DE INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES ERA & ÉXITO LA FLORA. PERIODO ENERO-NOVIEMBRE DE 2012

El Sistema de Vigilancia de la Calidad de aire de Santiago de Cali en el Periodo Enero-Noviembre de 2012 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>, O<sub>3</sub> y CO.

### 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 1. Índice de Calidad del Aire de la EPA

(\*) NO<sub>2</sub> se tendrán en cuenta valores únicamente por encima de 200 teniendo en cuenta que han sido tomados de valores y parámetros EPA.

### 3.3. CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE PARA EN EL CENTRO DE LA CIUDAD Y EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE CALI

El ICA será calculado a partir de la metodología utilizada por la US- EPA.

Una vez calculado el índice de calidad del aire, se tendrá que ver como es el efecto en la salud humana y las consecuencias a la población de la ciudad. Es por esto que a continuación se muestra una tabla donde especifica cuales son los efectos generados por cada contaminante. Ver tabla 2

### 3.4. EFECTOS A LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE

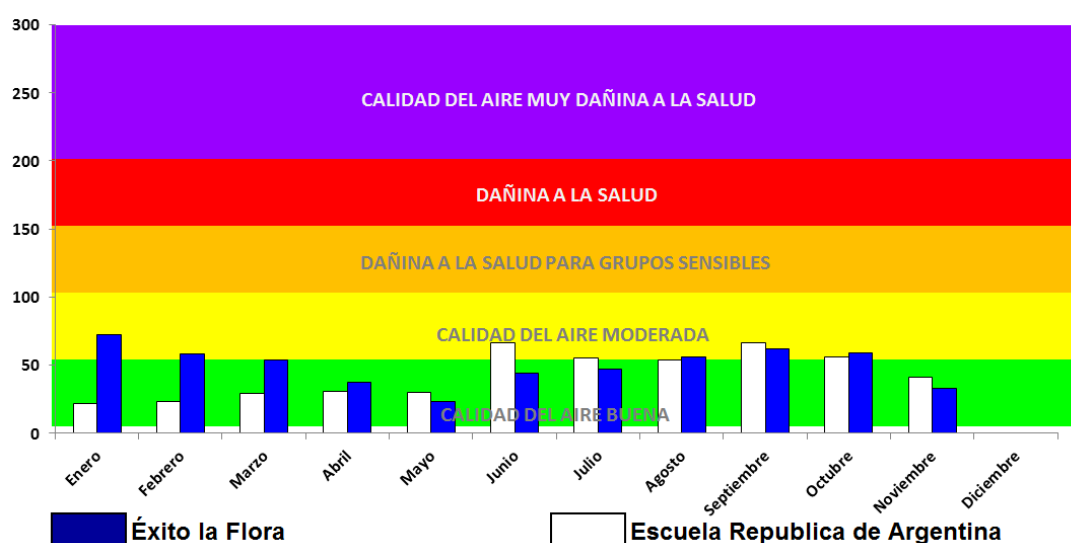
Categoría	Efecto general
Buena 0-50	La calidad del aire se considera satisfactoria, y la contaminación atmosférica plantea poco o nada de riesgo
Moderada 51-100	La calidad del aire es aceptable. Sin embargo para algunos agentes contaminadores puede haber una preocupación moderada de la salud para un 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 2.** Categoría de Calidad para el AQI y sus Efectos en la Salud

Una vez explicada esta parte, se procede a mostrar a continuación como fue el estado de la calidad del aire según el Periodo Enero-Noviembre de 2012 del presente semestre.

### 3.5. RESULTADOS DEL CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PERIODO ENERO-NOVIEMBRE DE 2012 – ESTACIÓN ERA & ÉXITO LA FLORA

Al hacer uso del ICA para determinar el estado de la calidad del aire en la zona centro de la ciudad de Cali se tendrá en cuenta la elaboración de los indicadores de forma diaria y ver cuál ha sido su comportamiento en todo el mes tal y como se observa en el grafico 10



**Grafico 10.** Comportamiento máximo mensual del índice de calidad del aire para la zona centro y la zona norte de la ciudad de Cali – Estación ERA & Éxito la Flora

Mes	Escuela República de Argentina			Éxito la Flora		
	máximo	mínimo	promedio	máximo	mínimo	promedio
Enero	22	8	15,8	72	9	46,1
Febrero	23	13	19,4	58	12	45,4
Marzo	29	19	23,7	54	7	32,4
Abril	31	17	23,6	37	5	18,8
Mayo	30	16	23,7	23	5	8,6
Junio	66	19	37,9	44	8	23,8
Julio	55	25	44,3	47	4	25,7
Agosto	54	27	41,1	56	13	38,6
Septiembre	66	5	31,1	62	19	45,6
Octubre	56	10	28,9	59	16	32,9
Noviembre	41	15	25,8	33	11	21,6
	máximo	mínimo	promedio	máximo	mínimo	promedio
	66	5	28,7	72	4	30,9

Tabla 3. Estadística Descriptiva mensual del índice de calidad del aire para la zona centro y la zona norte de la ciudad de Cali – Estación ERA & Éxito la Flora

**En el caso de la estación ERA (Centro de la ciudad de Cali):** La Grafica 10 deja ver en la estación ERA que la curva de calidad de aire se encuentra entre 5 y 66 unidades y en términos generales la calidad del aire en este mes se considera que fue buena.

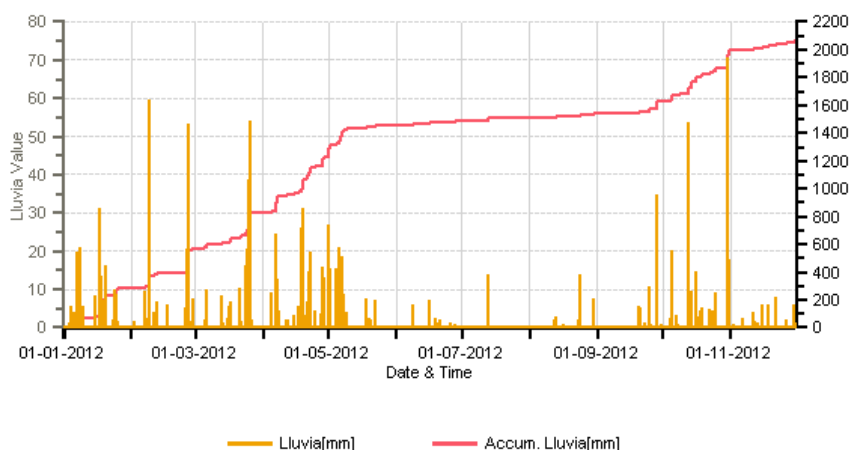
**En el caso de la estación Éxito la Flora (Norte de la ciudad de Cali):** La Grafica 10 deja ver que la curva de calidad de aire se encuentra entre 4 y 72 unidades y en términos generales la calidad del aire en este mes se considera que fue buena.

Haciendo un balance general entre las 2 estaciones se encontró que para la zona norte- centro de Cali, la calidad del aire es considerada según el índice como buena.

## 4. ANÁLISIS DE METEOROLOGÍA

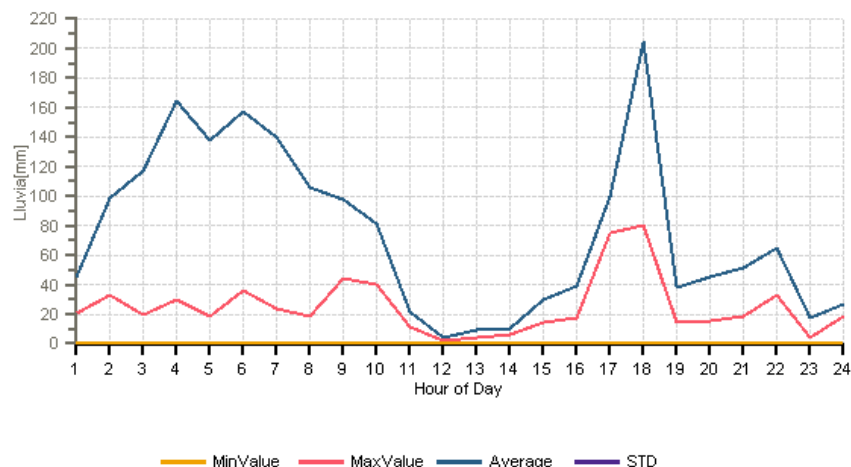
### 4.1. PRECIPITACION

#### 4.1.1. Distribución de Lluvias



Grafica 11. Precipitación Diaria y Acumulada en la Estación ERA – Enero - Noviembre de 2012.

El mes más lluvioso fue el de febrero. Los eventos de precipitación más fuertes se presentaron en horas de la tarde, pero los más prolongados se presentaron en horas de la mañana



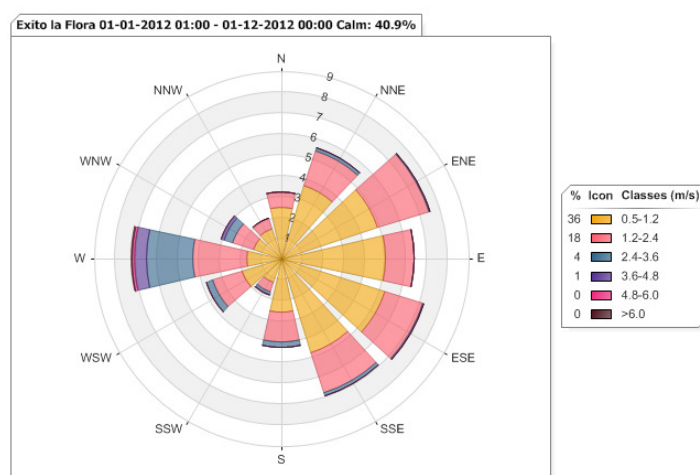
**Grafica 12.** Relación media diaria de precipitación en la Estación Éxito la Flora – Enero - Noviembre de 2012.

Este grafico muestra que la mayoría de los días del semestre los cuales presentaron lluvias ocurrió en alta intensidad en las horas de la tarde y lluvias prolongadas en horas de la mañana.

## 4.2. VIENTOS EN SUPERFICIE

### 4.2.1. ROSAS DE VIENTOS

A continuación se presentan las gráficas de rosas de vientos horarias, construidas a partir de la información validada para los parámetros de velocidad y dirección del viento en el Enero - Noviembre de 2012.

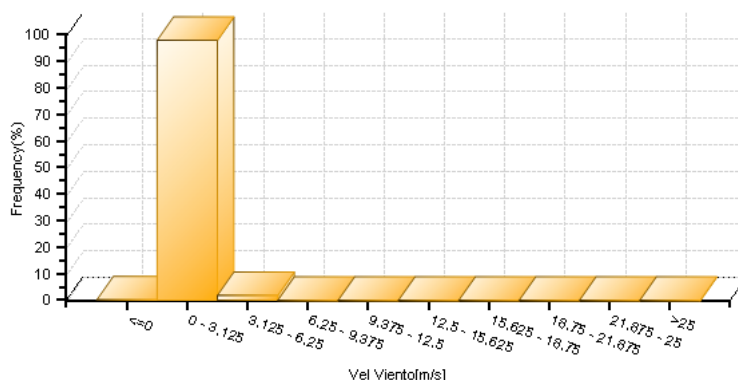


**Grafica 13.** Rosa de Vientos en la Estación Éxito la Flora – Enero - Noviembre de 2012.

La rosa de vientos corresponde al periodo definido entre las 00:00 horas del día 01 de Enero de 2012 hasta las 24:00 horas del día 30 de Noviembre de 2012.

Se observo un comportamiento de los vientos que proviene de la zona noreste, es decir de la zona de ACOPI, con una velocidad media de vientos de 3.15 m/s, lo cual favorece una mejor dispersión y dilución de los contaminantes en la zona.

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



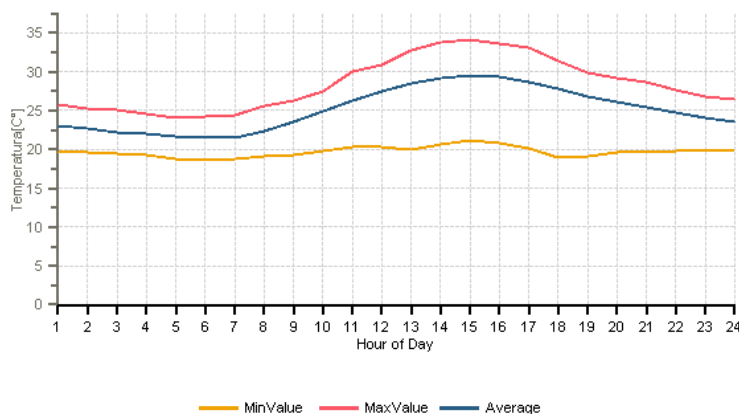
**Grafica 14.** Distribución de Frecuencias de Velocidad de Vientos en la Estación Éxito la Flora – Enero - Noviembre de 2012.

De la gráfica 14 se observa que durante el Enero - Noviembre de 2012, en la zona norte predominaron vientos con velocidades entre los 0.2 a 3.12 m/s, registrándose con una intensidad de más del 90%.

#### 4.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL

La zona urbana del municipio se encuentra ubicada entre 956 m.s.n.m. (Rio Cauca) y 1440 m.s.n.m. (Patio bonito), por lo tanto la temperatura varía entre 21 °C y 24 °C como temperaturas medias mensuales en la zona urbana.

Este factor está influenciado por la circulación de los vientos valle-cordillera y por la altura sobre el nivel del mar.

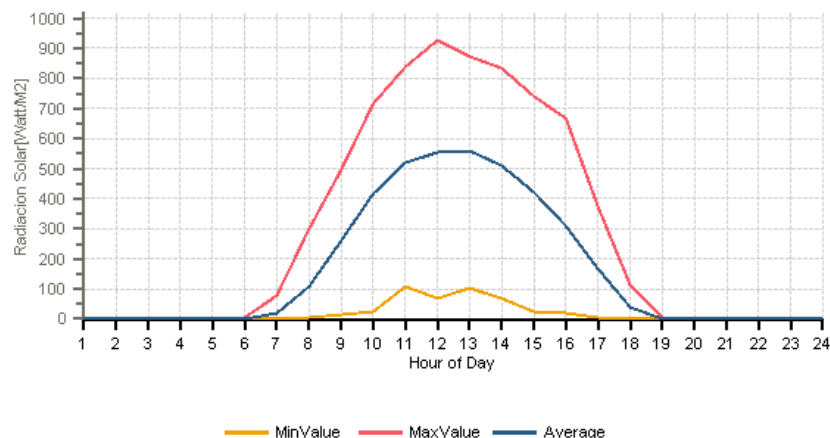


**Grafica 15.** Relación Media Temperatura diaria en la estación Éxito la Flora – Enero - Noviembre de 2012

Se encontró que el promedio de temperatura en el norte de la ciudad está alrededor de los 25°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 períodos secos.

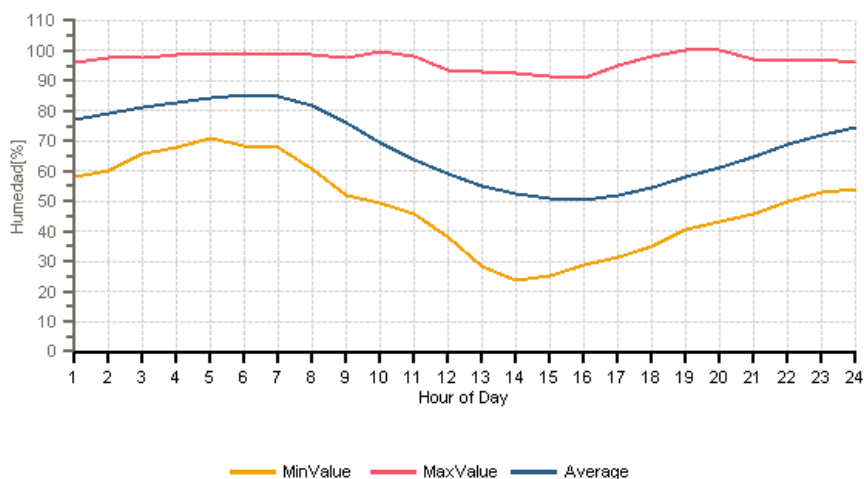


**Grafica 16.** Relación Media Diaria de Radiación Solar- Estación Éxito la Flora. Enero - Noviembre de 2012.

El comportamiento natural de la radiación solar hace que los niveles de ozono en la troposfera aumenten considerablemente. El grafico anterior muestra que la mayor intensidad de Radiación Solar se presenta en horas cercanas al medio día.

#### 4.5. HUMEDAD RELATIVA

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



**Grafica 17.** Relación media diaria de Humedad Relativa en la Estación Éxito la Flora – Enero - Noviembre de 2012.

En horas de la mañana se presentaron los porcentajes más altos de humedad relativa en el semestre 2012, y alrededor de las 3 de la tarde se encontraron los valores más bajos de humedad. Sin embargo se puede apreciar