



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 & UNIDAD MOVIL  
(VIVERO MUNICIPAL)

Periodo Febrero 2010 – Febrero 2011



DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Área de Protección y Recuperación Ambiental  
Grupo: Calidad del Aire

Febrero 1

## INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el análisis estadístico que se hizo en el Año en las estaciones de monitoreo ERA, UM y ÉXITO LA FLORA ubicadas respectivamente en el centro de la ciudad de Cali, en el vivero municipal y en el norte de la ciudad de Cali.

### 1. CALIDAD DEL AIRE

#### 1.1. ESTADO DE LA INFORMACION DEL ANUAL

En el Anual las estaciones ERA y unidad móvil registraron información de variables contaminantes y meteorológicas, de los cuales en la Estación ERA se reporto un alto porcentaje de datos validados.

La estación *Éxito la Flora* y que representa el norte de la ciudad, en el Anual funciono de manera adecuada y no presento anomalías extremas, por lo que este análisis tendrá muy en cuenta lo que se muestre del impacto de la contaminación del norte de Cali.

**Tabla 1.** Estado de los contaminantes correspondientes al Año 2010

Estación	Monitor	ESTADOS									
		Sin Dato	Valido	Apagado	Menor Muestra	Invalido	Z	S	FCalib	RS232	C
Exito la Flora	PM10	37.71% [3303]	57.31% [5020]	0.03% [3]	0.00% [0]	4.62% [405]	0.03% [3]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.29% [25]	0.00% [0]
	SO2	35.14% [3078]	62.00% [5431]	0.03% [3]	0.50% [44]	2.29% [201]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.01% [1]	0.01% [1]
	NOX	35.15% [3079]	53.96% [4726]	8.29% [726]	0.45% [39]	1.82% [159]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.09% [8]	0.25% [22]	0.00% [0]
	NO	35.15% [3079]	53.96% [4726]	8.29% [726]	0.43% [38]	1.82% [159]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.09% [8]	0.26% [23]	0.00% [0]
	NO2	35.15% [3079]	53.96% [4726]	8.29% [726]	0.42% [37]	1.82% [159]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.09% [8]	0.27% [24]	0.00% [0]
	CO	35.18% [3081]	55.97% [4902]	2.72% [238]	0.48% [42]	5.09% [446]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.48% [42]	0.09% [8]
	O3	35.38% [3099]	61.38% [5376]	0.15% [13]	0.46% [40]	2.10% [184]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.54% [47]	0.00% [0]
	Vel Viento	35.54% [3113]	64.44% [5644]	0.00% [0]	0.01% [1]	0.01% [1]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Dir Viento	35.54% [3113]	64.44% [5644]	0.00% [0]	0.01% [1]	0.01% [1]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Temperatura	35.54% [3113]	64.44% [5644]	0.00% [0]	0.02% [2]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Humedad	35.54% [3113]	64.44% [5644]	0.00% [0]	0.02% [2]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Radiacion Solar	37.41% [3277]	62.56% [5480]	0.00% [0]	0.02% [2]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Lluvia	35.54% [3113]	64.43% [5643]	0.00% [0]	0.01% [1]	0.02% [2]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Sigma Theta	35.69% [3126]	64.28% [5630]	0.00% [0]	0.02% [2]	0.01% [1]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Punto Rocio	35.69% [3126]	64.29% [5631]	0.00% [0]	0.02% [2]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
Escuela Republica de Argentina	PM10	0.86% [75]	93.10% [8155]	5.39% [472]	0.00% [0]	0.54% [47]	0.02% [2]	0.01% [1]	0.00% [0]	0.08% [7]	0.00% [0]
	SO2	0.86% [75]	96.43% [8446]	0.73% [64]	0.95% [83]	0.78% [68]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.22% [19]	0.05% [4]
	NOX	0.84% [74]	75.43% [6607]	14.78% [1295]	1.02% [89]	7.88% [690]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.05% [4]
	NO	0.84% [74]	75.43% [6607]	14.80% [1296]	1.02% [89]	7.87% [689]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.05% [4]
	NO2	0.84% [74]	75.43% [6607]	14.80% [1296]	1.02% [89]	7.87% [689]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.05% [4]
	CO	1.13% [99]	96.57% [8459]	0.06% [5]	0.95% [83]	1.16% [102]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.10% [9]	0.02% [2]
	Vel Viento	0.86% [75]	99.09% [8679]	0.00% [0]	0.06% [5]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Dir Viento	0.86% [75]	99.09% [8679]	0.00% [0]	0.06% [5]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Temperatura	0.86% [75]	99.09% [8679]	0.00% [0]	0.06% [5]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Humedad	0.86% [75]	99.09% [8679]	0.00% [0]	0.06% [5]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Radiacion Solar	0.86% [75]	99.02% [8673]	0.00% [0]	0.06% [5]	0.07% [6]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Lluvia	1.62% [142]	98.28% [8608]	0.00% [0]	0.05% [4]	0.06% [5]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]

## INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

Unidad Movil	Sigma Theta	5.93% [519]	94.03% [8236]	0.00% [0]	0.05% [4]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Punto Rocio	0.86% [75]	99.09% [8679]	0.00% [0]	0.06% [5]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	PM10	5.93% [519]	90.52% [7929]	2.85% [250]	0.11% [10]	0.58% [51]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	SO2	32.06% [2808]	51.10% [4476]	14.90% [1305]	0.50% [44]	1.34% [117]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.10% [9]
	NO	32.07% [2809]	30.24% [2649]	36.42% [3190]	0.33% [29]	0.92% [81]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.01% [1]
	NOX	32.07% [2809]	30.24% [2649]	36.42% [3190]	0.33% [29]	0.92% [81]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.01% [1]
	NO2	32.07% [2809]	30.24% [2649]	36.43% [3191]	0.33% [29]	0.91% [80]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.01% [1]
	CO	5.97% [523]	86.08% [7540]	0.37% [32]	0.84% [74]	6.59% [577]	0.00% [0]	0.02% [2]	0.00% [0]	0.01% [1]	0.11% [10]
	O3	5.98% [524]	91.15% [7984]	0.42% [37]	0.98% [86]	1.34% [117]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.01% [1]	0.11% [10]
	Vel Viento	5.94% [520]	68.98% [6042]	25.00% [2190]	0.08% [7]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Dir Viento	5.94% [520]	68.98% [6042]	24.82% [2174]	0.08% [7]	0.18% [16]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Temperatura	5.94% [520]	68.62% [6010]	25.38% [2223]	0.07% [6]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Humedad	5.95% [521]	92.94% [8141]	0.71% [62]	0.18% [16]	0.21% [18]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.01% [1]	0.00% [0]
	Presion Baromet	6.59% [577]	89.30% [7822]	3.93% [344]	0.15% [13]	0.02% [2]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.01% [1]	0.00% [0]
	NMHC	8.09% [709]	70.45% [6171]	11.15% [977]	1.38% [121]	8.91% [780]	0.01% [1]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	MET/THC	8.09% [709]	70.45% [6171]	11.15% [977]	1.38% [121]	8.91% [780]	0.01% [1]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Sigma Theta	5.94% [520]	68.71% [6018]	25.09% [2198]	0.08% [7]	0.18% [16]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]
	Punto Rocio	5.94% [520]	68.31% [5983]	25.68% [2249]	0.08% [7]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]	0.00% [0]

Observando la tabla 1 se observó lo siguiente:

### **Contaminantes**

**En la estación ERA:** todos los parámetros de contaminación superaron más del 99% de datos válidos en el Anual, por lo tanto en aras del análisis de dichos parámetros, se puede tener unos resultados confiables.

**En la Unidad Móvil (Vivero Municipal DAGMA):** Se encontró que solo los contaminantes PM<sub>10</sub>, CO y O<sub>3</sub> registraron más del 95% de datos válidos. Al igual que en la estación ERA, el analizador de NO en la unidad móvil presenta inconvenientes en la estabilización debido a la antigüedad del equipo y no se tienen datos válidos. También se ha presentado inconvenientes con el analizador del SO<sub>2</sub>, por lo que no se ha registrado datos de este contaminante.

**En el Éxito la Flora:** A excepción del analizador del NO que no se encuentra en funcionamiento por fallas en la calibración debido a la antigüedad del equipo como tal, en los demás parámetros de contaminación se encontraron más del 85% de datos válidos en el Anual, por lo tanto en aras del análisis de dichos parámetros, se puede tener unos resultados confiables.

### **Meteorología**

**En la estación ERA:** Todas las variables meteorológicas registraron el 100% de datos válidos.

**En la Unidad Móvil (Vivero Municipal DAGMA):** Todas las variables meteorológicas registraron datos válidos superiores al 95%.

**En el Éxito la Flora:** Todas las variables meteorológicas registraron datos válidos superiores al 95%.

## **1.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO**

Esta sección presenta un breve análisis de los resultados generados durante el Anual de 2010.

**Tabla 2.** Estadísticas descriptivas en base horaria para cada uno de los parámetros correspondientes al Anual.

Estación	Parámetro	Mínimo	Máximo	Fecha de valor máximo	Promedio	Datos [%]	Desv. Estándar	Coef Variación
Éxito la Flora	PM10	1.4	123.4	09/08/2010 23:00	28.875	81	19.433	0.673
	PM-10 Flujo	No Data	No Data	01/08/2010 1:00		0		
	SO2	0.00132	0.06395	20/08/2010 6:00	0.006	98	0.006	0.942
	NOX	No Data	No Data	01/08/2010 1:00		0		
	NO	No Data	No Data	01/08/2010 1:00		0		
	NO2	No Data	No Data	01/08/2010 1:00		0		
	CO	0.67	7.22	19/08/2010 8:00	1.578	52	1.256	0.796
	O3	0.00066	0.08261	05/08/2010 15:00	0.013	96	0.015	1.178
	Vel Viento	0.0	4.9	15/08/2010 16:00	0.789	99	0.698	0.884
	Dir Viento	No Data	No Data	01/08/2010 1:00	160.261	99	101.244	0.632
	Temperatura	18.7	32	09/08/2010 16:00	24.794	99	2.990	0.121
	Humedad	37.8	98.3	31/08/2010 4:00	69.908	99	14.041	0.201
	Radiacion Solar	0	927.7	06/08/2010 12:00	177.896	99	250.256	1.407
	Temp Interna	22.9	30.7	18/08/2010 15:00	25.218	99	1.531	0.061
	Voltaje Int	113.5	123.8	01/08/2010 4:00	118.407	99	1.961	0.017
	Lluvia	0	39.62	12/08/2010 16:00	0.233	99	2.181	9.346
Escuela Republica de Argentina	Sigma Theta	9.8	77.7	26/08/2010 24:00	41.032	99	14.765	0.360
	Punto Rocio	13.5	20.9	31/08/2010 15:00	18.538	99	0.959	0.052
	PM10	1	125	15/08/2010 9:00	30.924	99	21.430	0.693
	PM-10 Flujo	No Data	No Data	01/08/2010 1:00		0		
	SO2	0	0.05316	15/08/2010 9:00	0.009	98	0.008	0.869
	NOX	0.00116	0.16192	03/08/2010 8:00	0.036	98	0.025	0.697
	NO	0.00005	0.12709	03/08/2010 8:00	0.015	98	0.019	1.220
	NO2	0.00006	0.07612	14/08/2010 20:00	0.020	98	0.011	0.556
	CO	0.02	2.98	03/08/2010 8:00	0.862	99	0.459	0.533
	Vel Viento	0.1	5.9	15/08/2010 16:00	1.379	99	1.044	0.757
	Dir Viento	No Data	No Data	01/08/2010 1:00	172.468	99	88.318	0.512
	Temperatura	18.8	33.2	09/08/2010 16:00	24.977	99	2.911	0.117
	Humedad	31.2	100	31/08/2010 6:00	67.267	99	13.265	0.197
	Radiacion Solar	0	929.4	30/08/2010 13:00	183.146	99	259.058	1.414
	Temp Interna	21.3	27.1	04/08/2010 16:00	23.635	99	1.580	0.067
	Voltaje Int	110	123.5	04/08/2010 4:00	120.023	99	1.398	0.012
Unidad Móvil	Lluvia	0	64.01	31/08/2010 5:00	0.385	99	3.676	9.536
	Sigma Theta	16.6	78	15/08/2010 21:00	36.398	99	13.994	0.384
	Punto Rocio	13.7	20.3	03/08/2010 3:00	18.116	99	0.967	0.053
	PM10	1	77	12/08/2010 16:00	17.070	82	11.384	0.667
	SO2	No Data	No Data	01/08/2010 1:00		0		
	NO	No Data	No Data	01/08/2010 1:00		0		
	NOX	No Data	No Data	01/08/2010 1:00		0		
	NO2	No Data	No Data	01/08/2010 1:00		0		
	CO	0	1.9	23/08/2010 8:00	0.804	39	0.326	0.406
	O3	0.00003	0.0789	05/08/2010 15:00	0.012	87	0.017	1.500
	Vel Viento	0	1.5	18/08/2010 15:00	0.357	89	0.294	0.824
	Dir Viento	0.6	359.6	24/08/2010 19:00	166.115	89	100.138	0.603
	Temperatura	19.9	32.9	09/08/2010 16:00	25.100	89	2.956	0.118
	Humedad	33.3	100	01/08/2010 4:00	71.334	89	15.536	0.218
	Presion Baromet	675.9	682.3	14/08/2010 8:00	679.419	89	1.291	0.002

NMHC	0.1	3	12/08/2010 18:00	0.521	85	0.334	0.642
MET/THC	0.4	4.2	29/08/2010 1:00	1.561	85	0.955	0.612
Sigma Theta	19	79.2	24/08/2010 7:00	47.850	89	13.304	0.278
Punto Rocio	13.7	22.2	31/08/2010 16:00	19.093	89	1.224	0.064

La tabla 2 muestra los resultados de las estadísticas descriptivas generales de los datos horarios de los contaminantes y variables meteorológicas en las tres estaciones que están en funcionamiento. En general se encontró que los valores máximos en lo que respecta al Anual de 2010 fueron los siguientes

En el centro de la ciudad (estación ERA) fueron (ver tabla 3):

**Tabla 3.** Valores máximo en base horaria para cada uno de los parámetros de contaminación correspondientes al Anual en la estación ERA.

Parámetro	Valor	fecha
PM <sub>10</sub>	125 ug/m3	15 Anual de 2010 – 9 am
SO <sub>2</sub>	0.05316 ppm	15 Anual de 2010 – 9 am
NO <sub>2</sub>	0.07612 ppm	14 Anual de 2010 – 8 pm
CO	2.98 ppm	3 Anual de 2010 – 8 am

En la zona norte (Éxito la flora) fueron (ver tabla 4):

**Tabla 4.** Valores máximo en base horaria para cada uno de los parámetros de contaminación correspondientes al Anual en la estación ÉXITO LA FLORA.

Parámetro	Valor	fecha
PM <sub>10</sub>	123.4 ug/m3	9 Anual de 2010 – 11 pm
SO <sub>2</sub>	0.06395 ppm	20 Anual de 2010 – 6 am
CO	7.22 ppm	19 Anual de 2010 – 8 am
O <sub>3</sub>	0.08261 ppm	05 Anual de 2010 – 3 pm

En el vivero municipal (Unidad Móvil) fueron (ver tabla 5):

**Tabla 5.** Valores máximo en base horaria para cada uno de los parámetros de contaminación correspondientes al Anual en la estación MOVIL.

Parámetro	Valor	fecha
PM <sub>10</sub>	77 ug/m3	12 Anual de 2010 – 4 pm
CO	1.9 ppm	23 Anual de 2010 – 8 am
O <sub>3</sub>	0.0789 ppm	5 Anual de 2010 – 3 pm

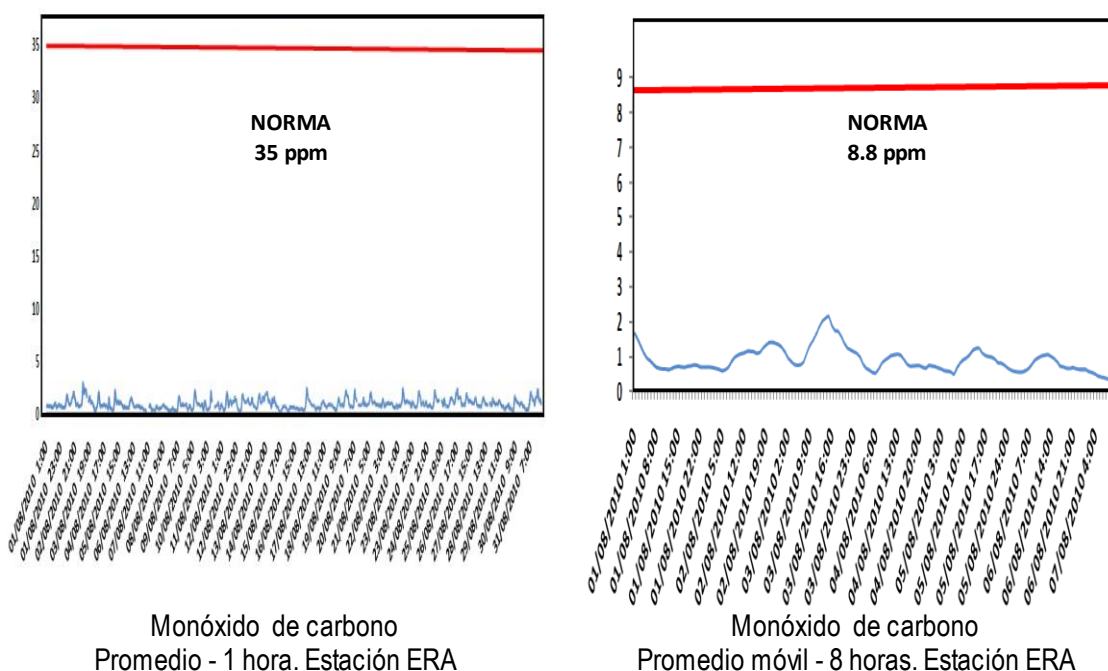
Hay que destacar que en la estación ERA se encontró mucha variabilidad en los datos horarios en el mes en lo que respecta a los contaminantes, solo el CO registro un coeficiente de variación por debajo de 0.5, siendo este contaminante el más estable en lo transcurrido del mes. Esto mismo ocurrió en la Unidad Móvil y en la estación del norte (éxito la flora) donde el CO presento un valor de coeficiente de variación por debajo de 0.5.

A continuación se examinara cada uno de los parámetros de calidad del aire, así como los parámetros meteorológicos.

## 2. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CONTAMINANTES EN LA ZONA CENTRO Y LA ZONA NORTE DE CALI. ESTACIONES ERA, ÉXITO LA FLORA Y LA UNIDAD MOVIL

A continuación se mostraran algunos resultados del comportamiento de los diferentes contaminantes en las 3 estaciones de monitoreo que registraron información en el Anual, además de la comparación de la normativa estipulada en la resolución 610 de marzo de 2010 del MAVDT 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 Y UNIDAD MOVIL (VIVERO)



**Grafica 1.** Diagrama de cajas y alambres del Monóxido de Carbono – Comparativo norma: promedio 1 hora y 8 horas. Estación Escuela Republica de Argentina 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 ninguna de las 3 estaciones se sobrepasó la norma de 35 ppm, sin embargo el gráfico muestra que para la unidad móvil los niveles de concentración de este contaminante son más altos que los encontrados en las estaciones ERA y Éxito la flora.

**CO Promedio 8 horas:** Para el caso del monóxido de carbono en la normativa de los promedios octonarios, se observó que en ninguna de las 3 estaciones tampoco se sobrepasa la norma de 8.8 ppm, sin embargo en la unidad móvil se registraron niveles muy altos de este contaminante. En las estaciones ERA y Éxito la Flora los niveles de concentración de CO son muy bajos.



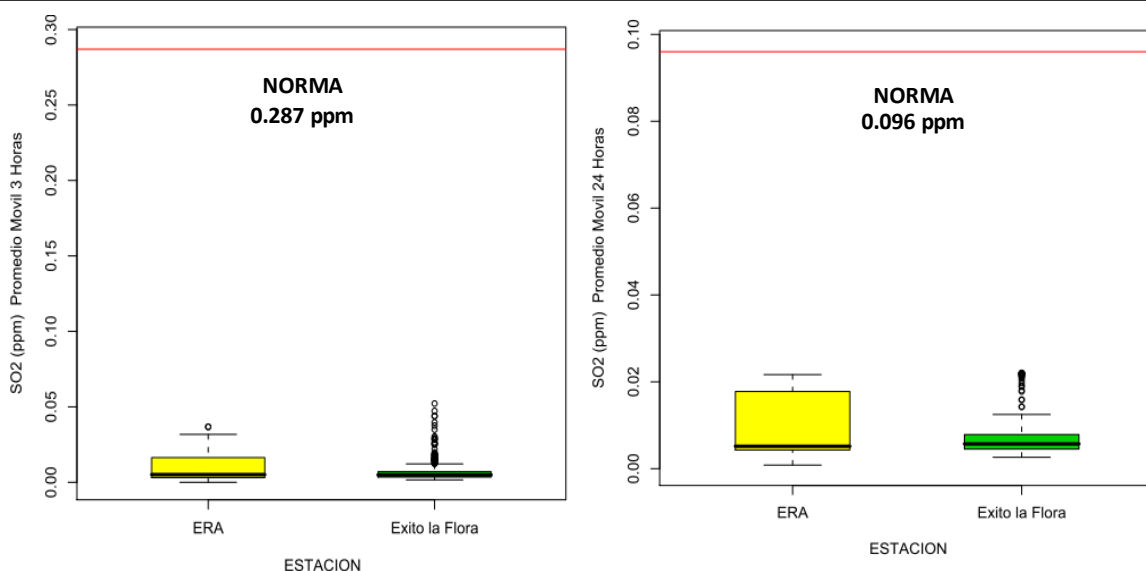


Diagrama de cajas y alambres - Dióxido de azufre promedio móvil - 3 horas

Diagrama de cajas y alambres - Dióxido de azufre promedio móvil - 24 horas

**Grafica 2.** Diagrama de cajas y alambres de los contaminantes – comportamiento del dióxido de azufre en las estaciones de monitoreo ERA y Éxito la Flora.

**SO<sub>2</sub> promedio 3 horas:** En el caso del dióxido de azufre en las estaciones ERA y Éxito la flora no se sobrepasa la normativa de alarma de contaminación de 0.287 ppm. Se encontraron valores muy bajos de este contaminante.

**SO<sub>2</sub> promedio 24 horas:** En el caso del dióxido de azufre en las estaciones ERA y Éxito la flora no se sobrepasa la normativa de alarma de contaminación de 0.096 ppm. Se encontraron valores muy bajos de este contaminante.

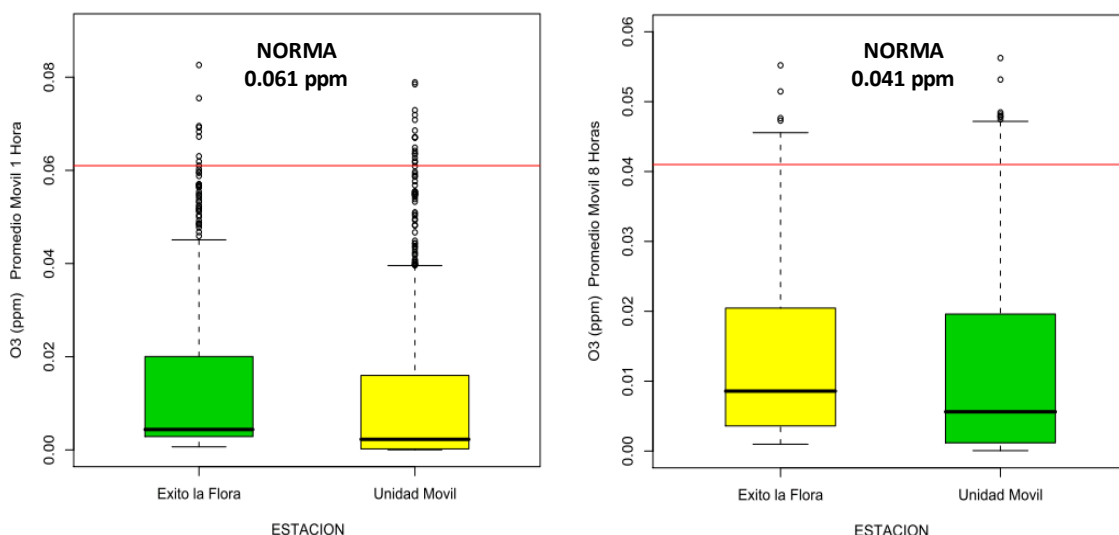


Diagrama de cajas y alambres - Ozono troposférico – promedio 1 hora

Diagrama de cajas y alambres - Ozono troposférico – promedio móvil 8 horas

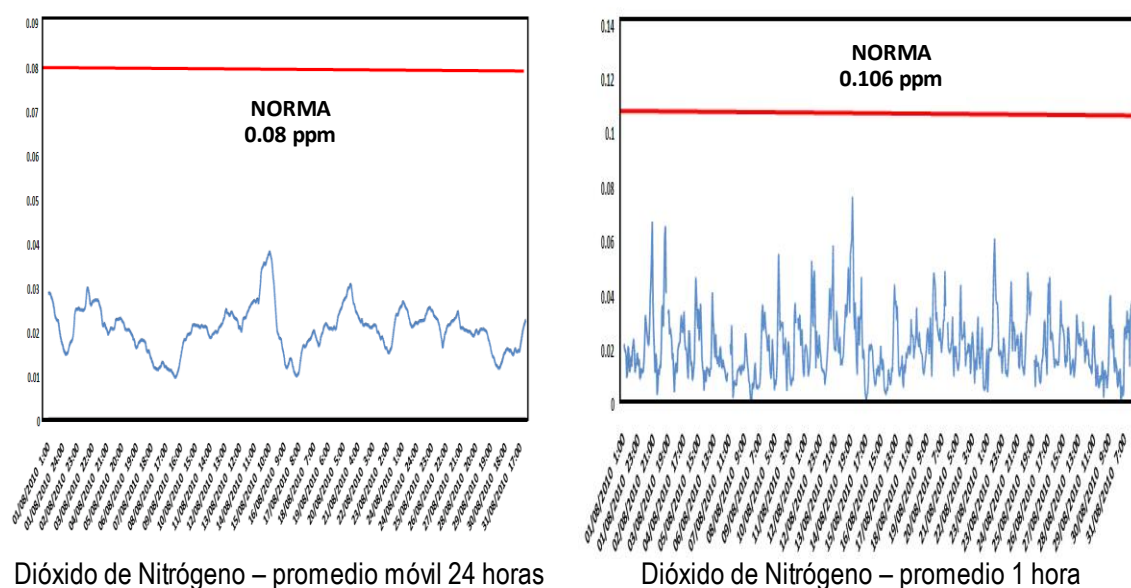
**Grafica 3.** Comportamiento del ozono troposférico en las estaciones de monitoreo éxito la flora y unidad móvil

**O3 promedio 1 hora:** en el caso del ozono troposférico se observó que en las estaciones éxito la flora y unidad móvil en este mes se sobrepasan la normativa ambiental de 0.041 ppm.

En la estación Éxito la flora se sobrepasó la norma el día 24 de Añual de 2010 entre las 5 y las 7 de la noche, mientras que en la unidad móvil se sobrepasó la norma el día 10 de Añual de 2010 entre las 4 y las 7 pm.

**O3 promedio 8 horas:** en el caso del ozono troposférico se observó que en las estaciones éxito la flora y unidad móvil en este mes se sobrepasan la normativa ambiental de 0.041 ppm.

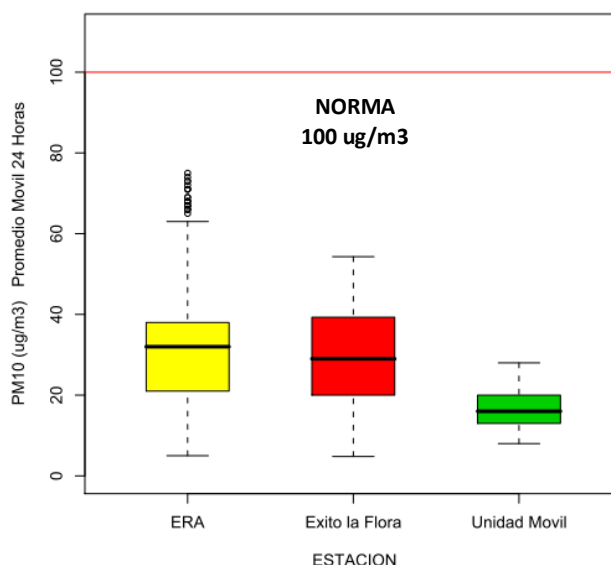
En la estación Éxito la flora se sobrepasó la norma el día 24 de Añual de 2010 entre las 5 y las 7 de la noche, mientras que en la unidad móvil se sobrepasó la norma el día 10 de Añual de 2010 entre las 4 y las 7 pm.



**Grafica 4.** Comportamiento del dióxido de nitrógeno en la estación ERA

**NO2 promedio 1 hora:** se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma de 0.08 ppm a lo largo del Añual en la estación ERA

**NO2 promedio 24 horas:** se observó que el Dióxido de Nitrógeno no sobrepasó la norma de 0.08 ppm a lo largo del Añual en la estación ERA



**Grafica 8.** Comportamiento del PM10 según la estación de monitoreo – promedio móvil 24 horas

**PM10 promedio 24 horas:** Para el caso del material particulado se observó que en ninguna de las 3 estaciones se sobrepasó la norma de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo en el norte de la ciudad de Cali (estación ERA) se registraron los niveles más altos de PM<sub>10</sub>.

## 2.2. ANALISIS PARA DETERMINAR SI EXISTEN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN LOS DATOS REPORTADOS POR LAS DOS ESTACIONES DE MONITOREO

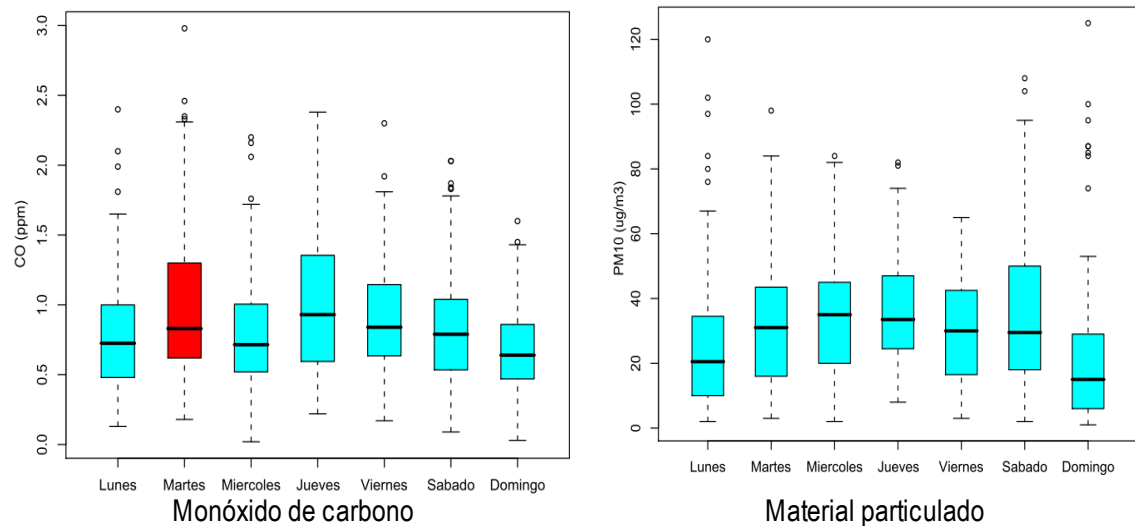
En el apartado anterior se hizo un análisis gráfico entre estaciones para determinar diferencias significativas y aparentemente se encontraron discrepancias entre estaciones de monitoreo. Para determinar mediante un método formal se hace uso de una prueba estadística. Se quiere determinar si hay diferencias entre los contaminantes según la estación de monitoreo y la prueba de Kruskal-Wallis es el método más adecuado para comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales. Incluso cuando las poblaciones son normales, este contraste funciona muy bien.

En este caso es de interés determinar si existen diferencias significativas entre los diferentes contaminantes de las estaciones ERA y UM

## 2.3. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES EN LA ZONA CENTRO DE CALI. ESTACIÓN ESCUELA REPUBLICA DE ARGENTINA (ERA)

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

### 2.3.1. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL DÍA DE LA SEMANA (ANUAL 2010)

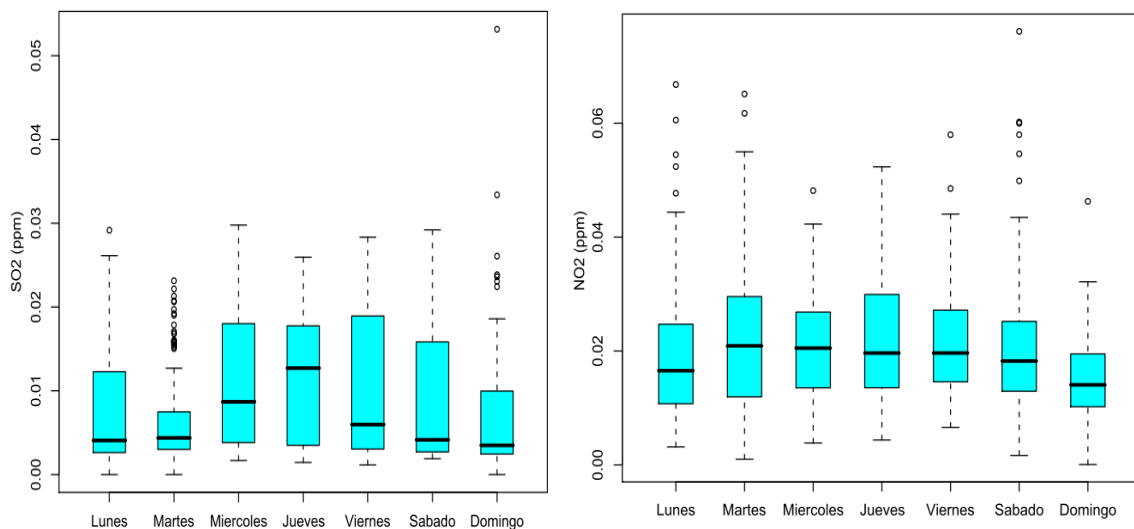


**Gráfica 9.** Diagrama de cajas y alambres según el día de la semana. Datos horarios

Observando el gráfico 9 se encontró lo siguiente:

**Para el caso del CO:** Para el Anual, 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.

**Para el caso del PM10:** Para el Anual, el comportamiento del promedio horario del material particulado en la zona de influencia de la Estación ERA (centro de la ciudad de Cali), se presenta en Mayores proporciones en los días Sábados, Los niveles de Material Particulado están relacionados directamente con la actividad vehicular recurrente y afecta notoriamente la respiración de población humana considerada como vulnerable



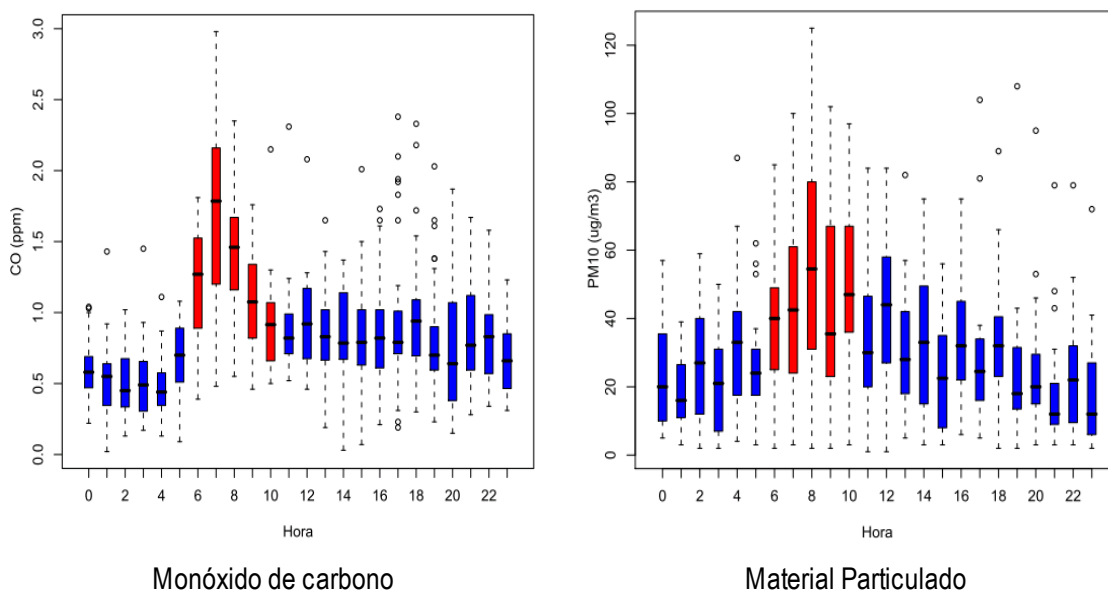
**Grafica 10.** Diagrama de cajas y alambres del SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> según el día de la semana. Datos horarios

**Para el caso del SO<sub>2</sub>:** El grafico 10 mostro que para el Anual el comportamiento del promedio horario del Dióxido de Azufre (ppm) en la Estación ERA (zona centro 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 viernes y sábados. El Dióxido de Azufre está relacionado con la actividad de uso de combustibles fósiles y combustión de minerales.

**Para el caso del NO<sub>2</sub>:** El grafico 10 mostro que para el Anual el comportamiento del promedio horario del Dióxido de Nitrógeno (ppm) en la Estación ERA (zona centro 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.

### 2.3.2. COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN LA HORA DEL DÍA (ANUAL 2010)

Es de gran interés indagar sobre el comportamiento de los contaminantes según la hora del día, ya que este tipo de comportamientos determinan tendencias en determinadas horas del día que permiten identificar las causas de dichos comportamientos.

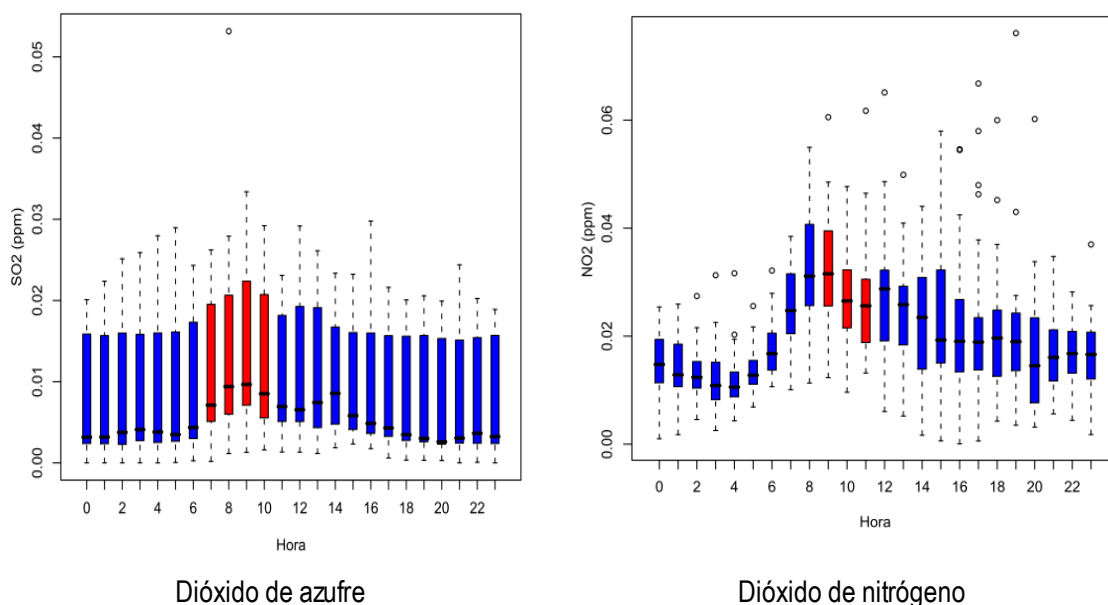


**Grafica 11.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del CO y del PM<sub>10</sub> según la hora del día. Datos horarios

**Para el caso del CO:** El grafico 11 es muy interesante porque muestra como la actividad vehicular en las horas pico de la mañana (entre las 7 y las 10 am) tiene impacto sobre el incremento de CO (valores de CO entre 1 y 3 ppm aproximadamente) en el área de influencia de

la Estación ERA (zona centro de la ciudad de Cali), y esto muy seguramente se debe al alto tráfico vehicular que se registra en las vías 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.

**Para el caso del PM<sub>10</sub>:** El grafico 11 muestra el comportamiento horario del Material Particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>) según las horas del día, se observa un aumento en los niveles de concentración de este contaminante entre las 6 y las 10 de la mañana en la estación ERA.



**Grafica 12.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del SO<sub>2</sub> y el NO<sub>2</sub> según la hora del día. Datos horarios.

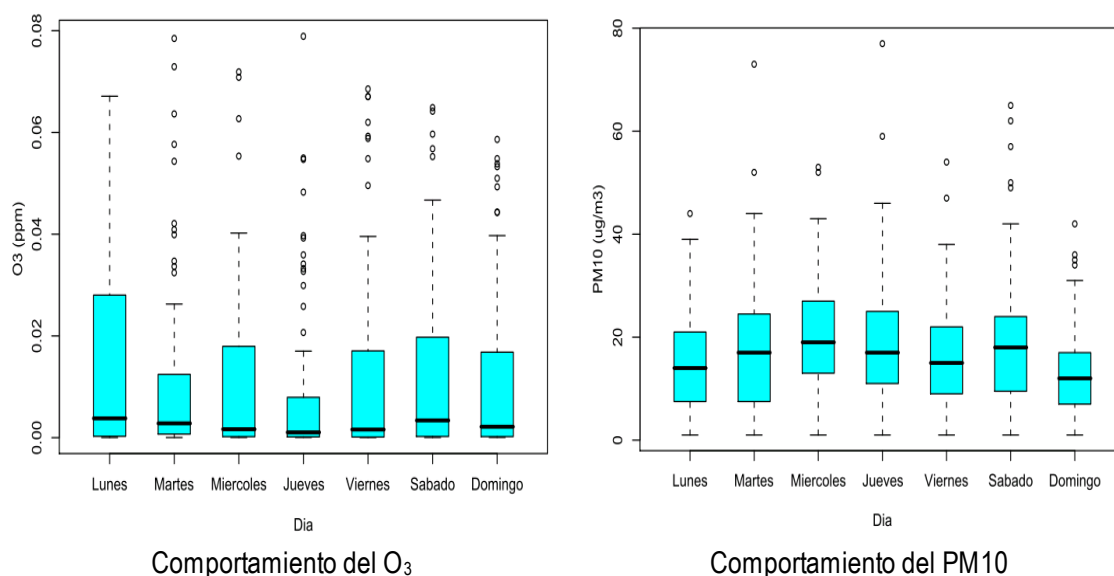
**Para el caso del SO<sub>2</sub>:** El grafico 12 muestra el comportamiento horario del Dióxido de Azufre según las horas del día, se observa un aumento en estos niveles de este contaminante entre las 6 y las 10 de la mañana en la estación ERA. Aunque visualmente la diferencia según la hora del día no se nota tanto.

**Para el caso del NO<sub>2</sub>:** El grafico 12 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 6 de la tarde en la estación ERA. Esto se debe muy seguramente al flujo vehicular que transita frecuentemente por esta zona de la ciudad de Santiago de Cali.

## 2.4. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES EN LA ZONA NORTE DE CALI. ESTACION MOVIL VIVERO MUNICIPAL.

En este apartado se hará un análisis estadístico al comportamiento de los contaminantes en la zona norte en la estación ubicada en la Unidad Móvil (vivero municipal)

### 2.4.1.COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL DÍA DE LA SEMANA (ANUAL 2010)

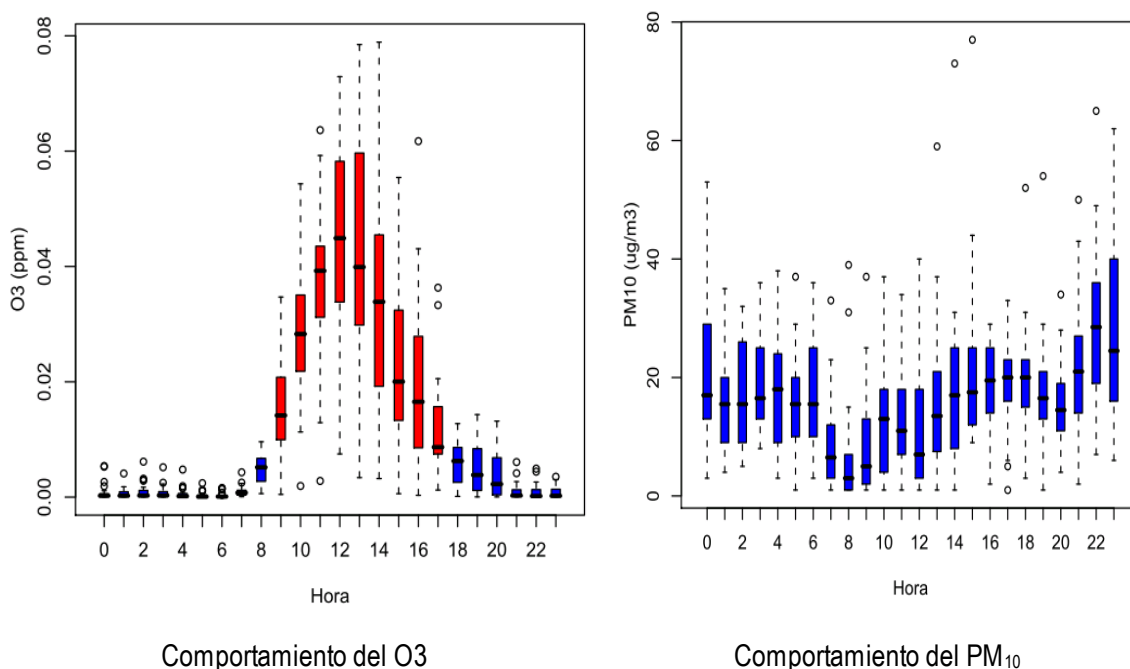


**Grafica 8.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del O<sub>3</sub> y el PM10 según el día de la semana. Datos horarios

**Para el caso del O<sub>3</sub>:** según lo observado en el grafico 8, el comportamiento del Ozono Troposférico se presenta de manera similar en los días de la semana y los valores más bajos se presentaron en los días jueves.

**Para el caso del Material Particulado a menos de 10 micras:** En la estación Unidad Movil se observo que los días sábado se presentaron los niveles más altos. Los días domingo fueron los de menores niveles de concentraciones de PM10

### 2.4.2.COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN LA HORA DEL DÍA (ANUAL 2010)



**Grafica 10.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del PM<sub>10</sub> y del CO según la hora del día.  
Datos horarios

El grafico 10 muestra el comportamiento del Monóxido de Carbono y del Material particulado según la hora del día en la estación Móvil.

**Para el caso del PM<sub>10</sub>:** según el grafico 10, los niveles de este contaminante son similares en diferentes horas del día. Al parecer los niveles más bajos se encontraron en horas de la mañana.

**Para el caso del Ozono troposférico:** El comportamiento del ozono según la hora del día muestra sus niveles más altos entre las 10 de la mañana hasta las 4 de la tarde, este fenómeno se debe a que el ozono está relacionado directamente con las emisiones de NO<sub>x</sub> y la radiación solar.

El ozono troposférico se forma por la formación de radicales que involucran NO<sub>x</sub> y radiación solar.

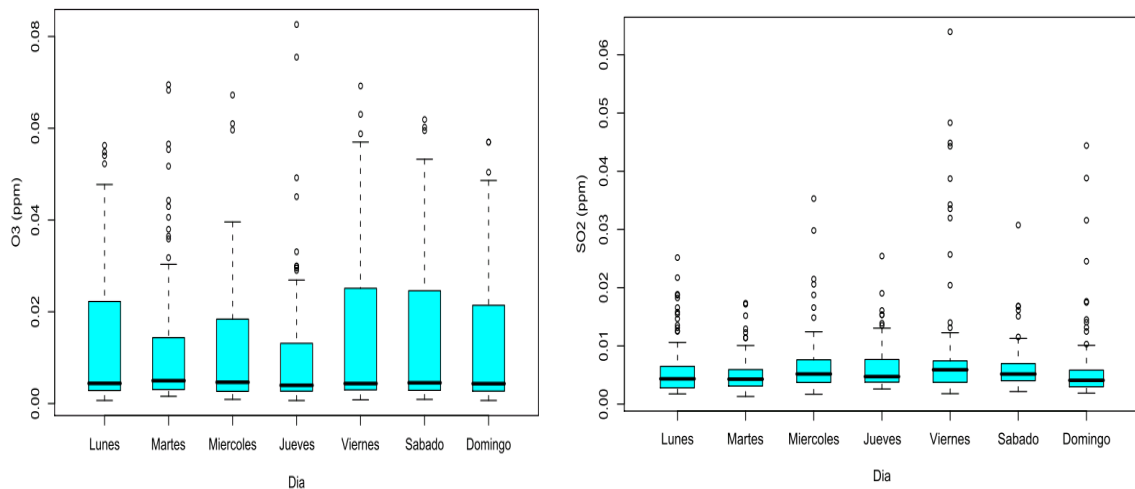
Es claro que existe una relación directa entre la radiación solar y el ozono, lo que se debería de hacer en este caso es realizar un análisis estadístico para determinar la relación existente entre estas dos variables sin embargo en este caso no se podrá hacer dicho análisis debido a que en la unidad móvil no se monitoreo la radiación solar. Este análisis se hará en la medida que se tenga datos de radiación solar en la unidad móvil.



## 2.5.ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES EN LA ZONA NORTE DE CALI. ESTACION ÉXITO LA FLORA.

En este apartado se hará un análisis estadístico al comportamiento de los contaminantes en la estación fija ubicada en el éxito la flora.

### 2.5.1.COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN EL DÍA DE LA SEMANA (ANUAL 2010)



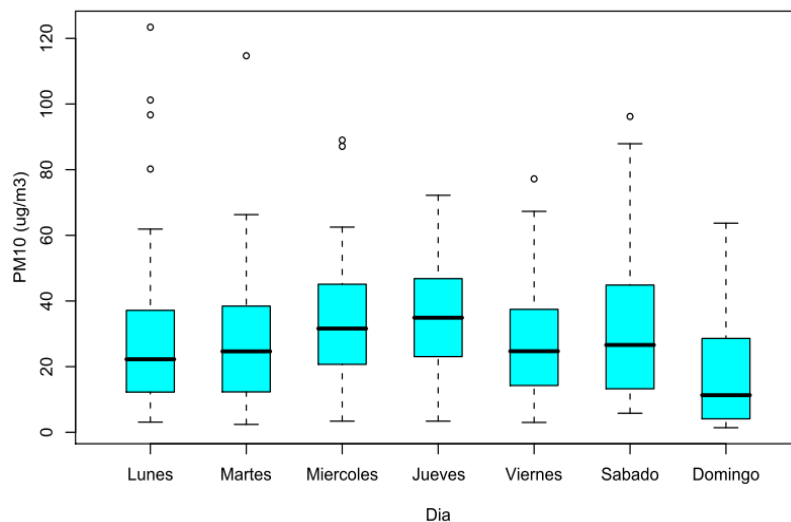
Comportamiento del O<sub>3</sub>

Comportamiento del SO<sub>2</sub>

**Grafica 12.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del O<sub>3</sub> y el CO según el día de la semana. Datos horarios

**Para el caso del O<sub>3</sub>:** El comportamiento del Ozono Troposférico se presenta de manera similar en los días de la semana.

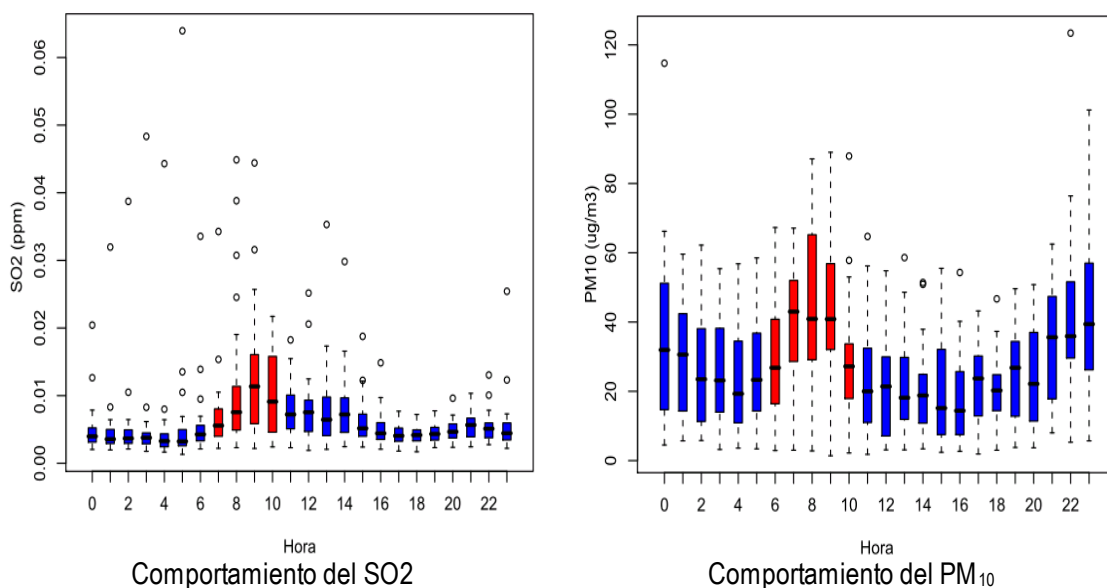
**Para el caso del SO<sub>2</sub>:** se encontró que los niveles de este contaminante son muy similares según el día de la semana tal y como lo muestra la grafica 13.



**Grafica 13.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del PM<sub>10</sub> y del SO<sub>2</sub> según el día de la semana. Datos horarios

**En el caso del Material Particulado a menos de 10 micras:** En el norte de la ciudad (Éxito la Flora) se observó que los días sábado se presentaron los niveles más altos. Los días domingo fueron los de menores niveles de concentraciones de PM<sub>10</sub>. Sin embargo las diferencias no son tan evidentes tal y como lo muestra el grafico 13.

## 2.5.2.COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN LA HORA DEL DÍA (ANUAL 2010)

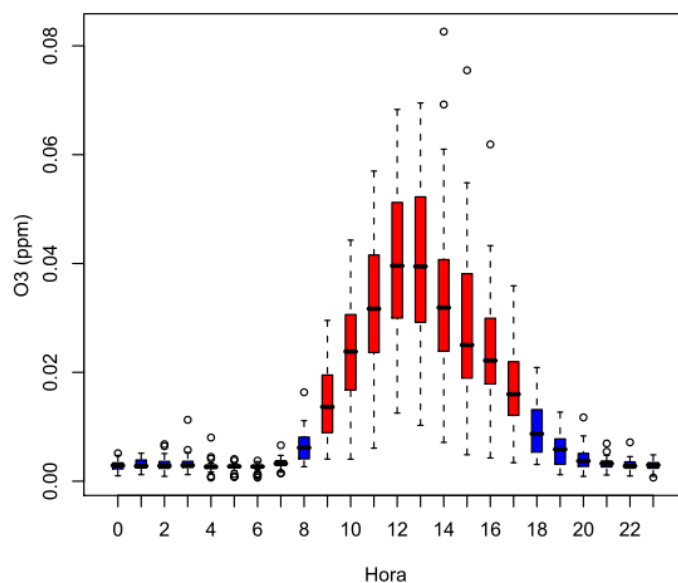


**Grafica 14.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del PM<sub>10</sub> y del SO<sub>2</sub> según la hora del día. Datos horarios

El grafico 14 muestra el comportamiento del Monóxido de Carbono y del Material particulado según la hora del día en la Unidad Móvil encontrando:

**Para el caso del  $SO_2$ :** Los niveles más altos se encontraron entre las 6 y las 10 am, además se incrementa en horas de la noche. Esto debido al alto flujo vehicular que se registra en la zona norte de Cali

**Para el caso del  $PM_{10}$ :** Los niveles más altos se presentaron entre las 7 y las 10 de la mañana y disminuye considerablemente en horas de la tarde.



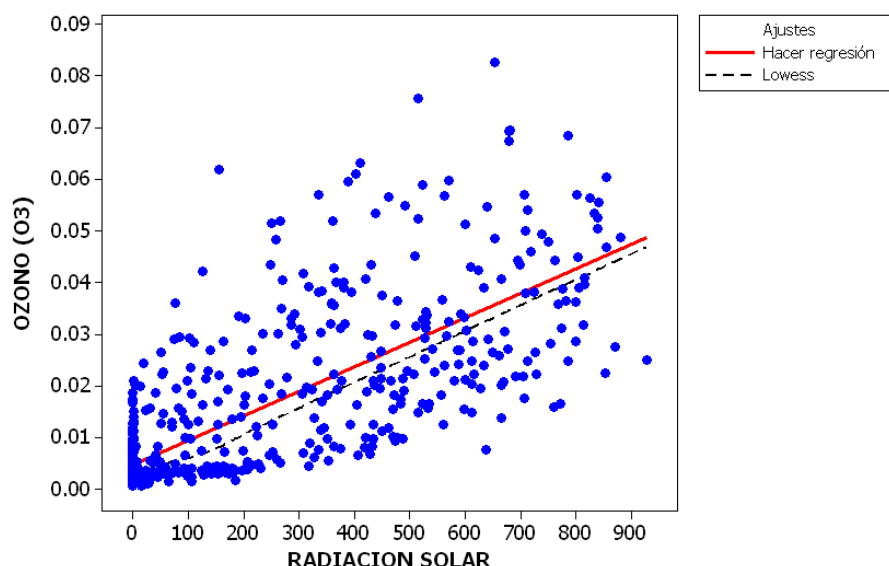
**Grafica 15.** Diagrama de cajas y alambres del comportamiento del  $O_3$  según la hora del día. Datos horarios

**Para el caso del  $O_3$ :** El comportamiento del ozono según la hora del día muestra sus niveles más altos entre las 11 y las 4 de la tarde, este fenómeno se debe a que el ozono está relacionado directamente con las emisiones de  $NO_x$  y la radiación solar.

El ozono troposférico se forma por la formación de radicales que involucran  $NO_x$  y radiación solar.

Es claro que existe una relación directa entre la radiación solar y el ozono, lo que se debería de hacer en este caso es realizar un análisis estadístico para determinar la relación existente entre estas dos variables.

A continuación se muestra el siguiente aparte:



**Grafica 12.** Grafica de Dispersión del Ozono Vs. Radiación Solar – Éxito la Flora

Se observó en el gráfico 12 que a medida que aumenta la radiación solar, aumentan los niveles de ozono troposférico, encontrándose una relación casi que lineal encontrando el siguiente modelo de regresión simple:

$$O_3 = 0.00464 + 0.000047 \text{ Radiación Solar}$$

	B	Error típ.	t	p-valor
(Constante)	0.0046441	.000	10.232	.000
RADIACION SOLAR	0.00004746	.000	32.150	.000

Variable dependiente: OZONO (O<sub>3</sub>)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
0.770(a)	0.592	0.592	.00987060

Variables predictoras: (Constante), RADIACION SOLAR

Donde el R- cuadrado<sup>1</sup> de la ecuación fue de 0.658 considerándose como alta y afirmando la alta correlación existente entre el Ozono y la Radiación Solar en el norte de la ciudad de Cali

<sup>1</sup> Valores de R cuadrado cercanos a 1 o a -1 se consideran correlaciones altas entre las variables

### 3. INDICE DE CALIDAD DE AIRE EN LAS ZONAS DE INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES ERA, ÉXITO LA FLORA Y UM. ANUAL

La red de monitoreo de calidad de aire de Santiago de Cali en el Anual calculo 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 nuestra 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 AQI	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 7.** 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 6

### 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 8.** 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 Anual del presente año.

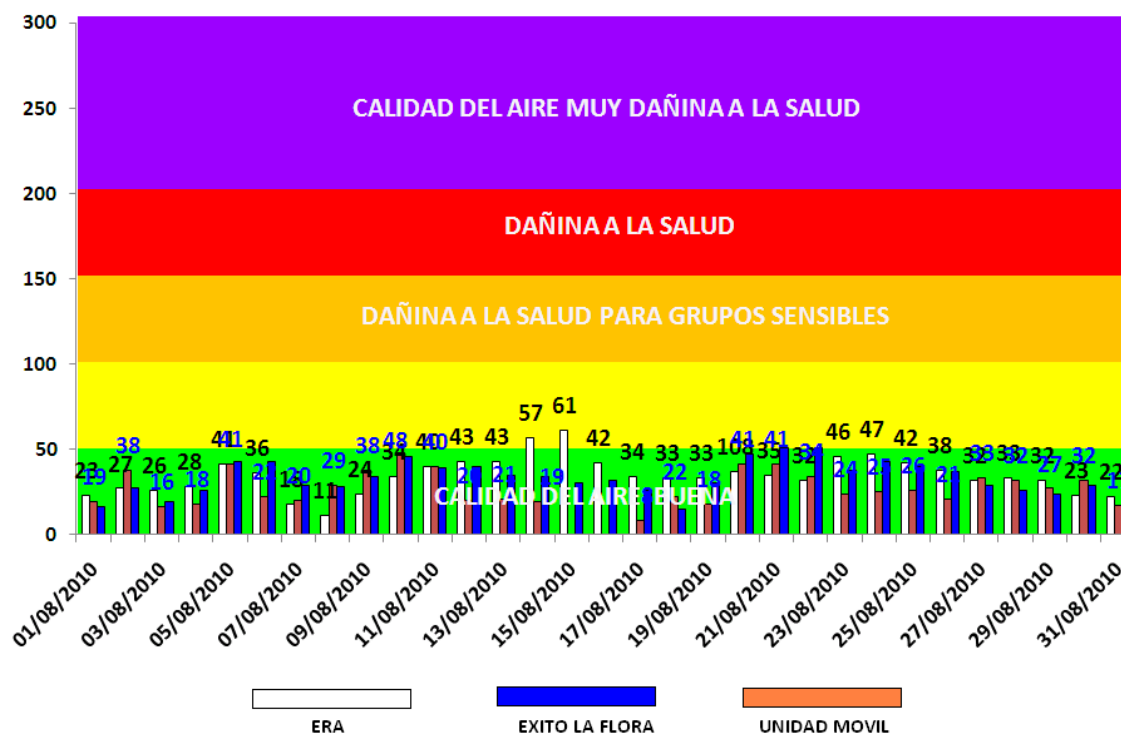
### 3.5.RESULTADOS DEL CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL ANUAL – ESTACIÓN ERA

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 13

Fecha	ESTACION		
	ERA MAX	ÉXITO LA FLORA MAX	UNIDAD MOVIL MAX
01/08/2010	23	19	16
02/08/2010	27	38	27
03/08/2010	26	16	19
04/08/2010	28	18	26
05/08/2010	41	41	43
06/08/2010	36	22	43
07/08/2010	18	20	29
08/08/2010	11	29	28
09/08/2010	24	38	34
10/08/2010	34	48	46
11/08/2010	40	40	39
12/08/2010	43	20	40
13/08/2010	43	21	35
14/08/2010	57	19	34
15/08/2010	61		30
16/08/2010	42		32
17/08/2010	34	8	26
18/08/2010	33	22	15
19/08/2010	33	18	30
20/08/2010	37	41	47
21/08/2010	35	41	51
22/08/2010	32	34	51
23/08/2010	46	24	38
24/08/2010	47	25	43
25/08/2010	42	26	40
26/08/2010	38	21	37
27/08/2010	32	33	29
28/08/2010	33	32	26
29/08/2010	32	27	24
30/08/2010	23	32	29
31/08/2010	22	17	25
Max	61	48	51

**Tabla 9.** Comportamiento diario del ICA para la ciudad de Cali en el Anual de 2010<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Hay que tener en cuenta la tabla donde se muestran según un color el estado de la calidad del aire.



**Grafica 13.** Comportamiento diario del índice de calidad del aire para la zona centro y la zona norte de la ciudad de Cali – Estación ERA, Éxito la Flora y Unidad Móvil (Vivero Municipal)

**En el caso de la estación ERA (Centro de la ciudad de Cali):** La grafica 13 deja ver en la estación ERA que la curva de calidad de aire se encuentra entre 19 y 40 unidades y en términos generales la calidad del aire en este mes se considera que fue buena.

**En el caso de la estación móvil ubicada en el vivero municipal:** Se encontró que la curva de calidad de aire se encuentra entre 14 y 85 unidades y en términos generales según el índice, la calidad del aire fue considerada como moderada.

**En el caso de la estación Éxito la Flora (Norte de la ciudad de Cali):** La grafica 13 deja ver que la curva de calidad de aire se encuentra entre 14 y 52 unidades y en términos generales la calidad del aire en este mes se considera que fue buena.

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