

INFORME DE LA CALIDAD DEL AIRE

AÑO 2009

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA
C.V.C.
DIRECCIÓN TÉCNICA AMBIENTAL
Santiago de Cali, Enero de 2010**

EQUIPO DE TRABAJO

El monitoreo de la calidad del aire y procesamiento de los datos es realizado por el Laboratorio Ambiental y el Grupo Manejo Ambiental de Centros Poblados de la Dirección Técnica Ambiental.

LABORATORIO AMBIENTAL: Mantenimiento, calibración y operación de las estaciones. Recolección y reporte de los datos generados.

Luisa Marina Baena Alvarez	Ingeniera Química, MSc. . Coordinadora del Grupo
Freddy Arévalo Terán	Administrador Ambiental
Yesid Torres	Tecnólogo Electrónico

GRUPO MANEJO AMBIENTAL DE CENTROS POBLADOS: Procesamiento y validación de datos, y elaboración de informes

Lucía Vargas López	Ingeniera Sanitaria . Coordinadora del Grupo
Germán Restrepo López	Químico
Leonardo Aponte Reyes	Químico



PRESENTACIÓN

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, como autoridad ambiental a cargo de promover el desarrollo sostenible desde la dimensión ambiental, en armonía y coordinación con los distintos actores sociales del departamento del Valle del Cauca y demás integrantes del sistema nacional ambiental", presenta el "Informe de la Calidad del Aire del Áreas Urbanas Municipios de Yumbo y Palmira. 2009".

En cumplimiento de las funciones de prevención, control y vigilancia de la calidad del aire en el área de su jurisdicción, se elaboró este informe a partir de los datos obtenidos en las estaciones automáticas de monitoreo meteorológico y de calidad del aire ubicadas en la Escuela Juan B. Palomino en Yumbo y en la sede del SENA en Palmira, incluyendo además la información reportada por CENICAÑA, correspondiente a tres estaciones automáticas para el monitoreo de material particulado PM10, instaladas en cumplimiento de las obligaciones impuestas en el permiso de emisiones por quemas de caña otorgado por la CVC.

En este documento se describen de manera general los equipos de monitoreo de contaminantes que componen las estaciones, se presenta la normatividad de calidad del aire vigente en Colombia. Además de presentar las concentraciones obtenidas respecto a los máximos permisibles en condiciones de referencia (25°C y 1 atm), se presenta el comportamiento temporal de los contaminantes.

1 UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO

A continuación se presenta la ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire y meteorología en las estaciones del municipio de Yumbo y Palmira.

Tabla 1: Ubicación estaciones de monitoreo

Id	Nombre	Ubicación			
		Latitud	Longitud	Dirección	Altitud (msnm)
1	Yumbo*	3°34'51"N	76°29'18"W	Escuela Juan B. Palomino Calle 8 con Cra 12	950
2	Palmira*	3°32'45"N	76°18'03"W	SENA Cra 30 #40-25	965
3	Candelaria	3° 26' 23"N	76° 18' 20"W	Hacienda Balsora	950
4	El Cerrito	3° 39' 27"N	76° 20' 20"W	Hacienda Katanobu	950
5	Tuluá	4° 01' 24"N	76° 16' 03"W	Hacienda La Argelia	930

*Incluye: Temperatura, humedad relativa, radiación solar, precipitación, dirección y velocidad del viento

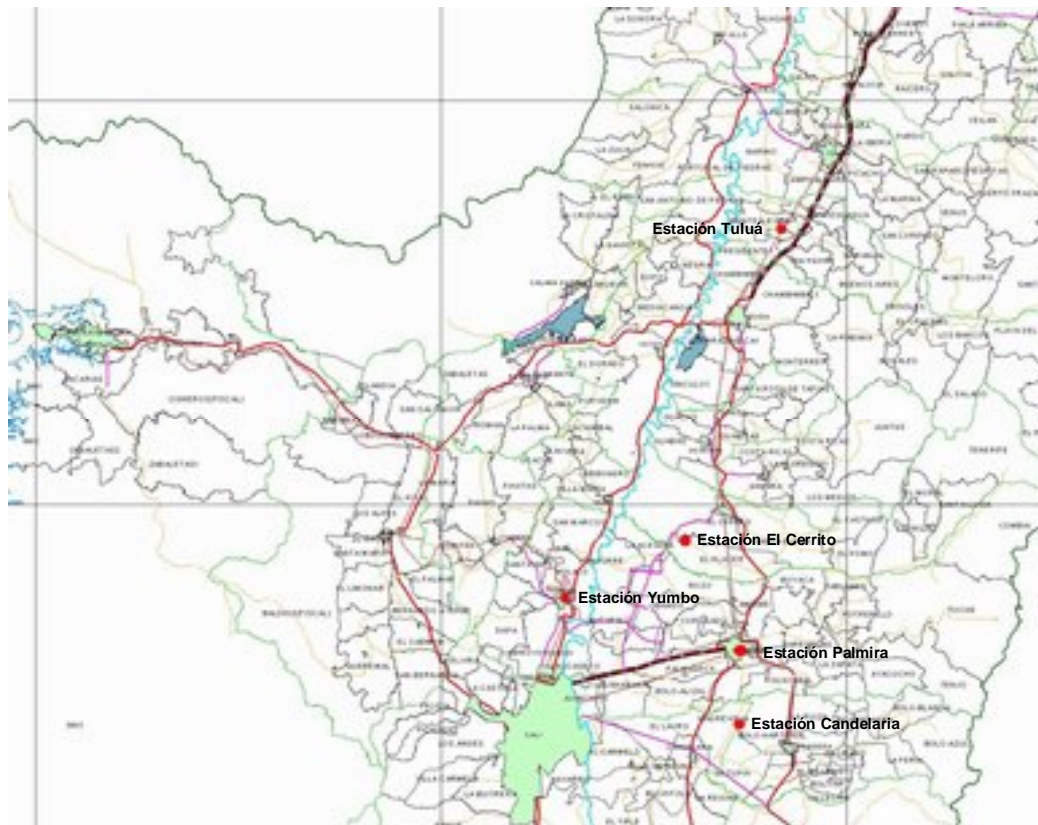


Figura 1. Ubicación estaciones de monitoreo de la calidad del aire de la CVC y Cenicaña¹

¹ Mapa tomado de <http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=280>

2 **NORMATIVIDAD DE CALIDAD DEL AIRE**

Los contaminantes muestreados se procesaron estadísticamente mostrando sus cambios temporales y se evaluaron para verificar el cumplimiento de la Resolución 601 de Abril de 2006, correspondiente a la norma de calidad del aire vigente a la fecha. En la **Tabla 2** se presentan los valores límite y los tiempos de exposición a condiciones de referencia.

Tabla 2. Normatividad de calidad de aire a condiciones de referencia. Resolución 601 de 2006

Contaminante	Unidades	Límite máximo permisible	Tiempo de Exposición
Material Particulado. PM10	g/m ³	60	Anual
		150	24 horas
Dióxido de azufre. SO ₂	ppb	31	Anual
		96	24 horas
		287	3 horas
Dióxido de nitrógeno. NO ₂	ppb	53	Anual
		80	24 horas
		106	1 hora
Ozono. O ₃	ppb	41	8 horas
		61	1 hora
Monóxido de carbono. CO	ppm	8,8	8 horas
		35	1 hora

* 25 °C y 760 mm Hg

3 **PARÁMETROS Y EQUIPOS DE MONITOREO**

Tabla 3. Variables de calidad de aire y meteorológicas de la Red de Monitoreo de CVC²

Variable	Nombre	Unidades
Partículas suspendidas menores a 10 micras	PM10	µg/m ³
Dióxido de Azufre	SO ₂	ppb
Monóxido de nitrógeno	NO	ppb
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	ppb
Óxidos de nitrógeno	NO _x	ppb
Ozono	O ₃	ppb
Monóxido de carbono	CO	ppm
Temperatura del viento a 2 m	Taire200	°C
Humedad del viento a 2 m	HAire200	%
Dirección del viento	DViento	°
Velocidad del viento	VViento	m/s
Radiación global	Rglobal	w/m ²
Precipitación líquida	PLíquida	mm

² Protocolo para la vigilancia y seguimiento del modulo aire del sistema de información ambiental. IDEAM.



La Red de Monitoreo de Calidad de Aire de la CVC registra el comportamiento horario de las concentraciones de los contaminantes PM10, CO, NOx (NO y NO2), SO2 y O3 en las diferentes estaciones fijas. Además de los anteriores contaminantes también se registra el comportamiento de parámetros meteorológicos. En la **Tabla 4** se describe las características técnicas de los equipos que conforman las estaciones de monitoreo.

Tabla 4. Características de los equipos de monitoreo

Parámetros	Características	
	Marca y modelo	Principio de medición
Partículas respirables (PM 10)	Environnement S.A. MP 101M	Atenuación de radiación beta Atenuación de partículas B
Dióxido de azufre (SO ₂)	Teledyne/ API 100A SO ₂ analyzer	Fluorescencia pulsante en el rango UV
Dióxido de nitrógeno y Óxido Nítrico (NO ₂ / NO)	Teledyne / API 200A NO / NO / No _x analyzer	Quimioluminiscencia en fase gaseosa
Monóxido de carbono (CO)	Wedding and associates inc. Model 1020 Carbon Monoxide Analyzer	Fotometría infrarroja no dispersiva por correlación de gas filtrado
Ozono (O ₃)	Wedding and associates inc. Model 1010 Ozone Analyzer	Fotometría UV

VALIDACION DE DATOS Y EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES

El procedimiento general de validación se ha realizado siguiendo los lineamientos propuestos por el IDEAM³ para redes de monitoreo automático de calidad del aire. Se definen dos niveles de validación de datos; validación operativa (Nivel 1) y validación estadística (Nivel 2).

³ Variables del Sistema de Información sobre Calidad del Aire (SISAIRE) y procedimientos para validar la información generada por las redes de calidad del aire

4 Comportamiento Meteorológico

4.1 RADIACION SOLAR.

La **Figura 2**, muestra la variación horaria de la radiación solar en el periodo de análisis. Se observa que en las primeras horas de la madrugada hasta las 07:00 y entre las 20:00 hasta las 24:00. Los registros alcanzan máximos alrededor de las 12:00 y 14:00 horas.

La radiación solar promedia horaria mayor se alcanzó en la estación Yumbo, 167,31 W/m² registro que supera en más del 46% el promedio observado en la estación Palmira en el mismo período, 114,44 W/m².

Tabla 5. Estadísticas descriptivas anuales Radiación Solar. Año 2009

Estadísticos	Yumbo	Palmira
Promedio	167,31	114,44
Desv. Estándar	191,39	154,77

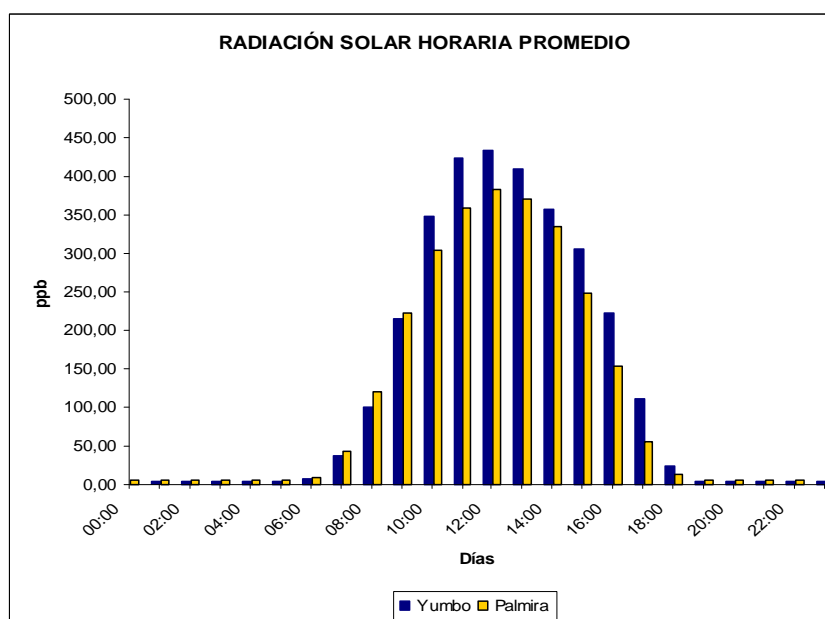


Figura 2. Comportamiento horario promedio de la radiación solar. Año 2009

4.2 Humedad Relativa

Los valores registrados en estas estaciones son similares, al igual que la tendencia en su comportamiento horario. **Tabla 6** y **Figura 3**

Tabla 6. Estadísticas descriptivas de los datos horarios promedio Humedad Relativa

Estadísticos	Yumbo	Palmira
Promedio	65,23	68,39
Desv. Estándar	13,23	12,75
Máximo	93,97	95,38
Mínimo	31,09	33,56

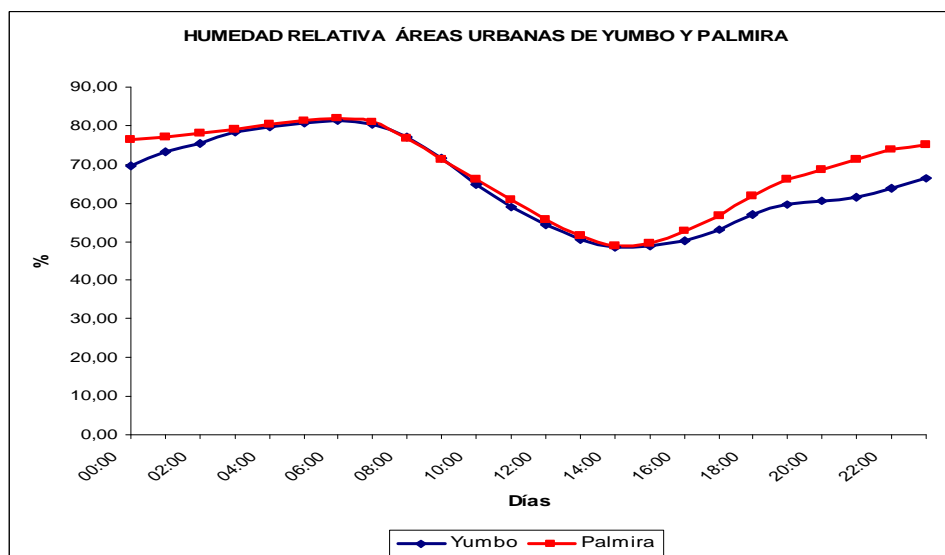
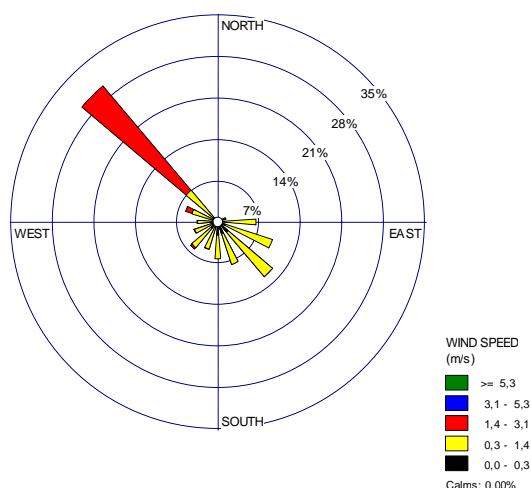


Figura 3. Comportamiento horario promedio de la humedad relativa durante el periodo de análisis

4.3 Dirección y Velocidad del Viento

Las direcciones del viento predominantes durante el periodo de análisis en la estación Yumbo fue Sureste y Este-Suroeste, siguiendo la dirección del cañón del río Yumbo. Las velocidades del viento más frecuentes estuvieron en los rangos de 0.3 - 1.4 y 1.4 - 3.1 m/s.



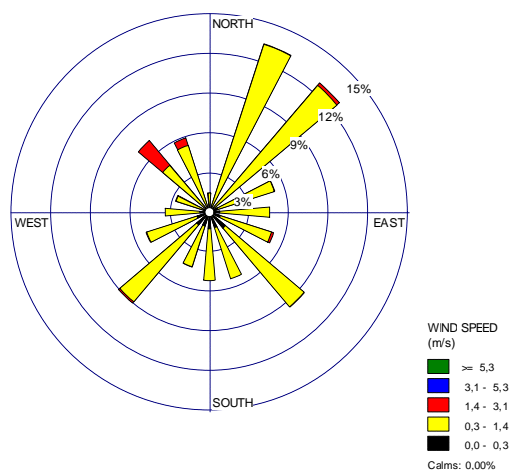
WRPLOT View - Lakes Environmental Software

Figura 4. Rosa de Vientos Estación Yumbo

Tabla 7. Distribución de frecuencias dirección y velocidad del viento Estación Yumbo

Dirección del viento	Rangos velocidad del viento (m/s)					Total
	0.0-0.3	0.3-1.4	1.4-3.1	3.1-5.3	>5.3	
N	0	0	0	0	0	0
NNE	0	2	0	0	0	2
NE	2	13	1	0	0	16
ENE	7	75	2	0	0	84
E	33	316	0	0	0	349
ESE	74	449	0	0	0	523
SE	127	525	1	0	0	653
SSE	120	288	1	0	0	409
S	123	218	0	0	0	341
SSW	60	204	3	0	0	267
SW	82	227	19	0	0	328
WSW	47	176	6	0	0	229
W	41	148	2	0	0	191
WNW	22	225	63	0	0	310
NW	21	356	1236	0	0	1613
NNW	0	35	11	0	0	46
Total	759	3257	1345	0	0	5361

En la estación Palmira la dirección del viento predominante durante el periodo de análisis se presentó principalmente en los rumbos Nor-Noreste y Noreste. Las velocidades del viento más frecuentes estuvieron en el rango de 0.3 - 1.4 m/s, correspondientes a ventolinillas según escala Beaufort. **Tabla 8 y Figura 5**



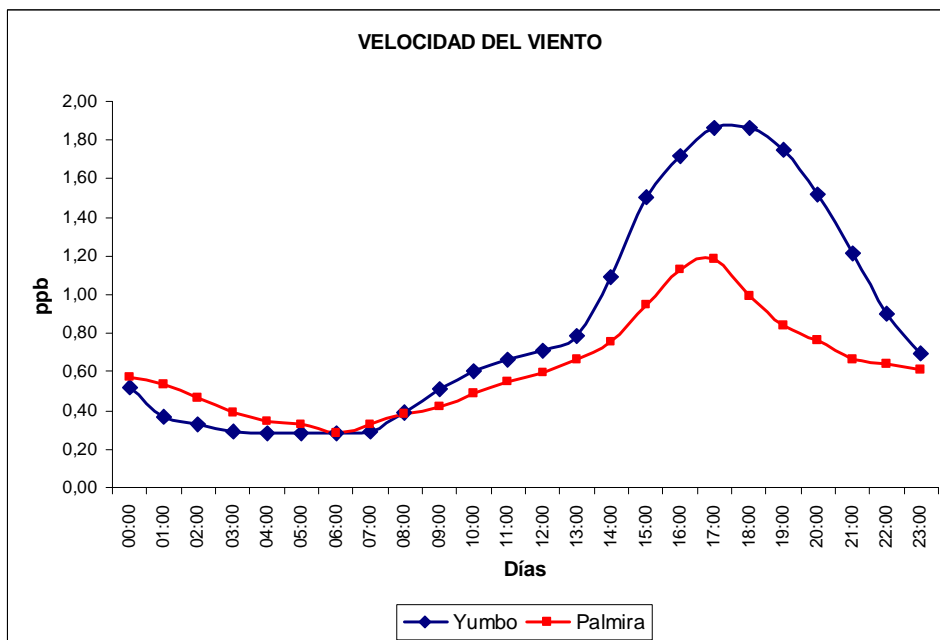
WRPLOT View - Lakes Environmental Software

Figura 5. Rosa de Vientos Estación Palmira

Tabla 8. Distribución de frecuencias dirección y velocidad del viento Estación Palmira

Dirección del viento	Rangos velocidad del viento (m/s)					Total
	0.0-0.3	0.3-1.4	1.4-3.1	3.1-5.3	>5.3	
N	1	42	1	0	0	44
NNE	5	389	1	0	0	395
NE	13	359	7	0	0	379
ENE	21	132	1	0	0	154
E	24	112	0	0	0	136
ESE	27	120	5	0	0	152
SE	48	230	1	0	0	279
SSE	38	119	0	0	0	157
S	39	115	0	0	0	154
SSW	34	95	1	0	0	130
SW	39	224	4	0	0	267
WSW	30	118	1	0	0	149
W	23	77	0	0	0	100
WNW	14	65	1	0	0	80
NW	9	129	71	0	0	209
NNW	8	149	17	0	0	174
Total	373	2475	111	0	0	2959

El periodo horario que tuvo mayor intensidad en la velocidad del viento corresponde a las 15:00 a las 19:00 horas, **Figura 6**. Siendo mayores las velocidades de viento en Yumbo debido a la cercanía del área urbana del Municipio a las estribaciones de la cordillera occidental, en la salida del cañon del río Yumbo.



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

Figura 6. Comportamiento horario promedio de la velocidad del viento. Áreas urbanas de Yumbo y Palmira. Año 2009

5 COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES

5.1 MATERIAL PARTICULADO MENOR DE 10 MICRÓMETROS DE DIÁMETRO (PM 10)

5.1.1 Concentración promedio anual de PM10

La concentración promedio anual fue de 46,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registro que no excede el máximo permisible de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecida en la norma. En la **Tabla 9** y la **Figura 7**, se presentan los datos estadísticos obtenidos para este parámetro.

Tabla 9. Estadísticas descriptivas de PM10 Valle del Cauca. Año 2009

Estadísticos	Año 2009			
	Palmira	El Cerrito	Tuluá	Candelaria
Promedio	40,35	28,11	28,56	41,24
Desv. Estándar	21,35	17,16	12,00	19,71
Máximo	170,60	160,91	130,88	233,33
Mínimo	0,00	0,37	1,81	1,02

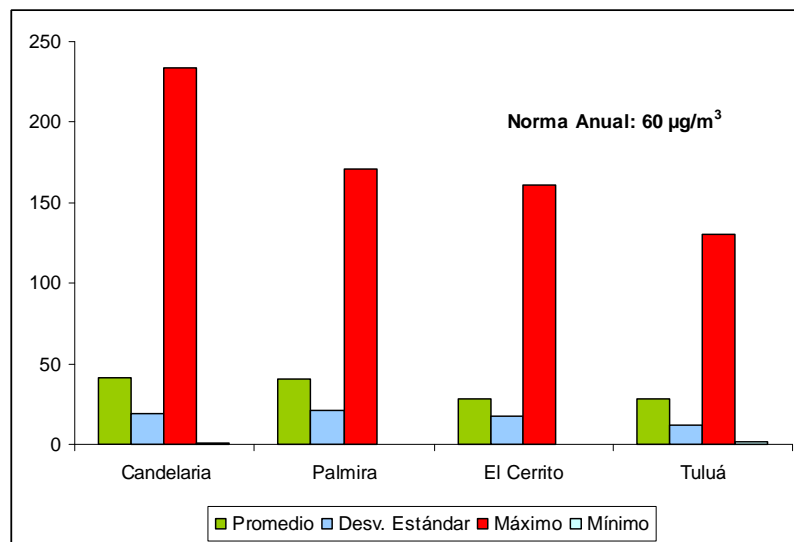


Figura 7. Concentración de PM10 en el Valle del Cauca. Año 2009

* Fuente: red CVC y red Cenicaña.

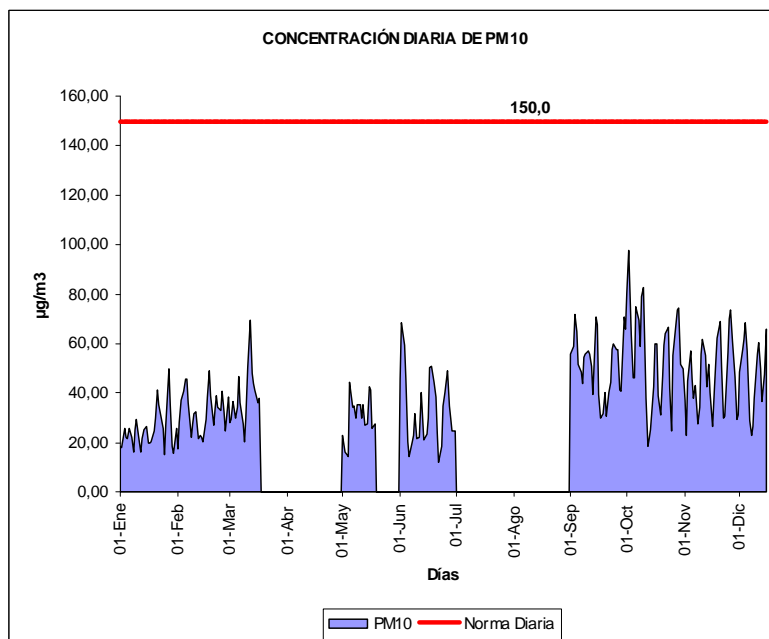


Figura 8. Concentraciones diarias promedio de PM10 en la estación Palmira. Año 2009.

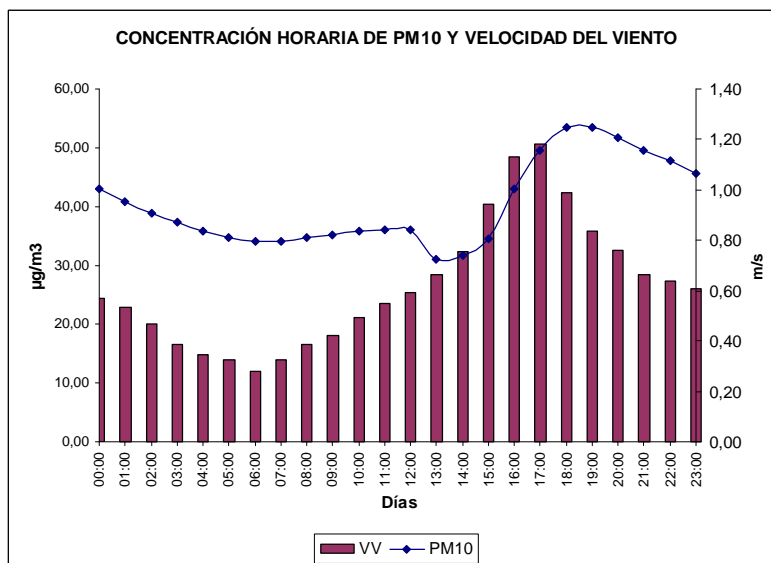


Figura 9. Influencia de factores meteorológicos en las concentraciones de PM10. Año 2009.

Se observa una correlación directa entre la velocidad del viento y la concentración de PM10 en el aire, con un incremento en la concentración en las horas de la tarde coincidente con las mayores velocidades de vientos. A mayor velocidad del viento mayor es su efecto en la resuspensión de material particulado además de la erosión causada por la fuerza del viento sobre el terreno.

5.1.2 Red de Monitoreo de Material Particulado PM10 de Cenicaña

Tabla 10. Estadísticos de PM 10.Red de Monitoreo de Material Particulado PM10 de Cenicaña

Estadísticos	El Cerrito	Tuluá	Candelaria
Promedio	28,11	28,56	41,24
Desv. Estándar	17,16	12,00	19,71
Máximo	160,91	130,88	233,33
Mínimo	0,37	1,81	1,02

El promedio anual en las diferentes estaciones registraron por debajo de la norma anual equivalente a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se observa en Tuluá el menor promedio de la región, y el comportamiento con menor dispersión del valor medio. Los mayores efectos en calidad de aire por PM10 se concentraron en la estación de Candelaria,

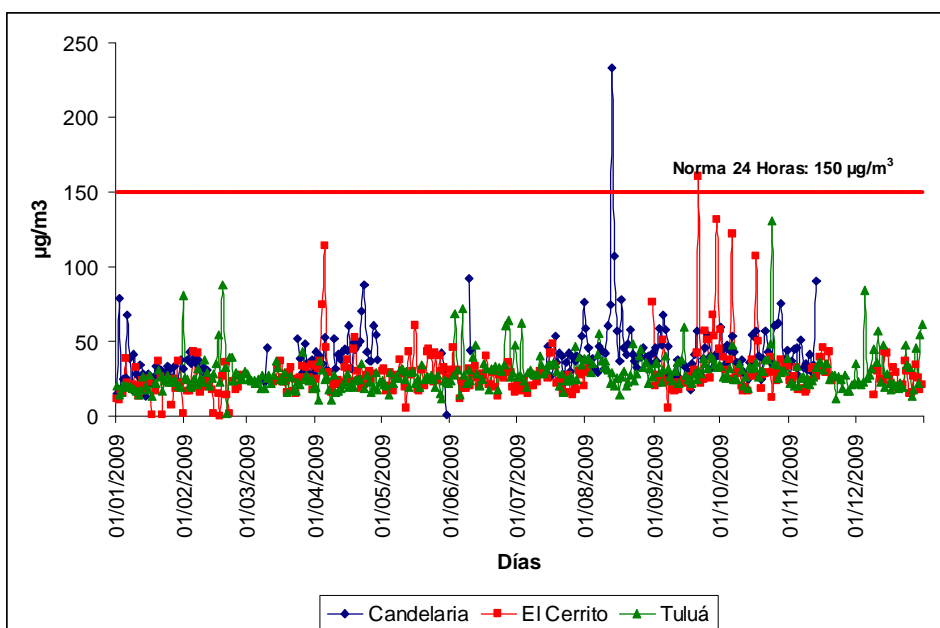


Figura 10. Concentración PM10 en las estaciones de Red de Monitoreo de PM10 de Cenicaña*

*: Datos suministrados por la Red de Monitoreo de Material Particulado PM10 de Cenicaña

En la **Figura 10** se muestran las concentraciones promedio diarias de PM10, reportadas por las estaciones de la Red de Monitoreo de PM10 de Cenicaña, instaladas en el área rural para determinar la influencia de los cultivos de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Durante el año se excede la norma diaria en una oportunidad en las estaciones Candelaria y El Cerrito.

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

La norma establece que los valores máximos permisibles para periodos anuales, diarios y tres horas son 31, 96 y 287 ppb, respectivamente en condiciones locales, en este informe se presentan los valores anual y diario.

5.1.3 Concentración diaria promedio

Tabla 11. Estadísticas descriptivas SO₂. Año 2009

Estadísticos	Yumbo
Promedio	13,10
Desv. Estándar	14,67
Máximo	116,73
Mínimo	0,36

El promedio anual en las dos estaciones no excede la norma anual de 31 ppb establecida en la Resolución 601 de 2006

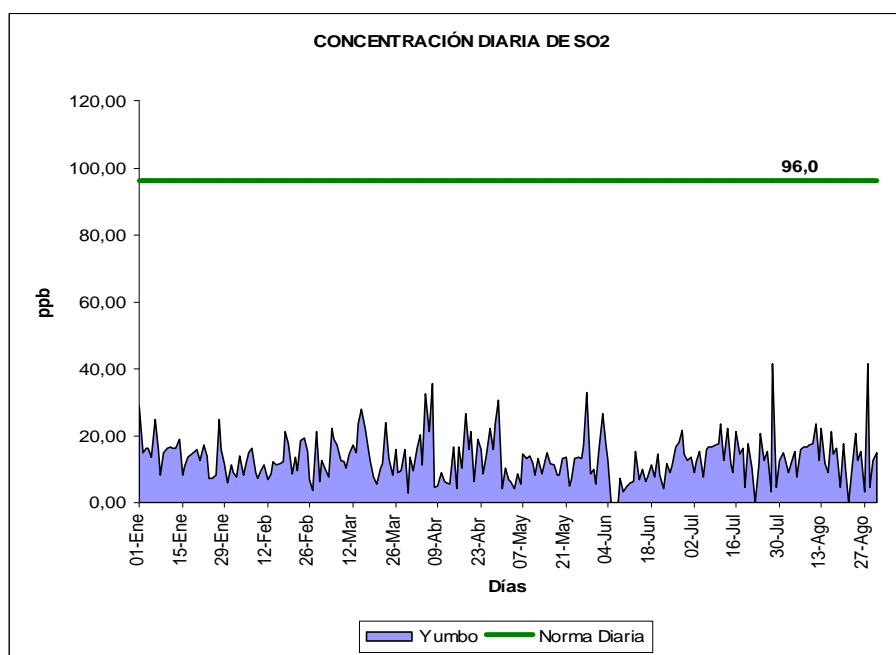


Figura 11. Concentración diaria promedio anual de SO₂ estación Yumbo. Año de 2009

5.1.4 Comportamiento horario de SO₂

Los máximos de este contaminante se registraron entre las 9:00 y 12:00 horas, período en que se presentan las menores velocidades de viento, por ende ocurre la menor dispersión de contaminantes. **Figuras 12.**

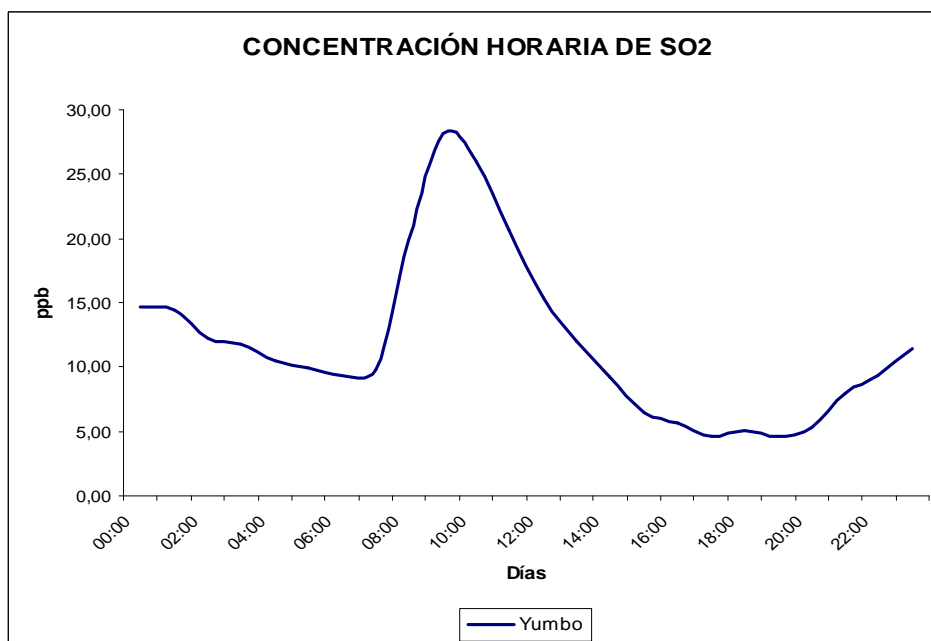


Figura 12. Comportamiento horario promedio áreas urbanas de Yumbo y Palmira. Año 2009

Este gas es producto de la oxidación del azufre contenido en los combustibles, principalmente carbón y Diesel.

5.2 DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

La norma establece que los valores máximos permisibles para periodos anuales, diarios y 1 hora son 53, 80 y 106 ppb, respectivamente a condiciones de referencia.

Según los datos registrados en la estación de monitoreo de Yumbo, el promedio de la concentración anual durante el año de 2009 fue de 17,69 ppb, valor muy por debajo del máximo anual establecido en la Resolución 601 de 2006 de 53 ppb. **Tabla 11**

Tabla 12. Estadísticas descriptivas de NO₂. Año 2009

Estadísticos	NO ₂ (ppb)
	Año 2009
Promedio	17,69
Desv. Estándar	15,28
Máximo	126,46
Mínimo	0,98

5.2.1 Concentración Diaria Promedio

Los valores diarios promedio presentan muy poca variación, presentando además valores muy inferiores al máximo diario de 80 ppb establecido en la norma. **Figura 13.**

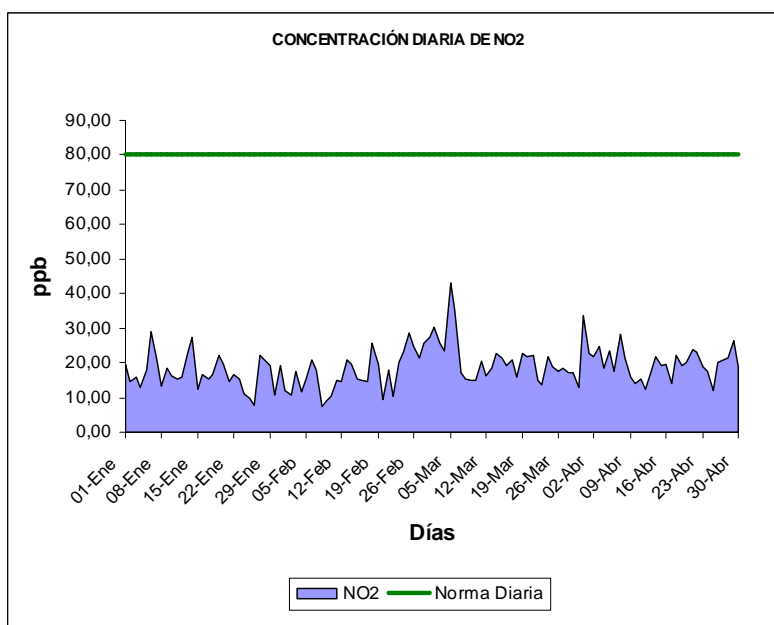
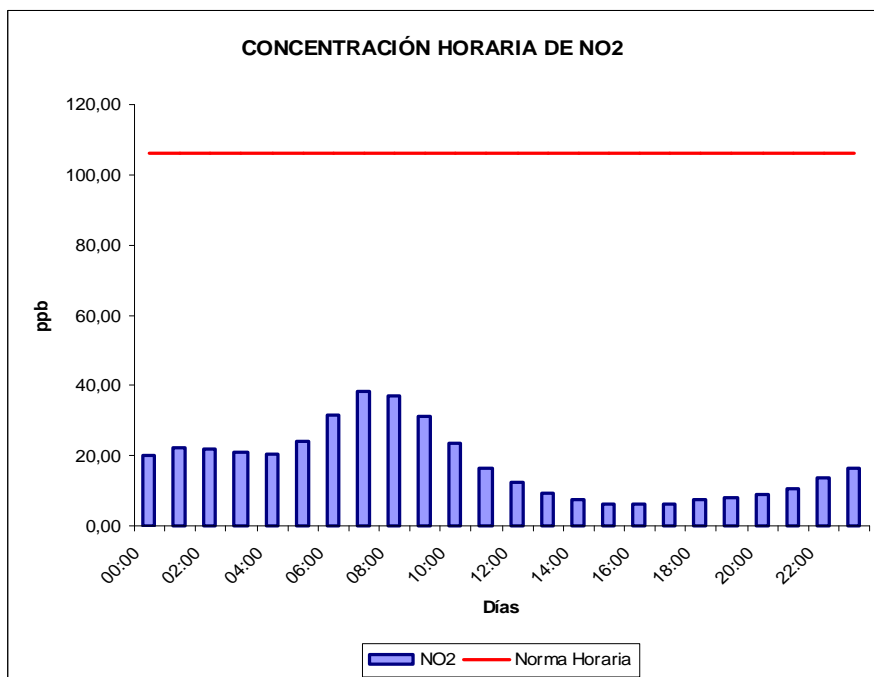


Figura 13. Datos diarios promedio de NO₂ Estación Yumbo. Año 2009

5.2.2 Comportamiento horario de NO₂

Figura 14. Comportamiento horario promedio Estación Yumbo. Año 2009



En la **Figura 14** se observa que los niveles de dióxido de nitrógeno se incrementan a partir de las 7:00 a.m. hasta las 9:00 a.m. En menor proporción, hay un incremento en los niveles de este contaminante a partir de las 19:00 horas hasta las 24:00 horas.

No se presentan excedencias de la norma horaria de NO₂ de 106 ppb, durante el año 2009.

5.3 OZONO (O₃)

La concentración máxima permisible establecida en la normatividad para una hora, 61 ppb, se sobrepasó en 4 y 19 datos horarios; en las estaciones Yumbo y Palmira respectivamente.

Tabla 13. Estadísticas descriptivas anuales de O₃. Año 2009

Estadísticos	Yumbo	Palmira
Promedio	16,41	13,99
Desv. Estándar	14,13	13,35
Máximo	95,52	66,47
Mínimo	1,17	0,00

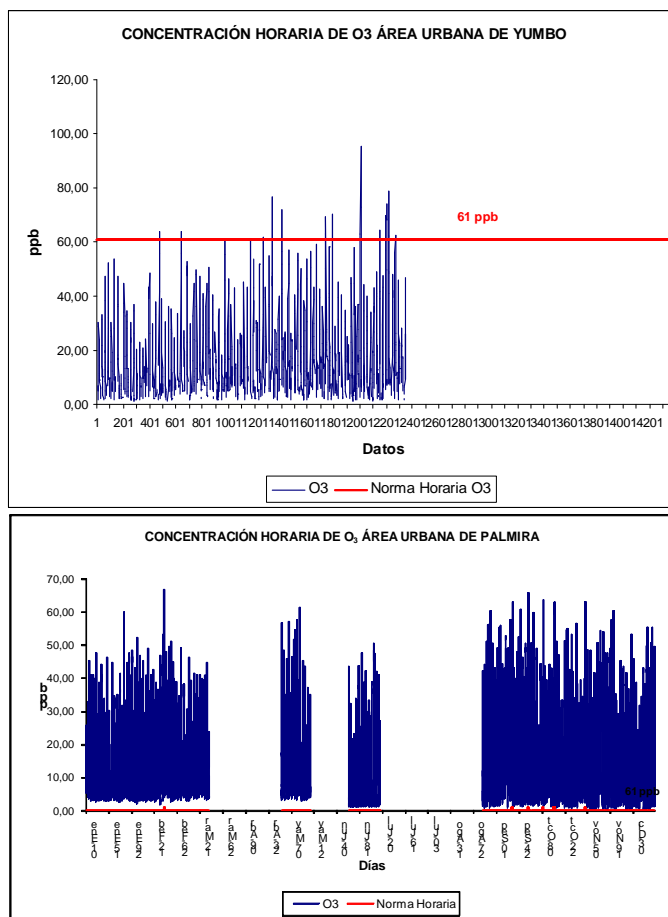
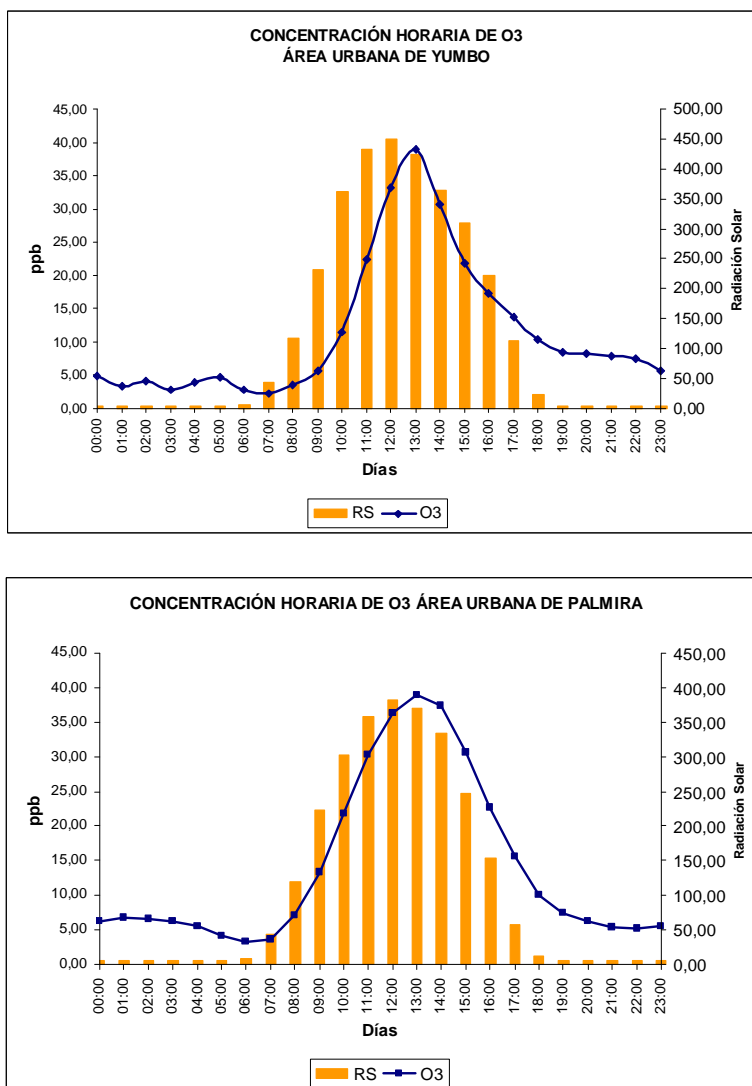


Figura 15. Datos horarios promedio de O₃ Áreas Urbanas de Yumbo y Palmira. Año 2009

5.3.1 Concentración Horaria Promedio Ozono

En las **Figura 16** se observa el comportamiento característico de una curva horaria para el ozono. Las concentraciones de este contaminante se incrementan a la par con la radiación solar, a medida que transcurre el día.

Figura 16. Comportamiento horario promedio Ozono de Yumbo y Palmira. Año 2009



5.3.2 Concentración Octohoraria Promedio

En los promedios octohorarios móviles obtenidos se observa que la norma de 8 horas (41 ppb) se excede en 6 y 31 oportunidades en Yumbo y Palmira, respectivamente.

5.4 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD DE CALIDAD DEL AIRE

En el **Tabla 14** se presenta el resumen de los parámetros muestreados y el número de excedencia de la normatividad por parámetro, Resolución 601 de 2006.

Tabla 14. Número de excedencia por parámetro de la norma. Resolución 601 de 2006

Parámetro	Unid	Yumbo					Palmira				
		1 hora	3 horas	8 horas	24 horas	Anual	1 hora	3 horas	8 horas	24 horas	Anual
PM10	µg/m ³										
SO ₂	ppb										
NO ₂	ppb										
CO	ppm										
O ₃	ppb	4		6			19		31		

Los resultados de los análisis diarios y horarios realizados durante el año 2009 en las áreas urbanas de Yumbo y Palmira a través de estaciones automáticas de monitoreo de calidad de aire, indican que durante este periodo de tiempo analizado no se superaron las normas de calidad de aire estipuladas en la Resolución 601 de 2006, para material particulado fino PM10, dióxido de azufre . SO₂, dióxido de nitrógeno . NO₂ y monóxido de carbono . CO.

Los máximos horarios y octohorarios para el Ozono . O₃ establecidos en la norma se superan en varias ocasiones durante el período muestreado. Es importante destacar que este contaminante se presenta en los ambientes urbanos por las emisiones vehiculares.

El análisis de los datos meteorológicos indica una significativa influencia de estos factores sobre calidad del aire, por su efecto directo sobre las concentraciones de partículas y gases. Especialmente se destaca la influencia de la velocidad del viento sobre la concentración de PM10, específicamente en horas de la tarde cuando se registran las mayores velocidades del viento.