

# Estudio de la contaminación del aire en la Ciudad de Córdoba en el período Dic95 -Nov96. Parte I: Análisis comparativo del estado de contaminación registrado en distintos puntos de la ciudad.

O.B.NASELLO, S. MASUELLI

GRUPO DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA - FA.M.A.F. -U.N.C  
nasello@roble.fis.uncor.edu

M. CAPUTO, L. DEL GESSO, C. ROMERO, F.M. CUENCA, D. CAPKOB, D. SBARATO Y E. ALONSO.

SISTEMA DE MONITOREO DEL AIRE - OBSERVATORIO AMBIENTAL - SUBSECRETARÍA DE AMBIENTE - SECRETARÍA DE SALUD PÚBLICA Y AMBIENTE MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA - LAPRIDA 854 BARRIO OBSERVATORIO (5000) CÓRDOBA - ARGENTINA

Desde el año 1995 la municipalidad de Córdoba está registrando el estado de contaminación del aire de la ciudad mediante dos estaciones móviles. Durante el período Dic95-Nov96 estas dos estaciones han estado ubicadas en distintos puntos de la ciudad.

En el presente trabajo, se analizan y se comparan los valores medios diarios registrados por estas dos estaciones de las concentraciones de PM<sub>10</sub> (Partículas de polvo menores que 10 µm) y NO<sub>2</sub> y los valores máximos diarios de O<sub>3</sub> y CO (promedios horarios y cada ocho horas, respectivamente). Se realiza además un estudio de la evolución mensual de los contaminantes antes mencionados monitoreados por ambas. Los resultados obtenidos se evalúan teniendo en cuenta los estándares de calidad de aire vigentes en Estados Unidos de Norteamérica

## 1.- Introducción

La contaminación del aire es uno de los problemas que sufren en la actualidad las grandes ciudades. La magnitud y las características de la contaminación depende tanto de las características económicas de la ciudad como de las características geográficas y meteorológicas de la región en la cual está emplazada la misma. Córdoba es una ciudad de más de un millón de habitantes, posee un parque industrial (especialmente automotriz) con un consumo de energía de más de 100 GW/h, un parque automotor de aproximadamente 360.000 vehículos sean estos tanto públicos como privados, nafteros o diesel. La ciudad, ubicada a 31° 41' de latitud sur y a 64° 11' al oeste del meridiano de Greenwich, está ubicada en una depresión natural de aproximadamente 50m, características éstas que hacen que ya aparezcan síntomas visibles de contaminación en la ciudad.

Desde mayo de 1995, el Sistema de Monitoreo del Aire (Si.M.A.) dependiente de la Subsecretaría del Ambiente de la Municipalidad de Córdoba, está encargado de la medición de la concentración de los contaminantes presentes en el aire de la ciudad. Desde su inauguración, este organismo está midiendo el estado de contaminación por medio de la cuantificación de las concentraciones de CO, O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> (partículas de polvo en suspensión menores que 10 µm.), hidrocarburos metánicos y no metánicos, y registra además radiación total y UV, presión, temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, cantidad y pH de la lluvia y nivel sonoro equivalente. Estas mediciones se efectúan en

forma automática en dos estaciones móviles y los valores medios horarios de cada una de las variables son almacenados. Los equipos empleados para la medición de O<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> utilizan métodos homologados por la EPA (Environmental Protection Agency - USA) Durante el período Dic de 1995- Nov de 1996 las estaciones han estado ubicadas en los sitios mostrados en el mapa adjunto (ver fig. 1) durante los períodos de tiempo que se detallan a continuación:

### Ubicación de la Estación Móvil 1

desde	ubicación	hasta
1-12-95	Correo	6-8-96
6-8-96	Observatorio	27-9-96
28-8-96	Correo	23-9-96
24-9-96	Observatorio	9-10-96
10-10-96	Correo	21-11-96

### Ubicación de la Estación Móvil 2

desde	ubicación	hasta
15-11-95	Terminal	1-11-95
3-11-95	Despeñadero	9-11-95
15-11-95	Terminal	21-3-96
29-3-96	Empalme	14-7-96
26-8-96	San Jerónimo 138	24-9-96
8-10-96	San Jerónimo 138	8-10-96

En los períodos no indicados en las tablas anteriores las estaciones han estado en el observatorio ambiental

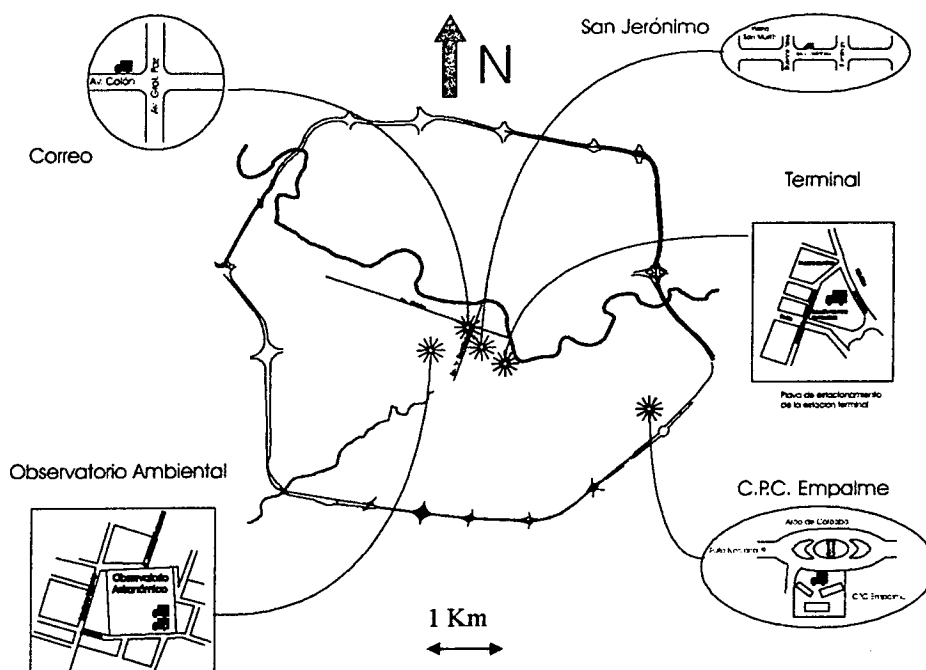


Figura 1: Mapa de la ciudad de Córdoba. Ubicación de las estaciones de monitoreo

El objetivo de estos trabajos (Parte I –Parte II) es analizar el estado del aire en distintos sitios de la ciudad de Córdoba, en el período Dic 95-Nov96 y estudiar la relación existente entre las concentraciones de los distintos contaminantes, los parámetros meteorológicos y las fuentes de emisión vehicular. Con tal fin, en la Parte I, se analizan y se comparan los valores medios diarios registrados por estas dos estaciones de las concentraciones de  $PM_{10}$ ,  $SO_2$  y  $NO_2$  y los valores máximos diarios de  $O_3$  y  $CO$  (promedios horarios y cada ocho horas, respectivamente). En la Parte II se estudia la evolución horaria de estos contaminantes y los resultados obtenidos se analizan teniendo en cuenta el flujo

vehicular estimado en las inmediaciones de la estación de monitoreo y las condiciones meteorológicas.

## 2.- Método de análisis

Para analizar el estado de contaminación del aire de la ciudad de Córdoba y debido a que en esta ciudad no existen estándares de calidad del aire, hemos utilizados los valores de estándares primarios vigentes en EE.UU. en 1996, reportados en Tabla 1. Es importante destacar que los valores utilizados no difieren significativamente de los que rigen en otros países (Boubel R. et al, 1994). Estos valores estándares nos indican los umbrales a partir de los cuales es posible observar síntomas adversos en la población.

Contaminante	Tipo de Promedio	Estándar del nivel de contaminación
CO	8hs.	9ppm *
	1hs.	35ppm
Pb	Máximo de 4 meses	1,5 $\mu g/m^3$
$NO_2$	Media aritmética anual	0,053ppm
$O_3$	Máximo diario promedio de 1h.	0,120ppm
$PM_{10}$	Media aritmética anual	50 $\mu g/m^3$
	24hs.	150 $\mu g/m^3$ *
$SO_2$	Media aritmética anual	0,030ppm
	24hs.	0,140ppm

TABLA 1: ESTÁNDAR DE CALIDAD DEL AIRE VIGENTES EN EE. UU. EN 1996

Para comparar con estos estándares y caracterizar el estado de contaminación del aire, se calcularon las siguientes magnitudes: máximos y promedios diarios de las concentraciones medias horarias de  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$  y el  $PM_{10}$  y máximo y promedio diario del promedio móvil cada ocho horas de la concentración media horaria de  $CO$ . Estas magnitudes se calcularon para todos los días del año analizado y fueron consideradas si y solo si el número total de datos horarios en el día era mayor a 17hs. Es decir, los valores fueron aceptados si se disponía el 75% o más de los datos del día, de acuerdo con los criterios de validación de datos sugerido por la EPA. Dado que los valores máximo de  $O_3$  ocurren principalmente en las horas de la tarde, en este caso particular, el dato fue aceptado si se disponía 75% o más de los valores horarios de  $O_3$  entre las 12 y 23hs.

### 3-Resultados Obtenidos

#### 3.1 Comparación con los estándares

En las figuras 2 y 3 se presenta para cada uno de los meses del año un resumen de los valores representativos del mes de las concentraciones de  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $CO$  y  $PM_{10}$  registradas por los móviles 1 y 2 respectivamente. En la figura 3, en los meses en los cuales el móvil 2 estuvo en dos sitios diferentes, se presentan sólo los valores registrados por la estación en el sitio en el cual la estación estuvo un número mayor de días. Las fig. 2a y 3a muestran el promedio mensual de los máximos diarios, y el valor más alto medido en el mes de  $O_3$ ; las fig. 2b y 3b son semejantes a las anteriores pero para  $NO_2$ ; las fig. 2c y 3c muestran el promedio mensual de los máximos diarios del promedio móvil de ocho horas del  $CO$  y el valor del promedio móvil de ocho horas de  $CO$  más alto medido en el mes; y las fig. 2d y 3d muestran el promedio mensual de los promedios diarios y el valor máximo medido en el mes del promedio diario de  $PM_{10}$ . Es de hacer notar que no se presentan los datos correspondientes al  $SO_2$ , debido a que durante todo el período se detectaron fallas de funcionamiento en los dos equipos que registran esta variable.

Comparando las fig. 2 y 3 con los valores estándares mostrados en la Tabla 1 se observa lo siguiente:

##### 3.1.1.- Móvil 1 (Estación CORREO)

- Los valores medios de los máximos de  $CO$  han estado en general por debajo del valor estándar, sin embargo en los meses de mayo a julio y octubre y noviembre los valores máximo del mes han estado muy próximo o han superado el valor estándar. Analizando los datos individuales se encontró que entre los meses de mayo a julio, el valor estándar se superó en 9 oportunidades.
- Los valores medios de los promedios diarios de  $PM_{10}$  han estado en general por debajo del valor estándar, sin embargo en los meses de mayo, agosto, setiembre y noviembre los valores máximo del mes han estado muy próximo o lo han superado. Los datos individuales revelan que el mismo se superó en 4 oportunidades.
- Los valores de  $O_3$ , tanto medios como máximos mensuales, fueron siempre inferiores al estándar.

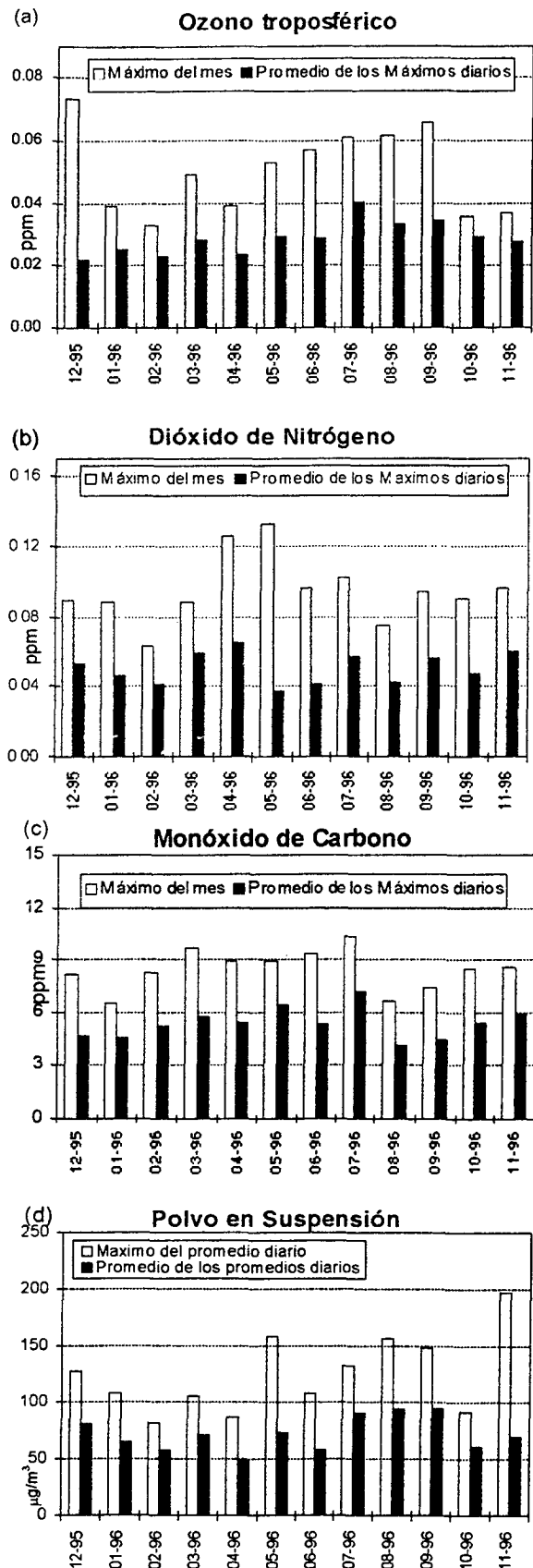


Figura 2: Resumen de los valores representativos del mes de las concentraciones de  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $CO$  y  $PM_{10}$  registradas por el móvil 1

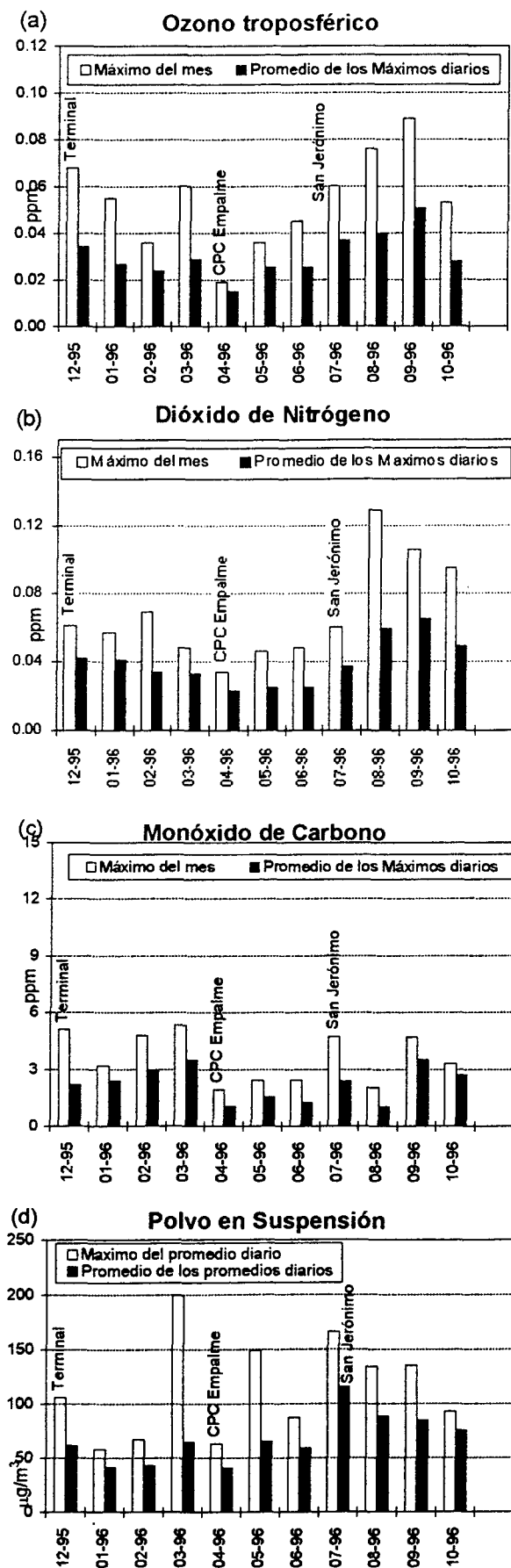


Figura 3: idem figura 2, pero para el móvil 2

### 3.1.2.- Móvil 2 (Estaciones TERMINAL, SAN JERÓNIMO Y CPC EMPALME)

- Los valores correspondientes al CO y O<sub>3</sub>, tanto medios como máximos mensuales, han sido siempre inferiores a los estándares, en todas las estaciones.
- Los valores medios de los promedios diarios de PM<sub>10</sub> han estado en general por debajo del valor estándar, sin embargo en los meses de marzo, mayo y julio los valores máximos del mes han estado muy próximo o lo han superado.

Analizando los valores medios en el año del NO<sub>2</sub>, y PM<sub>10</sub>, en la estación CORREO (no reportados en la fig. 2) se ha encontrado que los mismos son respectivamente de: 0,027ppm y 72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Comparando estos valores con los reportados en Tabla 1, se observa que en el caso del NO<sub>2</sub> es inferior al estándar, mientras que en el caso del PM<sub>10</sub> lo supera. Por otra parte, de la fig 3d se desprende que los valores medios mensuales de PM<sub>10</sub> registrados en los distintos sitios monitoreados, en general, están muy próximos a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o superan ampliamente este valor. Por lo tanto, al igual que en la estación CORREO, es muy probable que en los otros sitios monitoreados el estándar anual de PM<sub>10</sub> se halla superado.

### 3.2.- Comparación entre los distintos sitios monitoreados

En la figura 4 se presenta para cada uno de los meses del año un resumen comparativo de los valores representativos del mes de las concentraciones de CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, y PM<sub>10</sub> registradas por los móviles 1 y 2 (figs. 4a a 4d respectivamente). Al igual que en la figura 3, en los meses en los cuales el móvil 2 estuvo en dos sitios diferentes, se presentan sólo los valores registrados por la estación en el sitio en el cual la estación estuvo un número mayor de días.

Del análisis de la figura 4 se desprende que el Monóxido de Carbono medido en las estaciones TERMINAL, SAN JERÓNIMO Y CPC EMPALME ha sido siempre muy inferior al medido en la estación CORREO. Los otros contaminantes medidos en las estaciones TERMINAL y SAN JERÓNIMO han sido similares a los medidos en el CORREO. Los valores registrados en la estación CPC EMPALME, con excepción de PM<sub>10</sub>, han sido en general inferiores a los medidos en la estación CORREO.

### 4-Conclusiones

El análisis de los resultados presentados en el presente trabajo nos muestra que los contaminantes principales medidos en la ciudad de Córdoba en el período Dic95-Nov.96 son, en la estación CORREO el CO y el PM<sub>10</sub>, mientras que en los otros sitios de monitoreo solamente lo es el PM<sub>10</sub>.

Los resultados encontrados muestran además, que las concentraciones de CO dependen fuertemente del sitio monitoreado, mientras que esto no se cumple para los otros contaminantes. El CO se produce principalmente por las emisiones vehiculares, pero su razón de producción depende mucho del combustible utilizado.

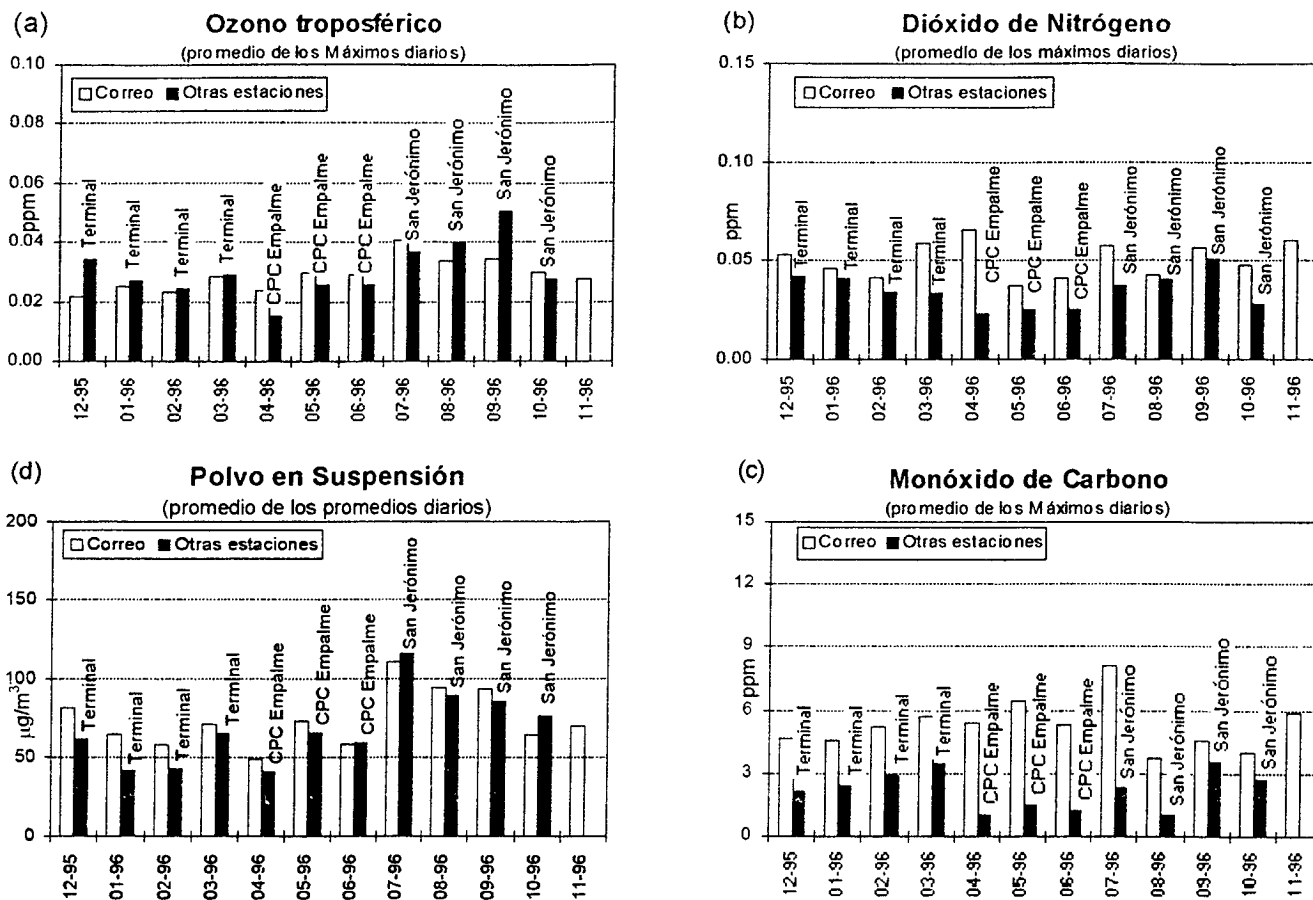


Figura 4: resumen comparativo de los valores representativos del mes de las concentraciones de CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, y PM<sub>10</sub> registradas por los móviles 1 y 2

Esto permite explicar las diferencias de concentraciones de CO medidas en las estaciones CORREO y SAN JERONIMO, las cuales son dos estaciones céntricas que están separadas por una distancia inferior a los 600 m y ambas están ubicadas en calles de alto tráfico vehicular. En efecto en las inmediaciones de la estación SAN JERONIMO circulan principalmente vehículos con motores diesel, mientras que las inmediaciones a la estación CORREO circulan todo tipo de vehículos. El PM<sub>10</sub> también es producido por los vehículos, pero puede tener además orígenes muy diversos. En particular, al estar Córdoba en una región semiárida, muchas veces el PM<sub>10</sub> se ve aumentado por el polvo proveniente de la erosión del suelo. Es importante destacar que los valores diarios de PM<sub>10</sub> superiores a los estándares siempre coincidieron con grandes tormentas de polvo. Sin embargo, también es importante recalcar que los promedios mensuales de polvo medido en distintos puntos de la ciudad a lo largo de todo el año son muy semejantes, aún entre los sitios céntricos (CORREO, TERMINAL, SAN JERÓNIMO) como en la estación CPC EMPALME, que está en la entrada noroeste de la ciudad.

Los sitios de monitoreo analizados en el presente trabajo han estado en general alejados de las zonas industriales, por lo que no es posible extraer del mismo conclusiones sobre la influencia local que pueden tener los distintos asentamientos industriales. Sin embargo, los resultados analizados nos permiten concluir que en algunas arterias céntricas de la ciudad el nivel de contaminación, en especial el producido por el CO, es tal que ya sería posible observar síntomas adversos en la población enferma. Además los resultados nos indican que los niveles de polvo en general en toda la ciudad son altos durante todo el año, pudiendo esto tener consecuencias sobre la población a largo plazo, lo cual hace que sea sumamente necesario estudiar su origen, para poder atacar las causas que lo producen.

## 5.- Referencias

- 1) Boubel, R.W, Fox, D.L., Turner, D.B. y Stern, A.C. (1994) "Fundamentals of Air Pollution" 3ª edición, Academic Press.
- 2) National Air Quality Trends Report, 1991, EPA (1992).