

## **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA, ARGENTINA”**

### **AUTORES**

**Resola, Roberto.**

**Romero, Cesar**

**Sbarato, Viviana.**

**del Gesso, Laura.**

**Sbarato, Darío (dsbarato@yahoo.com.ar)**

**Ortega José Emilio (jortega@cea.unc.edu.ar)**

**Campos, Manuel**

**Este trabajo ha sido producido en el marco del Programa de Investigación y Desarrollo en Gestión Ambiental que se desarrolla de manera conjunta entre la Maestría en Gestión para la Integración Regional del Centro de Estudios Avanzados de la UNC y del Centro de Información y Documentación Regional de la Secretaría General de la UNC. Siendo sus árbitros el Prof. Ing. Jorge Horacio González (Prof. Titular y Rector UNC), Prof. Dr. Jugo Juri (Prof. Titular, Ex Rector UNC, Ex Ministro de Educación de la Nación) y Prof. Dr. Pedro J. Frías (Prof. Consulto UNC, Presidente Honorario de la Academia Nacional de Derecho y Ciencias Sociales de Córdoba).**

## **RESUMEN**

El Observatorio Ambiental de la Municipalidad de Córdoba mide la calidad de aire por medio de la cuantificación de las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO), Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>), Oxidos de Nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Partículas de Polvo en Suspensión Menores que 10 µm (PM<sub>10</sub>). Estas mediciones se efectúan en dos estaciones móviles totalmente automáticas, ubicadas en lugares estratégicos dentro de la ciudad.

Para analizar el estado de contaminación del aire de la ciudad de Córdoba hemos utilizados los estándares vigentes en Estados Unidos en 1996, y los que rigen actualmente en la OMS. Es importante destacar que los valores utilizados no difieren significativamente de los que rigen en otros países y a los establecidos por la ley Nacional N° 20284 sancionada en 1973.

Se presentan los resultados obtenidos en los cuatro años de monitoreo en la zona céntrica de la ciudad de Córdoba que evidencian que en los cuatro años (periodo 1996-1999) aparecen como principales contaminantes el monóxido de carbono, (CO) y el material particulado en suspensión (PM<sub>10</sub>). El SO<sub>2</sub> ha sido históricamente bajo como para determinar por sí una alerta ambiental. Las concentraciones observadas de O<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> tampoco son determinantes de los estados de contaminación del aire. Sin embargo, representa un riesgo por las concentraciones de NO<sub>x</sub> medidas actualmente y hace que sea de especial interés continuar con su monitoreo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El monitoreo de la contaminación exige MEDIR las concentraciones de distintos contaminantes. Los sitios de toma de muestra, la toma de muestra, la técnica de medición y el tratamiento de la información se hace de acuerdo a normas internacionales. El motivo de esta equiparación metodológica sirve para poder comparar los resultados obtenidos en todas las ciudades.

Haremos una breve descripción de las tomas de muestra y los métodos de análisis.

## **Analizadores o Monitores Automáticos**

Existen aplicaciones de monitores que necesitan de la rápida respuesta, en horas o menor, que proporciona un analizador automático, por ejemplo cuando se pretenden detectar valores máximos de concentraciones de contaminantes y situaciones de alerta para implementar medidas de contingencia. Estos instrumentos se basan en propiedades físicas o químicas del gas que va a ser detectado continuamente, utilizando métodos optoelectrónicos. El aire muestreado entra en una cámara de reacción donde, ya sea por una propiedad óptica del gas que pueda medirse directamente o por una reacción química que produzca quimiluminiscencia o luz fluorescente, se mide esta luz por medio de un detector que produce una señal eléctrica proporcional a la concentración del contaminante muestreado.

Estos equipos requieren personal capacitado para su calibración y operación de rutina. Para validar y asegurar la calidad de los datos existen protocolos internacionales definidos. Estos monitores automáticos producen gran cantidad de datos que usualmente necesitan de sistemas telemétricos para su recopilación y computadoras para su subsecuente procesamiento y análisis.

Ya se cuenta con monitores continuos aprobados y validados para la mayor parte de los principales contaminantes urbanos y son recomendables en caso de contar con la infraestructura de apoyo y personal técnico capacitado.

El Observatorio Ambiental cuenta con dos estaciones móviles de monitoreo que cuentan con equipamiento automático para medir composición del aire y variables meteorológicas.

### *Monitoreo automático de gases contaminantes principales*

Dentro de las estaciones de monitoreo se miden, entre otros contaminantes y algunas variables meteorológicas, cinco contaminantes principales: Partículas en Suspensión menor a 10 micrones de diámetro (PM<sub>10</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y Ozono (O<sub>3</sub>).

Las metodologías de muestreo y análisis son las de referencia por Normas de la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos).

- ❑ **Partículas en Suspensión menor a 10 micrones de diámetro.** Microbalanza oscilatoria (TEOM-Tapered Element Oscillating Microbalance).
- ❑ **Monóxido de carbono.** El principio que se utiliza es la Absorción Infrarroja.
- ❑ **Óxidos de nitrógeno:** Quimioluminiscencia.
- ❑ **Dióxido de azufre.** El método utilizado es el de Fluorescencia en el rango de radiación ultravioleta.
- ❑ **Ozono.** El método utilizado es la Absorción ultravioleta.

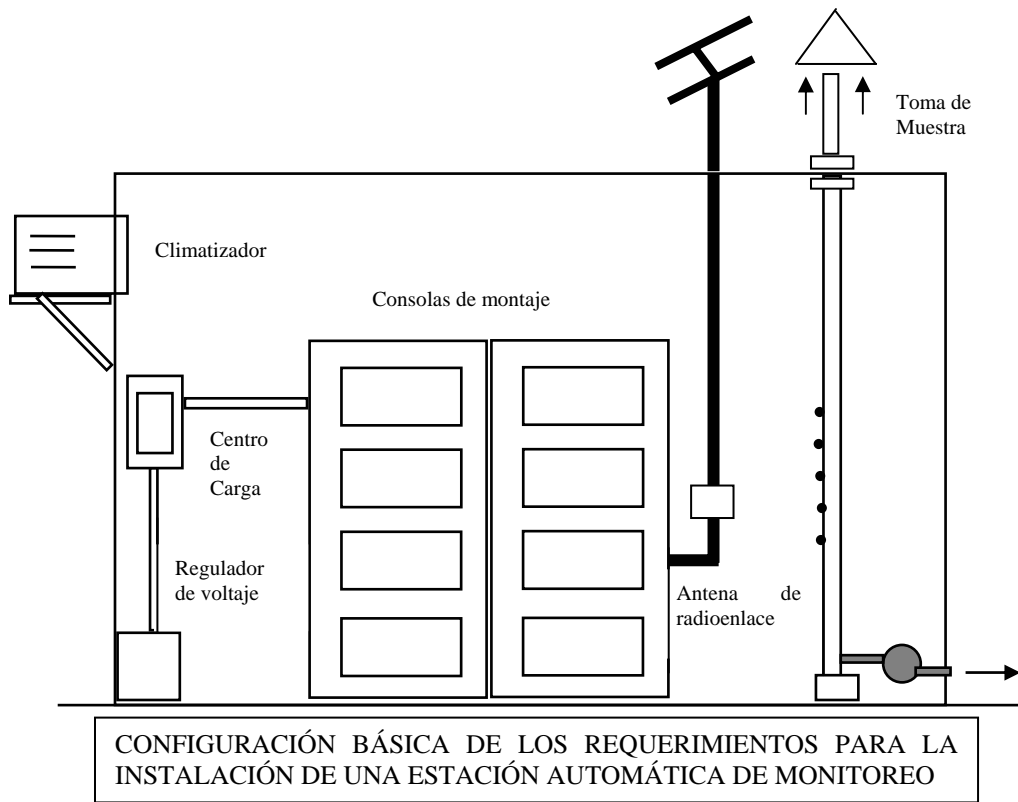
### Observatorio Ambiental Córdoba - Estaciones De Monitoreo

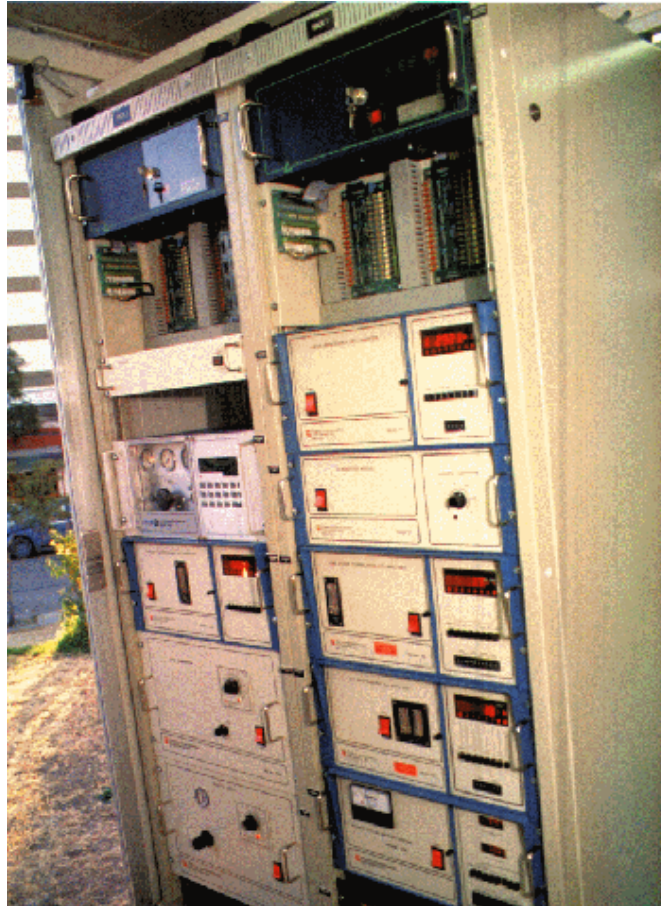
El equipamiento que conforma a una estación de monitoreo atmosférico se coloca en el interior de una caseta con una serie de acondicionamientos que permitan la óptima operación de los equipos automáticos que se instalarán en la misma. Sus partes principales se aprecian en la figura esquemática y son:



Vista exterior de una Estación Móvil de Monitoreo Automático.

- Unidad de aire acondicionado o climatizador
- Instalaciones eléctricas
- Consola de montaje
- Toma de muestra de puertos múltiples
- Sistemas de transmisión y acopio de información.





Vista de un rack montado en el interior de una de las estaciones móviles del S.I.M.A.

## ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE DE LA USEPA (Environmental Protection Agency de EEUU)

### Estándares primarios de calidad de aire ambiente para dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

El nivel del estándar anual es de 0,030 ppm (30ppb). Éste no debe ser excedido en un año calendario.

El nivel del estándar para 24 horas es 0,140 ppm (14ppb) y no debe ser excedido más de una vez en un año calendario. Los promedios de 24 horas se inician desde la medianoche de cada día calendario.

### Estándares secundarios de calidad de aire ambiente para dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

El nivel del estándar es de 3 horas es 0,5 pmm (500ppb). Éste no debe ser excedido más de una vez en un año calendario. Las 3 horas se toman como bloques que no se solapan y se comienza desde la medianoche de cada día calendario.

### **Estándares primarios y secundarios de calidad de aire ambiente para polvo en suspensión, fracción PM<sub>10</sub>**

El nivel del estándar de calidad de aire ambiente, tanto primario como secundario, para la fracción del material particulado en suspensión cuyo diámetro aerodinámico equivalente es 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) es de 150 µg/m<sup>3</sup> para la concentración promedio de 24 horas. Para demostrar cumplimiento con la norma, debe calcularse el percentil 99 de las concentraciones de 24 horas para cada uno de los tres últimos años. Luego se toma el promedio de esos tres valores y éste debe ser menor o igual a 150 µg/m<sup>3</sup>. Hasta 1997, era regla general que, para demostrar cumplimiento con este estándar, debía calcularse el número de excedencias esperado para el año. Ese cálculo se basa en la cantidad de días en que se superó ese límite en los últimos 3 años y no debiera dar un valor superior a 1. El caso más fácil de aplicación consiste en una estación fija que tiene suficiente cantidad de datos para cada año y que en 3 años sólo llegó a exceder el límite 3 veces. Cuando no se cuenta con un alto porcentaje de datos o hubo alguna ausencia prolongada de mediciones debe recurrirse a métodos estadísticos para determinar la cantidad de días por encima del límite que sea “esperada”.

El nivel para el estándar anual de PM<sub>10</sub> es de 50 µg/m<sup>3</sup> como media aritmética anual. Para cumplir con este estándar debe calcularse el promedio de las medias aritméticas anuales de los últimos 3 años y éste debe ser menor o igual a 50 µg/m<sup>3</sup>. Este cálculo arroja un valor que se denomina también como la media esperada. No se cambió en 1997.

Tanto para los valores anuales como los valores diarios, en 1997 se introdujo una diferencia en la representación de la información. Luego de ciertos debates relacionados con las condiciones de referencia para la expresión del resultado de una concentración de partículas, se pasó de una representación en condiciones de referencia a la representación de acuerdo al

volumen verdadero (o real) que se filtró para recoger la muestra en cuestión. Se reemplazó el “volumen estándar,  $V_{std}$ ”, por el “volumen actual,  $V_a$ ” en el cálculo que toma la cantidad de materia recogida en el filtro y la divide por el volumen total que ha atravesado el filtro, es decir  $m/V =$  concentración neta de partículas  $PM_{10}$ ).

### **Estándares primarios y secundarios de calidad de aire ambiente para polvo en suspensión, fracción $PM_{2,5}$**

El nivel del estándar de calidad de aire ambiente, tanto primario como secundario, para la fracción del material particulado en suspensión cuyo diámetro aerodinámico equivalente es 2,5 micrómetros ( $PM_{2,5}$ ) es de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para la concentración promedio de 24 horas. Para demostrar cumplimiento con la norma, debe calcularse el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de cada uno de los últimos 3 años y éste debe ser menor o igual a  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El nivel para el estándar anual de  $PM_{2,5}$  es de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como media aritmética anual. Para cumplir con este estándar debe calcularse el promedio de las medias aritméticas anuales de los últimos 3 años y éste debe ser menor o igual a  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Los estándares para  $PM_{2,5}$  se introdujeron en 1997.

### **Estándares primarios de calidad de aire ambiente para monóxido de carbono (CO)**

Los estándares de calidad de aire ambiente para monóxido de carbono son los siguientes:

- 9 ppm para una concentración promedio de 8 horas. Los promedios de 8 horas son tomados con solapamiento, por medio de una ventana móvil. Este valor no debe excederse más de una vez en el año, aunque para los fines de este cómputo no deben considerarse promedios solapados.
- 35 ppm en 1 hora y el mismo no debe ser excedido más de una vez en un año.

### **Estándares primarios y secundarios de calidad de aire ambiente para ozono ( $O_3$ )**

El nivel está determinado en 0,12 ppm en promedio de 1 hora. El estándar es alcanzado cuando el valor esperado para el número de días que exceden este límite, calculado sobre 3 años

de mediciones, es menor o igual que 1. En 1997 se introdujo un nuevo estándar para ozono que toma en cuenta promedios sobre 8 horas de exposición.

El estándar actual, utilizado inicialmente en las regiones que cumplen con el estándar horario, se calcula sobre promedios móviles de 8 horas. El estándar establece un valor de 0,08 ppm como máximo promedio de 8 horas para un día.

Este estándar es alcanzado cuando el promedio de los cuartos más altos promedios de 8 horas, seleccionados por día, registrados en cada uno de los últimos 3 años, es menor o igual a 0,08 ppm.

### **Estándares primarios y secundarios de calidad de aire ambiente para dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Tanto el estándar primario como el secundario establecen que la media aritmética anual de dióxido de nitrógeno no debe superar los 0,053 ppm.

### **Estándares primarios y secundarios de calidad de aire ambiente para plomo (Pb)**

El plomo se mide en el material suspendido total, colectado por muestreo de alto volumen en fibra de vidrio. Su análisis se hace por absorción atómica, se representa tanto plomo como sus compuestos en forma elemental. En un trimestre, su concentración promedio no debe superar los 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor puede alcanzarse una vez al año, pero no más que eso, para estar en acuerdo con el estándar.

La Tabla que sigue resume estos estándares primarios establecidos por la USEPA en 1997 y vigentes en la actualidad.

CONTAMINANTE	Valores límite (concentración y tiempo promedio)	Criterio de Cumplimiento
Ozono (O <sub>3</sub> )	0,12 ppm (1 hora)	1 excedencia en promedio sobre 3 años
	0,08 ppm (8 horas)	El cuarto más alto de los promedios diarios de 8hs, seleccionado y promediado en 3 años, debe quedar bajo este límite.
Monóxido de Carbono (CO)	9 ppm (8 horas)	1 vez al año
	35 ppm (1 hora)	1 vez al año
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	0,14 ppm (24 horas)	1 vez al año
	0,030 ppm (Promedio anual)	
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0,053 ppm (Promedio anual)	
Plomo (Pb)	1,5 µg/m <sup>3</sup> (Promedio trimestral)	1 vez al año
Partículas, fracción PM <sub>10</sub> .	150 µg/m <sup>3</sup> (24 horas)	99% percentil de la distribución anual, promedio sobre 3 años.
	50 µg/m <sup>3</sup> (Promedio anual)	Promedio sobre 3 años
Partículas, fracción PM <sub>2.5</sub> .	65 µg/m <sup>3</sup> (24 horas)	98% percentil de la distribución anual, promedio sobre 3 años.
	15 µg/m <sup>3</sup> (Promedio anual)	Promedio sobre 3 años.

**Tabla :** Estándares primarios de calidad de aire ambiente de los E.E.U.U.

### Un comentario

Debido a que a continuación referiremos normativa de USEPA y de la Organización Mundial de la Salud, repasamos en la Tabla que sigue las equivalencias aproximadas de estos valores entre ppm y µg/m<sup>3</sup>. Recuerde que el peso molecular del compuesto es un dato indispensable para hacer las conversiones y que por ende no debe caerse nunca en el error de buscar un factor de proporcionalidad para un compuesto y utilizarlo luego para otros.

CONTAMINANTE	Concentración en ppm	Equivalente en unidades de masa por unidad de volumen
SO <sub>2</sub>	0,030 ppm	80 µg/m <sup>3</sup>
CO	9 ppm	10 mg/m <sup>3</sup>
	35 ppm	40 mg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	0,12 ppm	235 µg/m <sup>3</sup>
	0,08 ppm	157 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	0,053 ppm	100 µg/m <sup>3</sup>

**Tabla:** Esta tabla muestra las equivalencias entre valores límite expresados en dos unidades diferentes.

### RECOMENDACIONES DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

La OMS determina valores que son guía, aquel país que los tome como propios puede declararlos como estándares nacionales de calidad de aire para proteger la salud de la población.

<b>Contaminante</b>	<b>Niveles guía</b>
Ozono (O <sub>3</sub> )	120 µg/m <sup>3</sup> (8 horas)
Monóxido de Carbono (CO)	10 mg/ m <sup>3</sup> (8 horas)
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	125 µg/ m <sup>3</sup> (24 horas)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	40 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)
	200 µg/m <sup>3</sup> (1 hora)
Plomo (Pb)	0,5 µg/m <sup>3</sup> (promedio de 3 meses)

**Tabla:** Niveles guía de la Organización Mundial de la Salud.

La Legislación Nacional y Provincial aún no ha profundizado demasiado en la determinación de procedimientos y protocolos para demostrar que se cumplen o no los estándares de calidad de aire en distintas situaciones dentro de nuestro país. Los valores estándar, métodos de muestreo y análisis que ya se han incorporado a la legislación han sido tomados de normas extranjeras. En general se recomiendan métodos de medición y análisis que ya han sido probados y reconocidos internacionalmente.

La Ley Nacional 20284, que data de 1963, indica límites y métodos para contaminantes criterio. En la Tabla que se presenta a continuación se resumen dichos valores.

La Municipalidad de Córdoba, maneja información científicamente obtenida con la que ya ha elaborado su prediagnóstico de calidad de aire. A partir de esta información puede desarrollar estándares locales e incorporar en la etapa legislativa los protocolos analíticos, de muestreo, de criterios de disposición de las redes de monitoreo, de aseguramiento de la calidad de la información y de análisis de los datos.

En el Observatorio Ambiental se usa como referencia la normativa de la USEPA, ya que las normativas locales no son completas en la definición de los criterios. Si bien la legislación nacional es buena y ha definido límites y niveles de calidad de aire, que describen los estados de contaminación como “dentro de la norma de calidad de aire”, “alerta” y “alarma”, no incluye protocolos de cálculo en forma concreta.

CONTAMINANTE	NORMA	CALIDAD DE AIRE	ALERTA	ALARMA
CO	10 ppm (8 horas)	15 ppm (8 horas)	30 ppm (8 horas)	-
	50 ppm (1 hora)	100 ppm (1 hora)	420 ppm (1 hora)	150 ppm (1 hora)
NO <sub>x</sub>	0,45 ppm (1 hora)	0,6 ppm (1 hora)	1,2 ppm (1 hora)	-
	0,15 ppm (24 horas)	0,3 ppm (24 horas)	0,4 ppm (24 horas)	10 ppm (1 hora)
SO <sub>2</sub>	0,03 ppm (promedio mensual)	0,3 ppm (8 horas)	-	-
	-	1 ppm (1 hora)	5 ppm (1 hora)	10 ppm (1 hora)
O <sub>3</sub> (y oxidantes en general)	0,10 ppm (1 hora)	0,15 ppm (1 hora)	0,25 ppm (1 hora)	0,40 ppm (1 hora)
Partículas suspendidas totales	-	150 µg/m <sup>3</sup> (promedio mensual)	No aplicable	No aplicable
Partículas sedimentables	-	1,0 mg/cm <sup>2</sup> (30 días)	Idem	Idem

**Tabla:** Fragmento del Anexo II de la Ley 20284, valores de jurisdicción federal y provincias que adhieran.

¿Qué normativa se usa como marco general para las comparaciones de los valores medidos en la ciudad de Córdoba?

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (USEPA por sus siglas en inglés) son las más citadas a la hora de tomar valores de referencia para la medición de la calidad de aire urbano.

En la ciudad de Córdoba (1995) se escogieron como referencia los Estándares Nacionales de Calidad de Aire de Estados Unidos y ese es el motivo por el cual nos referimos fundamentalmente a ella en este desarrollo. Como ya mencionamos más arriba, esos estándares, en inglés National Ambient Air Quality Standards (NAAQS), fueron autorizados en 1970 para

proteger la Salud Pública en ese país. Así fijaron estándares para monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), plomo (Pb) en el particulado total en suspensión y masa neta de partículas suspendidas en la fracción respirable, PM<sub>10</sub>. Desde 1997 incorporó un nuevo parámetro a medir que es el PM<sub>2,5</sub>. En nuestra ciudad se utilizan los estándares vigentes hasta julio de 1997 ya que no hemos incorporado aún el promedio de 8 horas para ozono ni la red de monitoreo de PM<sub>2,5</sub>. Este uso no se encuentra aún representada en ninguna norma local. Con la experiencia recogida y el diagnóstico realizado se espera tener esas definiciones antes que finalice el año 2000.

Es muy importante tener en cuenta una serie de factores a la hora de comparar los estados de contaminación de la ciudad de Córdoba con los que ocurren en otras ciudades. La escala geográfica y los objetivos de monitoreo de cada red debe analizarse antes de proceder a comparar valores.

Todo lo que hemos descripto antes acerca de los procedimientos para demostrar cumplimiento con la normativa que se usa en EEUU, más sus estudios detallados acerca de comportamientos y tendencias para cada contaminante, es indispensable para diseñar los Planes de Implementación o los Programas de Gestión de la Calidad del Aire que emprende cada gran ciudad mexicana. Un adecuado seguimiento de los contaminantes y el análisis de sus fuentes emisoras permite evaluar el impacto de futuras medidas y al mismo tiempo medir su efectividad a corto, mediano y largo plazo. Esto se llama planificación.

Por otro lado, la medición continua de la calidad de aire brinda la posibilidad de disminuir el riesgo de la población ante exposiciones que superan ciertos umbrales y que por eso no son saludables. Esto se llama determinación de Alertas Ambientales.

Este es un desafío interesante ya que para poder ayudar a la gente debe informársele de manera correcta y sin provocar temor innecesario. Si se leen detenidamente los primeros ítems de este capítulo salta a la vista que estamos ante un problema difícil, de difícil interpretación. La contaminación se mide en distintas unidades para distintos contaminantes, cada contaminante

tiene su propio valor “tolerado” y a su vez debe tenerse en cuenta que en algunos casos se trata de no superar 1 hora de exposición, en algunos 8 hs y en otros 24 horas. En algunos casos las personas susceptibles, con enfermedades previas, deben evitar hacer ejercicios al aire libre y en algunos otros casos no son sólo las personas susceptibles sino absolutamente todas las que deben resguardarse o evitar exposiciones exageradas en ciertos horarios críticos. Para ésto se han desarrollado índices de calidad del aire.

Un índice de calidad del aire pondera y transforma las concentraciones de un conjunto de contaminantes a un número adimensional, el cual indica el nivel de contaminación presente en un determinado sitio y zona de influencia. El hecho de informar a la población en general a través de un índice, sin dar las concentraciones y los distintos tipos de promedio para cada contaminante, hace que cada persona pueda entender fácilmente ante qué situación se encuentra y cómo están otros puntos de la ciudad.

El procedimiento para manejar las concentraciones de los contaminantes con objeto de obtener un número significativo depende básicamente del algoritmo que se utilice en la elaboración del índice. El problema con el que se han enfrentado aquellos que desarrollan estos indicadores de calidad del aire, consiste en determinar cómo ponderar los efectos de los contaminantes.

Dentro de los distintos índices utilizados en el mundo, se ha propuesto un cierto número de factores de ponderación, siendo el más aceptable aquél que considera las normas de calidad de aire como la base para determinar los efectos, dicho enfoque ha sido utilizado en la elaboración de famosos índices.

En 1975, Thom y Ott investigaron todas las estructuras de índices de contaminación del aire en uso en EEUU y Canadá así como los existentes en la literatura. Su objetivo era comparar y evaluar más de 50 diferentes tipos de índices; desarrollaron luego un sistema de clasificación y utilizando dicho sistema hicieron el Pollutants Standard Index (PSI). El PSI se basa fundamentalmente en los niveles de contaminación fijados como criterios nacionales de

episodios donde las concentraciones se asocian a niveles de alerta, peligro y emergencia. Éstos no se fundamentan completamente en información rigurosamente científica ya que están diseñados para orientar acciones para la disminución de la contaminación atmosférica a muy corto plazo.

En México, basados en la revisión bibliográfica previa sobre los índices de calidad del aire, se decidió por un enfoque que incluyera las normas de calidad del aire y los niveles asociados de riesgo de daño significativo, como bases para ponderar los efectos de los contaminantes. Más que un enfoque basado únicamente en las normas de calidad del aire, toma en consideración un enfoque más realista puesto que permite utilizar factores de ponderación que cambian con los diferentes niveles de contaminación y que además permite elaborar los reportes diarios de calidad del aire. El Índice Mexicano de Calidad del Aire (IMECA) se basa en la utilización de funciones lineales segmentadas, similares a las del PSI.

### INDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) SEGÚN SE USA EN CÓRDOBA

El criterio elegido para elaborar los índices de calidad utilizados en los informes del Observatorio Ambiental de Córdoba están basados en el CFR 40 Parte 58 de EEUU, siendo el algoritmo utilizado el de los PSI.

Para “indicar” la calidad del aire de la Ciudad de Córdoba y con el fin de transmitir la información a la población, se calcula el índice diario de calidad del aire (que llamamos I.C.A). Para calcular este índice, llevamos las concentraciones de cada uno de los contaminantes a una misma escala numérica de 0 a 500. Esta escala se divide a su vez en cinco rangos, de acuerdo al efecto que produce el contaminante sobre la salud de la población. Los contaminantes utilizados en la confección del I.C.A son: PM10, monóxido de carbono, dióxido de azufre, ozono y dióxido de nitrógeno. Mostramos en una Tabla los puntos que determinan las rectas segmentadas que determinan el algoritmo. Para informar al público día a día el I.C.A. seleccionado es el más alto de los 5.

Estado de Contaminación	I.C.A	Efecto sobre la salud	Cuidados
Bueno	menor que 50		
Moderado	50 - 100		
Primer Alerta	100 -200	Agravación de síntomas en personas susceptibles, síntomas de irritación en la población.	Personas con problemas del corazón o respiratorio deben reducir los ejercicios físicos y las actividades al aire libre.
Segunda Alerta	200 - 300	Agravación significativa de síntomas y disminución de tolerancia a los ejercicios físicos en personas con problemas de corazón y amplio espectro de síntomas en la población	Ancianos y personas con problemas del corazón deben permanecer en lugares cerrados y reducir la actividad física
Tercer Alerta	300 -400	Prematura aparición de síntomas junto con una significativa agravación de la tolerancia a los ejercicios físicos.	Idem anterior y además la población en general debe evitar la actividad al aire libre
Alerta Máxima	mayor que 400	Muerte prematura de personas enfermas y ancianos. Personas saludables experimentan síntomas que afectan su actividad normal.	Todas las personas deben permanecer en sitios cerrados con las ventanas y puertas cerradas. Además deben minimizar la actividad física.

**Tabla :** ICA y ECA , efectos sobre la salud y cuidados recomendados.

### ESTADO DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE (ECA) SEGÚN SE USA EN CÓRDOBA

Esta escala se divide a su vez en cinco rangos, de acuerdo al efecto que produce el contaminante sobre la salud de la población.

Es importante notar que siempre que se pasa del rango de *moderado* a *primer alerta* es porque alguno de los 5 contaminantes con los que se confecciona el índice pasa el valor establecido como estándar de la USEPA. El tipo de promedio indica que se evalúan los riesgos sobre la salud de acuerdo a la exposición en promedio por distintos lapsos de tiempo. Por ejemplo, para la salud es igualmente riesgoso estar expuesto una hora a una concentración de 35 ppm de monóxido de carbono o durante 8 horas a una concentración promedio de 9 ppm de monóxido de carbono.

ICA	CO ppm	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> ppm	O <sub>3</sub> ppm	NO <sub>2</sub> ppm
	8-hr.	24-hr.	24-hr.	1-hr.	1-hr.
50	4.5	50	0.03	0.060	-
100	9	150	0.14	0.120	-
200	15	350	0.30	0.200	0.6
300	30	420	0.60	0.400	1.2
400	40	500	0.80	0.500	1.6
500	50	600	1.00	0.600	2.0

**Tabla:** Puntos de quiebre para el trazado de las rectas de equivalencia entre concentración de contaminante a ICA.  
 Fuente CFR 40 – Part 58.