

# ambientales

*crisis  
y expectativas  
de la capital*



# CALIDAD DEL AIRE EN LA CAPITAL ENTRE 1993 Y 2003

por SUSANA RODRIGUEZ Y  
JORGE HERRERA

## RESUMEN

La tendencia a la disminución de la concentración de material particulado PM-10 en el aire del centro de la capital, tendencia que empezó a manifestarse en 1998 coincidiendo con la entrada en vigencia de la revisión técnica anual de la flota vehicular del país, empezó a revertirse en 2001, coincidentemente con la suspensión de tal revisión. Ésta se reinició en 2002 pero no hay información posterior a este año que permita definir cambios en la tendencia. En ese mismo año se detectó altas concentraciones de nitrato y sulfato, lo que es propio de ciudades con muy copiosos flujos vehiculares. También, en 2003, se determinaron altas concentraciones de dióxido de nitrógeno en diferentes puntos de la capital.

A partir de 2002 se ha dado ciertas medidas estatales (reglamentos de leyes, vuelta a la revisión técnica de carros, reformas al sistema de transporte público) en pro del mejoramiento del aire de la capital.

*The tendency of the diminishment of the concentration of particled material PM-10 in the air of the capital's centre, tendency which began to show in 1998 coinciding with the coming into force of the annual technical revision of the vehicular fleet of the country, began to revert in 2001, coinciding with the suspension of this revision. This was restored in 2002 but there's no information after this year which allows to define changes in the tendency. In the same year high concentrations of nitrate and sulfur were detected, what is particular of cities with copious vehicular flows. Also, in 2003, high concentrations of nitrogen dioxide were determined in different parts of the capital.*

*From 2002 on, certain state measures have been taken (law regulations, return to technical revision of cars, reforms to the public transport system) for the improvement of the capital's air.*

A l igual que los restantes países latinoamericanos, Costa Rica ha experimentado en los últimos años un crecimiento económico acelerado y desordenado tendiente a concentrar las principales actividades urbanas en una pequeña porción del territorio nacional. De esta forma, la Gran Área Metropolitana (Gam) del país, con solo el cuatro por ciento del total del territorio (según el IX Censo Nacional de Población realizado en el año 2000), alberga el 60 por ciento de la población, el 70 por ciento de la industria nacional y aproximadamente el 75 por ciento de la flota vehicular. Aparte de ello, esta área geográfica no constituye una única entidad político-administrativa, sino que su administración está distribuida entre más de 30 municipios, pertenecientes a cuatro provincias.

Este patrón de crecimiento ha propiciado un constante deterioro de la calidad de vida de los habitantes. La contaminación del aire es uno de los costos de la creciente industrialización, del desarrollo económico asociado con más vehículos y de más espacio dedicado a la urbanización. Los reportes científicos documentan las concentraciones de los contaminantes prioritarios y sus efectos: son irritantes y hasta tóxicos para la salud de los pobladores, con potencial de formar otros compuestos en la atmósfera aun más tóxicos que los originalmente emitidos, dañan los ecosistemas, los monumentos históricos y los materiales de construcción en general -con el agravante de que el problema suele ser subvalorado debido a que sus efectos son crónicos, y a pesar de que los costos del tratamiento de enfermedades cardiopulmonares, los costos de la pérdida de productividad laboral y escolar, los costos por el reemplazo de pinturas y cables, por limpieza de textiles y fachadas de edificios, y muchos otros costos indirectos, demuestran la severidad de los perjuicios de la contaminación del aire en la Gam.

Susana Rodríguez y Jorge Herrera, profesionales en química, trabajan en el Programa de Estudios de Calidad del Aire de la Universidad Nacional

## Contaminación del aire capitalino

El primer intento de elaborar un diagnóstico sobre el problema de la contaminación del aire en la capital se inició en 1971, con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud, y se interrumpió en 1973. En 1979 se coordinó un estudio que permitió valorar la presencia de algunos contaminantes en el aire, estimándose que las concentraciones ya llegaban a superar las registradas en 1971. En 1989, un estudio parcial estableció el serio daño causado por la contaminación del aire sobre el Teatro Nacional, y en 1993, con el apoyo de Swisscontact, el Programa de Estudios de la Calidad del Aire (Pecaire) de la Universidad Nacional inició el monitoreo del aire en San José -con seis puntos de muestreo-, indicando los primeros datos que los valores promedio de plomo llegaban a  $1,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con niveles mínimos por punto de muestreo de  $0,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anual (Alfaro 1999). Desde ese momento y hasta la fecha se cuenta con información anual sobre calidad del aire en la ciudad capital.

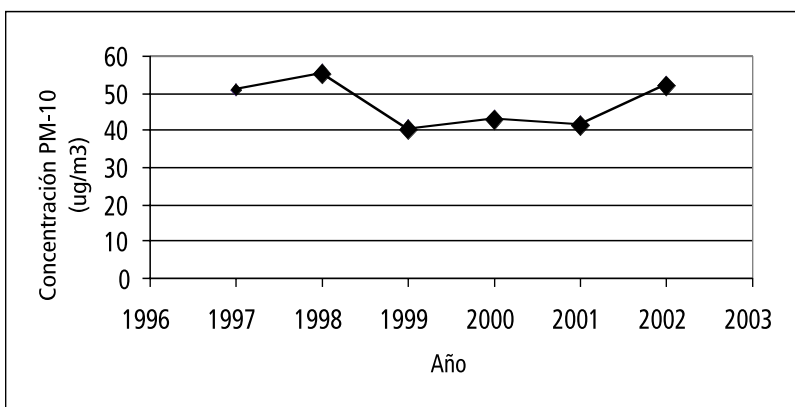
Dentro de los principales contaminantes del aire monitoreados en la ciudad capital, se encuentra el material particulado en suspensión, el cual se puede definir como toda partícula sólida

particulado son la combustión de materiales fósiles para la generación de energía, calefacción y transporte, la construcción y las actividades industriales, la erosión de suelos, los incendios forestales, las erupciones volcánicas y el polen. De todas las partículas generadas en el medio, solamente la fracción que posee diámetros aerodinámicos iguales o menores a 10 micras puede ingresar en el sistema respiratorio de los seres humanos. Esta fracción de partículas se conoce con el nombre de material particulado PM-10 y se determina por método gravimétrico utilizando un muestreador de aire de alto volumen ( $1,13 \text{ m}^3/\text{min}$ ) durante un período de 24 horas.

Desde 1998 se dio una disminución de alrededor del 20 por ciento de la concentración de material particulado PM-10, lo cual coincidió con la entrada en vigencia del ecomarchamo, uno de los primeros intentos de revisión técnica vehicular establecidos en el país -pese a que ya desde 1994 existía una normativa especial para el control de emisiones (Decreto Ejecutivo 23.831-Mopt-Mirenem-S) y a que la Ley de Tránsito imponía la obligación de usar catalizador en los vehículos ingresados al país desde 1995. Pero a partir de 2001 se presentó una inversión de la tendencia, debido probablemente a la desaparición del ecomarchamo por problemas de corrupción, con lo cual la flota vehicular del país dejó de asistir a revisión técnica periódica hasta el año 2002, en que inició actividades la empresa Riteve SyC S.A. El promedio anual de acuerdo con la legislación ambiental vigente se encuentra en  $50 \text{ mg}/\text{m}^3$  para PM-10.

Las partículas pueden aparecer como aerosoles secundarios producto de las transformaciones de contaminantes gaseosos emitidos por fuentes de combustión (plantas energéticas, automóviles...) o por fuentes naturales, o ser el resultado de la condensación de elementos volátiles y de ciertas especies en la atmósfera. La composición química de estas últimas consiste en gran parte en sulfatos, iones  $\text{H}^+$ , nitratos, etcétera, de ahí su acidez y que sean de gran interés en relación con la salud. Durante el año

**Figura 1. Concentración de material particulado PM-10 en la capital en últimos seis años**



(Fuente: Alfaro 1999 y Herrera 2002)

o líquida de cualquier tamaño, naturaleza u origen, suspendida o capaz de mantenerse suspendida en el aire y que representa una compleja mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas que tienen su origen en las emisiones naturales y artificiales en el medio, y su impacto en éste está directamente relacionado con la composición química del mismo. Fuentes directas de material

por fuentes de combustión (plantas energéticas, automóviles...) o por fuentes naturales, o ser el resultado de la condensación de elementos volátiles y de ciertas especies en la atmósfera. La composición química de estas últimas consiste en gran parte en sulfatos, iones  $\text{H}^+$ , nitratos, etcétera, de ahí su acidez y que sean de gran interés en relación con la salud. Durante el año

2002 Pecaire realizó un estudio de los niveles de estos aniones en el material particulado PM-10 colectado del aire ambiente de la capital, obteniéndose los siguientes resultados:

convertidores catalíticos (el plomo envenena el elemento activo de éstos), que se empezaron a utilizar como un mecanismo de control de los otros contaminantes producidos por la combus-

**Cuadro 1. Concentraciones según mes, de sulfato y nitrato en la capital. Agosto-Diciembre 2002**

Punto de monitoreo	Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Ministerio S.P. / (± 0,05 µgm <sup>-3</sup> )	2,69	1,09	5,02	1,89	3,82	0,96	2,48	0,74
Museo Nacional / (± 0,05 µgm <sup>-3</sup> )	-----	-----	3,65	1,06	3,20	0,79	2,55	0,71

(Fuente: Herrera 2002)

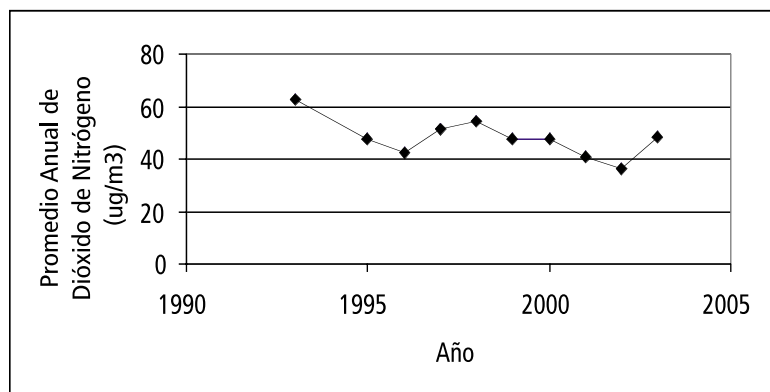
A pesar de que en el país no existe un valor de referencia dentro del Decreto de Inmisiones de Contaminantes del Aire, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos establece 3,7 mgm<sup>-3</sup> como valor típico de concentración de sulfato en material particulado, y 0,9 mgm<sup>-3</sup> para el caso de nitrato. Si se comparan los datos obtenidos con esta referencia se puede observar que algunos promedios mensuales superan estos valores. La ocurrencia de estos valores se puede deber al alto flujo vehicular y a las características del combustible que se expende en el país, ya que este posee un contenido elevado de azufre. Durante la cuantificación de los aniones en las partículas, se determinó la presencia de una señal perteneciente al ion oxalato que, a pesar de que en muchos casos resultó no ser cuantificable, es un hallazgo interesante, ya que la presencia de aniones derivados de ácidos dicarboxílicos a niveles detectables se ha reportado como producto de la presencia de una alta densidad de tráfico en los grandes centros urbanos. En la actualidad, y desde febrero de 2004, Pecaire mantiene un monitoreo de la concentración de material particulado y de los aniones presentes en el mismo en dos puntos de la capital.

Uno de los componentes más tóxicos, presente en el aerosol atmosférico, es el plomo (el tetraetilo de plomo fue introducido en la gasolina como aditivo antidetonante en 1923, descubriéndose luego, además, que desempeñaba una función lubricante dentro del motor). Pero en el comienzo de los años setenta fue introducida en el mercado la gasolina sin plomo debido a la incompatibilidad de la gasolina plomada con los

tión de los vehículos (hidrocarburos, monóxido de carbono y óxido de nitrógeno). Las ciudades industrializadas ya habían alertado al mundo acerca de los peligros que para la salud conlleva sobrepasar los límites admisibles de plomo en el ambiente, al descubrirse una variedad de efectos negativos en el organismo, especialmente en los niños y en el embrión. Por ello, en 1989 se le encomendó a la Refinadora Costarricense de Petróleo, por medio del Decreto Ejecutivo 190.088-S, realizar estudios para la eliminación paulatina del plomo en la gasolina en un plazo de siete años; y esa institución, en un periodo de cuatro años, logró reducir las adiciones de plomo en casi un 92 por ciento, eliminándose el ocho por ciento restante en abril, mayo y junio de 1996. Lo anterior justifica la importancia de tratar la concentración de plomo en el aerosol atmosférico como un caso especial. Un estudio realizado por Pecaire en 2002 determinó valores promedio anuales de concentración de plomo presente en el material particulado de 0,035 ug/m<sup>3</sup>, lo que cumple las expectativas (la norma nacional de inmisiones señala para el plomo el valor de 2 ug/m<sup>3</sup>).

Otro de los contaminantes presentes en el aire, considerado uno de los principales precursores de la precipitación ácida en las zonas urbanas e industrializadas, es el dióxido de nitrógeno, cuya principal fuente de emisión son los procesos de combustión tanto de fuentes móviles como estacionarias, que generan una variedad de efectos adversos sobre la salud y el ambiente. Se ha recomendado 40 µg/m<sup>3</sup> como media aritmética anual, por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

**Figura 2. Concentración de dióxido de nitrógeno en la capital en últimos ocho años**



(Fuente: Alfaro 1999 y Herrera 2002)

La tendencia observada en la concentración de este contaminante es similar a la presentada en el caso del material particulado. Durante el año 2003, Pecaire, con la colaboración de la Sección de Parques de la Municipalidad de San José, hizo un monitoreo de este contaminante por difusión pasiva en catorce puntos de los cuatro distritos que conforman el Cantón Central de San José, obteniendo los siguientes resultados (véase que los puntos de monitoreo localizados sobre la Avenida Segunda y la Avenida Diez exceden constantemente el valor promedio recomendado por la OMS de 40 ug/m<sup>3</sup>):

gobierno costarricense ha puesto en marcha el programa de control de emisiones vehiculares mediante un contrato con la empresa Riteve, estableciendo la obligación de la revisión técnica respaldada en el artículo 31 de la Ley de Tránsito, en el Decreto 17.226-Mopt y en el Decreto 28.280-Mopt-Minae.

Durante los primeros 18 meses de operación Riteve ha realizado más de dos millones de inspecciones, siguiendo un régimen de asistencia de acuerdo con el último dígito de la placa del vehículo. Sin embargo, de acuerdo con datos suministrados por la empresa, la puntualidad en la asistencia oscila entre 33 y 43 por ciento, lo que denota falta de control de los inspectores de tránsito en las carreteras y bajo grado de concienciación por parte de los propietarios de carros respecto de la importancia de la revisión técnica.

De los vehículos revisados solamente el 27 por ciento aprueba la primera inspección, mientras que el 32 por ciento vuelve a fallar cuando

**Cuadro 2. Concentraciones de dióxido de nitrógeno en la capital. Septiembre-Diciembre 2003**

Sitio de monitoreo	Concentración mensual de NO <sub>2</sub> en ug/m <sup>3</sup>			
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hospital San Juan de Dios	51	55	57	48
Catedral Metropolitana	54	55	60	45
Antigua Estación Ferrocarril al Pacífico	45	34	38	45
Av. 10, Bomba La Castellana	51	48	53	41
Barrio La Cruz	34	26	34	29
Barrio Luján	27	31	31	24
Barrio Francisco Peralta	34	33	33	15
Iglesia Santa Teresita	21	32	33	24
Tribunal Supremo de Elecciones	22	29	29	21
Edificio AyA	32	45	54	16
Japdeva	37	40	40	30
Barrio México	44	34	39	23
Barrio Pitahaya	32	34	37	20
Barrio Cuba	38	39	43	37

## Avances en función de la calidad del aire

### Revisión técnica vehicular

Desde el segundo semestre del año 2002, el

se somete a reinspección (Riteve 2003). Este alto nivel de rechazo nos permite argumentar que todavía no se ha establecido la cultura del mantenimiento preventivo continuado a lo largo del año. El principal defecto grave en las estaciones ha sido el nivel de emisiones contaminantes:

cuatro de cada diez vehículos inspeccionados no superan la prueba por ese defecto.

A pesar de los logros obtenidos hasta el momento en esta materia, quedan pendientes algunas medidas: (1) establecimiento de mecanismos que permitan seleccionar las tecnologías de los vehículos que ingresan al país; (2) formulación de políticas fiscales que incentiven la importación de vehículos con tecnologías anticontaminantes; (3) promoción de la renovación del parque vehicular, ya que en este momento aproximadamente el 56 por ciento de los vehículos que circulan en el país poseen modelos anteriores a 1995; (4) fortalecimiento del control que realiza la Policía de Tránsito en las calles, con el fin de garantizar el cumplimiento de la legislación en materia de revisión vehicular, y (5) revisión de la normativa nacional con respecto a emisiones vehiculares.

### Legislación nacional

Durante el año 2002 se emitieron los decretos 30.221-S: "Reglamento sobre inmisión de contaminantes atmosféricos" y 30.222-S-Minae: "Reglamento sobre emisión de contaminantes atmosféricos provenientes de calderas". En el primero se hace referencia a las concentraciones máximas de contaminantes que se deben de presentar en el aire ambiente de todo el territorio nacional con el fin de garantizar la salud de los costarricenses. A pesar de que existe en el país reglamentación sobre los niveles de inmisiones de contaminantes, se carece de una red de monitoreo que funcione permanentemente, lo cual impide efectuar revisiones para garantizar el cumplimiento del Reglamento y, en caso necesario, ejecutar acciones correctivas para mejorar la calidad del aire. Y el segundo Reglamento establece la obligatoriedad de realizar análisis anuales de las emisiones de todas las calderas existentes en el país. Actualmente, el Ministerio de Salud se encuentra elaborando la segunda parte del Reglamento de emisiones donde se contempla la evaluación de contaminantes en los tubos de escape de hornos, extractores, cámaras de secado, etcétera. Sin embargo, el país aún no cuenta con un inventario de emisiones, con lo que se pone en riesgo la efectividad de la aplicación de estos reglamentos.

### Transporte público

El sistema de transporte público no corresponde a las necesidades actuales, por lo que se induce a un mayor uso del transporte privado y el taxi. Se estima que alrededor del 70 por ciento de todos los viajes en Costa Rica se realizan en autobús; sin embargo, y debido a los siguientes factores, este modo de transporte es cada vez menos atractivo: (1) no existe una red de servicios, pues como todas las rutas son radiales es obligado pasar siempre por el centro de San José; (2) no hay jerarquía de rutas, o sea, no hay corredores principales de transporte masivo ni servicios alimentadores de éstos; (3) no hay especificaciones básicas para la flota, lo que no facilita ofrecer estándares uniformes de calidad en el servicio, y (4) existe competencia entre diferentes operadores del servicio en corredores o tramos comunes.

Durante el año 2002 se han emprendido algunas acciones estratégicas planificadas en esta materia dentro del marco del Proyecto Aire Limpio San José Mopt-GTZ: (1) asesorar y apoyar el proyecto de sectorización del transporte colectivo con carriles exclusivos para los corredores principales; (2) impulsar una nueva ley marco del transporte público sustitutiva de la actual; (3) consolidar el Sistema de Evaluación de la Calidad del Servicio del Transporte Público Colectivo y la aplicación de especificaciones técnicas para los autobuses que prestan este servicio, y (4) apoyar el fortalecimiento del Consejo de Transporte Público del Mopt como ente encargado de la planificación y control del transporte público.

### Referencias bibliográficas

- Riteve S y C. *Anuario 2003*. Costa Rica.
- Alfaro, María del Rosario. 1999. *Informe Técnico sobre Calidad del Aire en Costa Rica*. Convenio UNA-SwissContact. Costa Rica.
- Herrera, J. y S. Rodríguez. 2002. *Informe Monitoreo de la Calidad del Aire Agosto-Diciembre 2002*. Universidad Nacional. Costa Rica.