

Situación de los neurotóxicos ambientales en Quito

PODEMOS PREVENIRLA?

Dr. Fernando Bossano R.
Dra. Lucía Calderón

RESUMEN

La contaminación del aire tiene un considerable impacto en la salud humana. En Quito, aproximadamente el 80% de ella proviene de las emisiones de los vehículos. Se ha estudiado la evolución de dos contaminantes del aire que son neurotóxicos: plomo y monóxido de carbono.

En 1991 el nivel de plomo en sangre de los niños era tres veces mayor de lo normal lo que provocaba una disminución de la velocidad de respuesta cerebral.

Dos estudios fueron efectuados 7 y 10 años más tarde, en el periodo que se eliminó el uso de tetraetilo de plomo en la gasolina. Los dos demuestran una mejoría en los niveles sanguíneos. En el año 2000, una muestra de 300 niños fue estudiada para determinar la contaminación por CO. El 92% de los niños del centro de la ciudad presentaron niveles tóxicos de COHB. Los últimos reportes del monitoreo del aire, efectuados en los años 2004 y 2005 reportan niveles menores a la norma en cuanto al CO, principalmente debido a que actualmente los vehículos están equipados con convertidores catalíticos.

INTRODUCCIÓN

Se conocen como neurotóxicos a las sustancias capaces de alterar la actividad e incluso lesionar al sistema nervioso central y al periférico, es decir con posibilidades de producir tanto trastornos funcionales como estructurales. Dentro de los primeros tenemos las alteraciones de memoria, de concentración, de conducta y algunos tipos de convulsiones. Pero además muchos de estos compuestos pueden ocasionar daños severos con destrucción de neuronas o nervios periféricos causando enfermedades como demencia, Parkinson, ataxia y neuropatías periféricas.

El cerebro tiene un importante contenido lipídico, con lo cual muchos compuestos tóxicos que son lipofílicos, es decir que se combinan fácilmente con moléculas de grasa, pueden atravesar la barrera hématoencefálica y depositarse en el tejido nervioso.

Los niños constituyen el grupo de población expuesto al mayor riesgo ya que su cerebro inmadu-

ro y en formación es susceptible a ser dañado por estos compuestos.

Algunas sustancias producen efectos negativos durante el desarrollo fetal cuando las madres han sufrido exposición o contacto siempre que tengan la capacidad de atravesar la barrera placentaria.

Dos de los contaminantes más peligrosos son el plomo y el monóxido de carbono por sus efectos en el sistema nervioso.

Adicionalmente los dos están presentes en el aire por lo que la posibilidad de exposición es mayor, con lo que afectan a una gran parte de la población y esto puede ser aún más grave porque provocan alteraciones con concentraciones bastante bajas.

PLOMO

El plomo produce diversas enfermedades de acuerdo a la concentración que alcanza en el organismo humano. Ingresa a través de dos vías principales: respiratoria y digestiva (ver Cuadro 1).

Las partículas suspendidas en el aire penetran fácilmente a los pulmones y logran pasar a la circulación.

a: Neurólogo del Hospital Vozandes Quito
b: Neurofisióloga CM Axis

Abstract

Los alimentos contaminados o las manos sucias pueden contener plomo que al ser ingerido se sitúa en el intestino de donde es absorbido en proporción diferente en niños y adultos, 10 % en estos últimos y más del 50 % en los infantes. Una de las peores formas de contaminación es lo que se conoce como la pica, que es la ansiedad u obsesión de los niños por masticar partículas de origen no alimenticio como tierra, lápices y capas de pintura.

Estas últimas pueden contener entre 500 y 1 000 ug de plomo.¹ Una vez que ha ingresado en el organismo se distribuye en tres compartimentos: sangre, huesos y cerebro. En la sangre se localiza en forma temporal, es el primer sitio al que llega y desde ahí alcanza el resto de órganos y tejidos a través de la circulación. Su principal ubicación es el cerebro y los huesos donde se deposita en forma persistente y no puede ser eliminado con facilidad.

En la sangre puede originar anemia por déficit en la producción de hemoglobina. En los huesos el plomo altera el metabolismo del calcio, con el consiguiente trastorno en el crecimiento de los niños. Este fenómeno se acompaña además de un trastorno de la glándula tiroides, que aumenta el problema del déficit en el desarrollo corporal.¹ Varios estudios relacionan el plomo con alteraciones cromosómicas que finalmente pueden causar trastornos genéticos.²

El plomo depositado en el cerebro origina inicialmente un retardo en el desarrollo psicomotor, es decir hay demora para alcanzar las etapas motoras y de lenguaje esperadas para la edad y que son un aviso de lo que vendrá después. Posteriormente existe una disminución en el nivel de inteligencia que provoca además trastornos de aprendizaje.

También se han descrito alteraciones en el equilibrio y en la audición, lo que demuestra que el daño cerebral es generalizado. Estos efectos se manifiestan incluso más tarde, en la adolescencia, cuando se presentan como dificultad para completar los estudios y como trastornos de conducta.³

Dos estudios efectuados en el Ecuador demuestran los efectos negativos en el funcionamiento cerebral.⁴ Fueron investigados 64 niños mediante una prueba de laboratorio conocida como potenciales evocados relacionados con acontecimientos.

Air pollution has a considerable impact on human health. Approximately 80% of pollution in Quito is caused by vehicle emissions. The two neurotoxic air contaminants have been studied are lead and carbon monoxide (CO).

In 1991 the blood lead levels in a group of children in Quito was three times higher than normal. Two studies were conducted seven and ten years later, after the elimination of leaded gasoline.

Both studies showed an improvement in lead levels. In 2000, a sample of 300 children was studied to investigate CO contamination. In the center of Quito, 92% had toxic levels of COHB. The latest reports of air monitoring, done in 2004 and 2005 report CO levels below the maximally accepted level, mostly due to the current use of catalytic converters.

Este examen neurofisiológico mide el tiempo de respuesta necesario para el reconocimiento de dos estímulos diferentes. Se utilizaron dos sonidos el uno más frecuente con una intensidad de 1000Hz y el otro de 2000Hz. Se obtuvo el promedio de las respuestas generadas en el cerebro, captándolas con electrodos localizados en el cráneo. Normalmente el sonido raro o menos frecuente provoca una respuesta de reconocimiento a los 300 milisegundos, por lo que se le conoce como onda P300. En el caso de estos escolares, que estudiaban en la zona central más contaminada de la ciudad, la respuesta fue más lenta y se estableció una correlación positiva de 0.35, que significa que a mayor cantidad de plomo en sangre, mayor es el tiempo requerido para obtener la respuesta cerebral. El plomo disminuye la velocidad de reconocimiento de estímulos. Al mismo grupo de niños se aplicó el test de Matrices Progresivas de Raven, que ya ha sido utilizado en el país en otros estudios. El promedio de inteligencia fue de 17, que corresponde a un rango nor-

Cuadro 1
Enfermedades producidas por plomo

Cantidad de plomo en Sangre ug /dl	Síntomas
100 a 150:	Muerte
50 a 100:	Encefalopatía, que se manifiesta con irritabilidad, pérdida de la conciencia (coma) y convulsiones
	Nefropatía: alteración del funcionamiento de los riñones
	Anemia grave: hemoglobina menor de 8 mg/dl (límite inferior en niños es 12)
	Neuropatía: pérdida de fuerza en las manos por daño del nervio radial
	Dolores abdominales intensos
40:	Anemia moderada por disminución de la síntesis de hemoglobina
30:	Trastorno de la formación y crecimiento de los huesos por alteración del metabolismo de la vitamina D
20:	Conducción lenta de los impulsos a través de los nervios
15:	Aumento de la presión arterial que puede producir infartos en el corazón y en el cerebro
10:	Alteración del desarrollo de los niños: retardo en el desarrollo psicomotor, disminución de la inteligencia
5:	Contaminación al feto. El plomo pasa a través de la placenta de la madre al hijo. Puede presentarse parto prematuro y bajo peso al nacer.

Fuente: Needelman H, Bellinger G

mal. Se dividió la muestra en dos grupos: 21 niños con niveles de plomo menores de 25 ug/dl y otro de 25 escolares con más de 30 ug/dl. No se encontró diferencia significativa en el promedio de inteligencia de ambos grupos ni tampoco en el percentil 50 de los porcentajes acumulados. Sin embargo, hubo tres veces más niños con deficiencia, esto es con un puntaje menor de 12 en la prueba de Raven, en el grupo con niveles mayores de 30 ug/dl: 28% de los escolares frente a 9.5% en el grupo con niveles menores de plomo. Esta alteración en el nivel de inteligencia ya ha sido demostrada en varios estudios.³

Como neurotóxico también puede provocar trastornos de conducta. Se ha demostrado que ratones alimentados con plomo tienen tendencia a ingerir bebidas alcohólicas, probablemente esto se deba a que niveles elevados de plomo en el organismo provocan angustia, la cual puede ser parcialmente controlada por las propiedades sedantes del alcohol. De-

be indicarse que los ratones sanos jamás ingieren alcohol, incluso en estados de deshidratación excesiva.⁵

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

1. La gasolina con tetraetilo de plomo es el origen del 80 % del plomo ambiental y es la fuente del 50 % del plomo en la sangre, en aquellos países que continúan utilizando este tipo de combustible o que lo han eliminado recientemente ya que el plomo forma parte del polvo y por tanto puede permanecer por varios años contaminando el ambiente. El plomo ambiental procedente de los automotores contamina los alimentos que se expenden en las calles, los objetos de uso doméstico como vajillas, juguetes y las manos de las personas con lo que se facilita su ingreso por vía digestiva.
2. Muchas pinturas contienen plomo en su composición ya que aumenta el brillo, la duración y la fijeza de los colores. En los años cincuenta el plomo era

el elemento básico de todas las pinturas llegando incluso a una concentración del 50 %, pero a partir de 1971 fue eliminado de las pinturas por sus efectos en la salud. Sin embargo el riesgo persiste por la existencia de varias capas de pintura con plomo en las casas viejas, en juguetes, en las cunas y en los escritorios de los niños. Un niño puede envenenarse comiendo 1 mg de polvo de pintura que equivale a 3 gramos de azúcar. Algunos niños se han intoxicado por permanecer en sus casas mientras se estaba pintando. En efecto, al lijar las paredes se desprende polvo con grandes cantidades de plomo que por su tamaño son fácilmente absorbidas.

3. El agua puede convertirse en una fuente adicional a través de la soldadura o de tubos de plomo. Este metal se disuelve más fácilmente en cuatro situaciones: cuando el agua es blanda, muy ácida, se ha añadido doro o cuando está caliente. Por supuesto que ciertas condiciones como el contacto prolongado aumentan la posibilidad de la dilución, por eso el primer chorro que sale al abrir la llave contienen la mayor cantidad de plomo. La agencia de protección del ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica recomienda un máximo de 15 ppm de plomo en el agua de uso doméstico.
4. Las vajillas de cerámica pueden contener plomo por dos causas: por el material utilizado, arcilla y por el colorante para el vidriado. Algunas arcillas poseen un alto contenido de plomo lo que las hace no aptas para este uso. Sin embargo la causa más importante es la técnica tradicional de vidriado que se efectúa usando el plomo proveniente de las baterías de los automóviles. Este tipo de plomo es muy inestable y puede diluirse en los alimentos especialmente si son ácidos o están calientes.

SITUACIÓN EN QUITO

Existen algunas investigaciones en el Ecuador sobre la contaminación por plomo, sin embargo han sido suficientes para demostrar la gravedad del problema. Se han hecho por ejemplo estudios sobre la presencia del plomo en el aire, en cultivos, en el ser humano y en algunos alimentos como el chocolate, este último por la Tribuna del Consumidor.

La Universidad San Francisco ha realizado un estudio en una comunidad con mayor exposición en La Victoria, provincia de Cotopaxi, debido a la presencia de hornos de cerámica que utilizan plomo.

Plomo en el Aire

La contaminación del aire es muy importante ya que se ha establecido por parte de la Organización Mundial de la Salud que la respiración es la principal vía de ingreso del plomo.

Muestras del aire de Quito examinadas antes de 1990 determinaron que el promedio de las inmisiones en las calles era de 0.29 ug/m³. En 1991 un estudio realizado por la Facultad de Geología Minas y Petróleos de la Universidad Central y el IEOS encontró que el promedio se había incrementado a 0.59 ug/m³, es decir prácticamente se había duplicado. En algunas calles del centro de la ciudad el nivel era mayor al encontrado en los túneles de circulación para vehículos. En la ciudad de Guayaquil se realizaron estudios en esa misma época con resultados que determinaban un nivel de 0.49 ug/m³.

Con esos niveles de plomo en el aire, una persona que estuviera en la calle durante 8 a 10 horas puede aumentar su nivel en sangre entre 10 y 20 ug/dl lo que es muy grave si consideramos que el nivel máximo permitido en niños es de 10 y en adultos 25 ug/dl.

Plomo en el ser humano

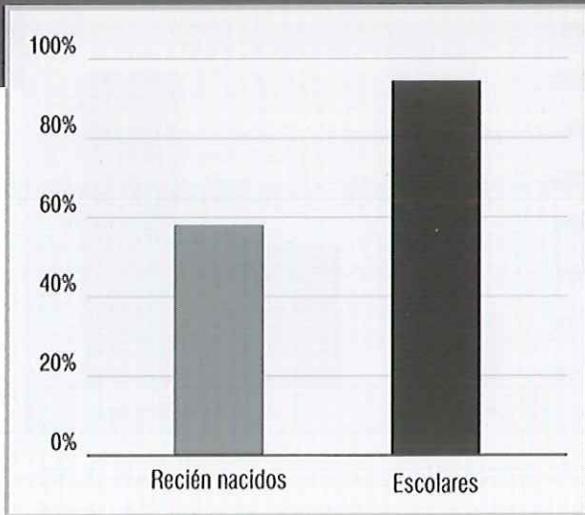
Existen varios métodos para determinar la presencia de plomo en el ser humano. Una de ellas es medir el ácido delta amino levulínico (ALA) en la orina. El plomo bloquea la utilización de esta sustancia en la formación de hemoglobina por lo que es excretado en la orina. Un estudio de ese tipo se realizó en 1989 y determinó niveles elevados en una muestra poblacional.

Pero la forma más directa de medir la exposición aguda es determinar el nivel existente en sangre, para los cuales utiliza la técnica de la espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito.

En el estudio realizado en Quito en 1991 se tomó una muestra de 250 personas de distintos grupos de edad como puede verse en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Niveles de plomo en Quito, 1991



Se escogieron los grupos de mayor riesgo como recién nacidos, embarazadas, escolares y vendedores ambulantes.

Las embarazadas tuvieron un promedio de 18 ug/dl, lo que está dentro de los rangos normales para esa edad pero transmitieron el 70% de ese valor a sus hijos a través de la placenta. Por este motivo los recién nacidos tuvieron 14 ug/dl lo que significa un exceso de 40% en relación al nivel normal que es 10 ug/dl. Los escolares investigados estudiaban en el centro de la ciudad lo que significa que pasaban un 40% de su tiempo en ese sector contaminado y alcanzaron niveles de 28 ug/dl, es decir casi triplicaban el nivel máximo permitido.⁶

De acuerdo a estos datos y considerando el número de infantes que tienen más de 10 ug/dl, en 1991 en la ciudad de Quito el 65% de los recién nacidos estaban en riesgo al igual que el 100% de los escolares (Gráfico 1).

En 1997 se realizó una nueva investigación para determinar el impacto de la eliminación del plomo de las gasolinas. Se tomó una muestra de 223 personas de distintas edades en tres ciudades: Quito, Guayaquil y Cuenca, esta última todavía utilizaba gasolina con plomo pero en porcentajes menores que en 1991.⁶

Los valores promedio obtenidos pueden verse en el Gráfico 2. Los niveles más altos en los 3 grupos de edad se encontraron en Cuenca. Todos tie-

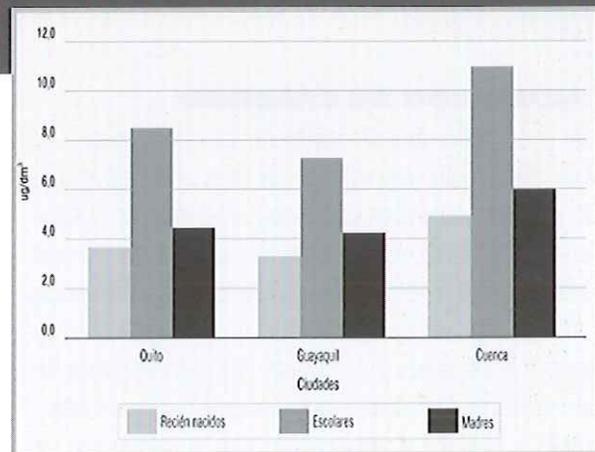
Gráfico 1

Riesgo por plomo Quito, 1991

Grupo	Nº individuos	Nivel en sangre
Embarazadas	64	18,4
Recién nacidos	83	14,4
Escolares	27	28,8
Vendedores Ambulantes	76	28,2

Gráfico 2

Niveles de plomo en la sangre 1997



nen un promedio menor al máximo permitido, que es 10 ug/dl, excepto los escolares de Cuenca que tienen 10.9 ug/dl.

Los valores en embarazadas y recién nacidos en Quito y Guayaquil se aproximan a los encontrados en los países que usan gasolina sin plomo.

Los niveles de los escolares en 1997 son más altos que los de los otros grupos y bordean los 8 ug/dl por lo que hay un porcentaje de la población escolar que tiene niveles sobre el máximo permitido.

De acuerdo a los datos se establecieron los niveles de riesgo que pueden observarse en el Gráfico 3: El 7 % de los recién nacidos en Cuenca, y el 19%, 31% y 67% de escolares en Guayaquil, Quito y Cuenca respectivamente, que representan una población infantil de 235.000 niños en las tres ciudades.

Hay que recordar que el riesgo es un deterioro de la inteligencia, disminución de la velocidad de res-

puesta cerebral y trastornos de conducta que se mantienen hasta la adolescencia.³

En el Gráfico 4 puede observarse el mejoramiento que se produjo en Quito en un período de seis años con el descenso progresivo de la utilización de tetraetilo de plomo en las gasolinas.

En el año 2002 Di Capua y Jácome⁷ examinaron el nivel de sangre en niños de 7 años que vivían en el centro de Quito. La muestra abarcó una población de 46 escolares y se obtuvo un resultado de 15.6 ug/dl lo que confirmó que el riesgo era mayor para los habitantes de las zonas centrales de las ciudades. Adicionalmente es evidente que el problema de la exposición se mantiene por varios años luego de eliminada la fuente de contaminación.

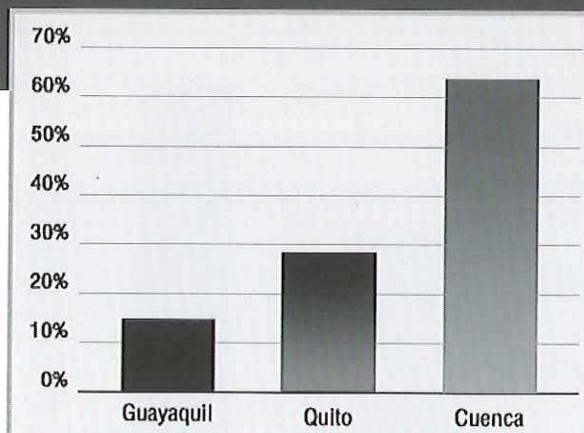
No se han realizado nuevas investigaciones en los últimos 3 años.

MONÓXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono tiene su vía de ingreso a través del aparato respiratorio. Es rápidamente absorbido por los pulmones y atraviesa el endotelio vascular para localizarse en la circulación sanguínea. Se une a la hemoglobina en forma estable lo que le diferencia de los otros gases que participan en la respiración como son el oxígeno y el dióxido de carbono que se unen en una forma inestable lo que facilita el intercambio y permite a la hemoglobina el transporte de oxígeno y la eliminación del exceso de CO₂. El monóxido tiene una afinidad por la hemoglobina que es 240 veces superior a la del oxígeno lo que le permite bloquear la unión del oxígeno y por tanto interfiere con la respiración. El compuesto formado se conoce como carboxihemoglobina (COHB) y es considerado como normal si no sobrepasa el 2.5% del contenido total de hemoglobina, aunque las concentraciones normales o comunes bordean los 0.5 %. El nivel en sangre depende de la concentración en el aire respirado, del tamaño de la masa corporal del individuo, del estado de los pulmones y de la actividad física, ya que un aumento de esta incrementa el volumen de aire respirado y el recambio de gases.

Una persona que fuma un paquete de cigarrillos al día tendrá una concentración de COHB entre 4% y 7 %. La actividad física aumenta este nivel, lo que es especialmente importante en los niños que desarrollan un constante esfuerzo físico.⁵

Gráfico 3
Escolares en riesgo 1997



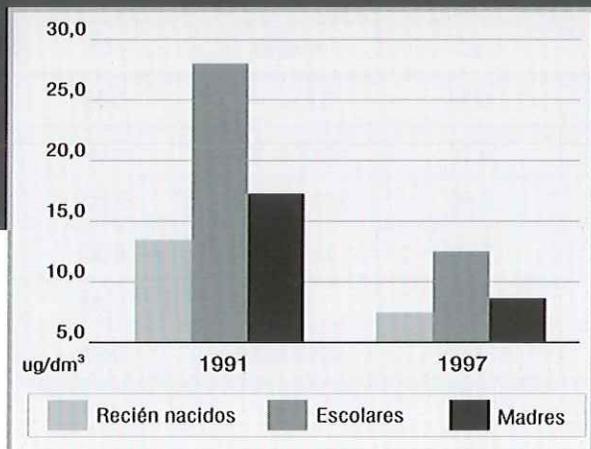
Al disminuir la oxigenación sufren todos los tejidos y órganos especialmente aquellos que requieren mayor concentración como son el cerebro, el corazón y en las embarazadas el feto.

El monóxido de carbono actúa como un neurotóxico que incluso puede provocar la muerte. Con niveles sobre 40% ocasiona coma, pérdida de la conciencia y efectos cardiocirculatorios. En una concentración de 30 % se puede observar cefalea y vértigo y desde niveles bajos como de 5% hay una alteración en la capacidad de respuesta cerebral con fallas repetidas de precisión y concentración. Los niños que estudian en lugares de mayor contaminación tendrán dificultades de aprendizaje y se agravarán síntomas como la hiperactividad, el déficit de atención, la dislexia y discalculia entre otros. La memoria también se ve afectada y en las pruebas psicométricas se observa la omisión de detalles que dependen de la memoria. Un resumen de las principales alteraciones neuropsicológicas puede verse en el Cuadro 2.

Afecta también al desarrollo fetal, incluso sin necesidad de atravesar la barrera transplacentaria, debido a la disminución de aporte de oxígeno. El impacto más visible es la disminución del peso al nacimiento. Se discute si existe además una disminución del perímetro cefálico y por tanto un decremento del peso cerebral con los consiguientes efectos en inteligencia y maduración neurológica de los siguientes años. Algunos estudios han demostrado una alteración en el desarrollo psicomotor en hijos de madres expuestas a CO por el consumo de cigarrillos durante el embarazo.

Gráfico 4

Niveles de plomo en la sangre en Quito
Promedio en 1991 y 1997



Otros efectos son en el corazón, con incremento del riesgo de infartos y una disminución de las defensas como consecuencia de alteraciones inmunológicas.

FUENTES DE EXPOSICIÓN

La principal fuente de exposición son los vehículos, en especial los que tienen motores que funcionan con gasolina.

Se considera que en una ciudad como Quito el 90% del CO proviene de los vehículos y el 10% restante de otras fuentes como industrias, comercio y hogares. En climas fríos aumentan las emisiones de CO en los tubos de escape de los automóviles. La mayor concentración se produce en sitios de estacionamiento y en los vehículos durante los viajes.⁸

SITUACIÓN EN EL ECUADOR

Para determinar el grado de intoxicación de los habitantes de Quito se realizó un estudio en escolares en el año 2000.⁹

Los sectores que se definieron fueron:

- A. Sector urbano de mayor circulación vehicular: Centro histórico de Quito,
- B. Sector urbano de menor circulación vehicular: Barrio periférico de Quito, y,
- C. Sector rural de menor circulación vehicular: Parroquia de Nayón.

Se excluyeron del estudio niños que presentaron patología crónica o malformaciones de tipo congénito, niños en cuyos hogares se utilizaban cocinas de

Cuadro 2

Efectos de la salud humana asociados a la exposición a bajas concentraciones de monóxido de carbono

Concentración de Carboxihemoglobina (%)	Efectos
2.3 - 4.3	Decremento (3-7%) en relación con el tiempo de trabajo y el agotamiento en jóvenes sanos.
2.9 - 4.5	Decremento en la capacidad de ejercicio (ej. Duración menor de ejercicio antes de sentir dolor) en pacientes con angina de pecho e incremento en la duración de ataques de angina.
5 - 5.5	Decremento en consumo máximo de oxígeno y tiempo de ejercicio en jóvenes sanos durante ejercicio extenuante.
< 5	Déficit de atención después de exposición a monóxido de carbono.
5 - 7.6	Disminución en tareas atentas en sujetos sanos en el laboratorio de experimentación.
5 - 17	Disminución de percepción visual, destreza manual, habilidad de aprender, o en el desarrollo de tareas sensoras complejas. (ej Manejar).
7 - 20	Decremento en máximo consumo de oxígeno durante ejercicio agotador en jóvenes sanos.

Fuente: WHO, 1987 d

Tabla 2

LÍNEA DE BASE: Característica de los grupos A, B y C

	Grupo A	Grupo B		Grupo C	
	n=311	n=302	p*	n=293	p**
EDAD (años) media \pm ds	8.3 \pm 1.0	8.9 \pm 0.8	0.10	8.4 \pm 1.7	0.90
PESO (Kg) media \pm ds	27.0 \pm 5.9	27.5 \pm 5.2	0.10	23.9 \pm 5.5	0.00
TALLA (cm) media \pm ds	128.5 \pm 8.6	128.5 \pm 7.6	0.90	120.4 \pm 9.5	0.00
HACINAMIENTO media \pm ds	0.9 \pm 0.4	1.2 \pm 7.0	0.00	1.9 \pm 1.1	0.00
TABAQUISMO intradomiciliario	17.6%	30.5%	0.00	26.4%	0.40
HEMATOCRITO media \pm ds	43.7 \pm 2.4	44.0 \pm 2.4	0.10	42.6 \pm 2.0	0.08

* Comparación A y B

** Comparación A-C Y B-C

diesel o de leña, que existía un alto índice de personas fumadoras o cuyos padres o ellos mismos no aceptaron su participación en el proyecto.

El índice de hacinamiento se calculó dividiendo el número de personas que habitaban en la casa para el número total de cuartos.

En una muestra de 100 niños de cada escuela, se determinaron el hematocrito y los niveles de carboxihemoglobina en sangre. Los datos de las características básicas de los tres grupos se presentan en la Tabla 2.

No hubo diferencias significativas entre los niños de los grupos A y B con respecto a edad, peso, talla, hematocrito y hacinamiento, pero sí en cuanto a tabaquismo ya que en el grupo B hubo más hogares con personas que fuman.

Las características del grupo C, en comparación con los grupos A y B, no muestran diferencia en cuanto a edad, hematocrito y tabaquismo intradomiciliario; pero sí en peso, talla y hacinamiento.

Los niveles del biomarcador carboxihemoglobina (COHB) pueden observarse en la Tabla 3. Existe diferencia significativa entre los 3 grupos con un nivel de concentración mayor en el grupo del Centro Histórico y el más bajo en Nayón.

El 92% de niños del grupo A presentan valores de carboxihemoglobina superiores a lo normal (concentración >2.5 %) al igual que el 43% de los niños de la zona B.

En la Escuela de la zona rural o C sólo un niño presenta datos de contaminación por monóxido de carbono. No se presentaron casos con niveles neurotóxicos en la escuela rural y sólo 5 (6%) en la de la zona urbano periférica. En cambio en el grupo central, 70 niños (66%) tuvieron concentraciones de COHB mayores de 5.

Estos datos indican que en las ciudades entre 4 y 9 de cada 10 niños pueden tener déficit de atención debido a la concentración excesiva de monóxido de carbono, lo que conduce a trastornos crónicos de aprendizaje que inciden en el desarrollo del país (Gráfico 5).

En la década anterior se había medido el nivel de CO con un solo equipo y los resultados indicaban que la norma era superada, es decir que se encontraban niveles elevados.¹⁰ Desde el año 2004 la medición se la efectúa en 10 puntos de la ciudad con equipos automatizados que dan reportes con-

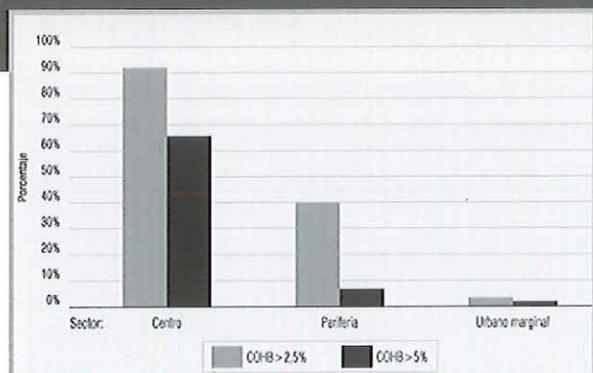
Tabla 3

Promedio y niveles de riesgo de carboxihemoglobina (COHB)

	Número total de muestras	COHB media \pm ds
Centro	106	5.09 \pm 1.7*
Periferia	90	2.52 \pm 1.2*
Urbano marginal	99	0.70 \pm 0.4*

Gráfico 5

Niños con niveles tóxicos de COHB



tinuos. Esto ha permitido demostrar el descenso del CO a partir de la utilización de convertidores catalíticos en los vehículos. Los reportes en los dos últimos años demuestran la existencia de niveles adecuados en el ambiente lo que hace pensar que no existirán niveles tóxicos de carboxihemoglobina en la población de la ciudad de Quito.¹¹

Bibliografía

1. NEEDLEMAN, H. BELLINGER, D. The Health Effects of low level exposure to lead. *Annu Rev PublHealth* 12. 1991 111-140
2. CANTOS, G. LOPEZ, R. Plomo, Genotoxicidad y Salud Humana. Facultad de Ciencias Médicas. Centro de Biomedicina. U.C.E. Ecuador. 1998
3. NEEDLEMAN, H. SHELL, A. BELLINGER, D. LEVINTON, A. ALFRED, E. The long Term Effects of exposure to low doses of lead in childhood. *N Engl J Med* 322(2) 1990 83-88
4. OVIEDO, J. BOSSANO, F. CALDERON, L. CARRION, J. CASTELNUOVO, C. CASTELNUOVO, A. Efectos de la contaminación por plomo en Quito. *Revista médica Vozandes* 9 Quito, 1995 5-11
5. ROMIEU, I. Estudios epidemiológicos sobre los efectos en la salud por la contaminación atmosférica de origen vehicular. En: *Contaminación atmosférica por vehículos automotores: impacto en la salud pública y medidas de control*. WHO.PEP92 (4). 1992. 13-62
6. OVIEDO, J. BOSSANO, F. ESTRELLA, R. GARCES, T. GAYBOR, M. CALDERON, M. Monitoreo de la Contaminación Ambiental por plomo en el Ecuador. *Revista médica Vozandes* 13. Quito 2000 7-13
7. DI CAPUA C. JÁCOME F. Determinación de niveles de plomo en sangre en niños de 7 años de escuelas del Centro Histórico de Quito. Tesis de Grado. Facultad de Medicina. Pontificia Universidad Católica. Quito 2002
8. FLACHSBART, P. Human exposure to motor vehicle air pollutants. En *Motor vehicle Air Pollution WHO y Ecotox*. 1992 85-114
9. ESTRELLA, R. ESTRELLA, B. OVIEDO, J. BOSSANO, F. NARVAEZ, X. REYES, M.T. GUTIERREZ, M. Relación entre rinitis, infecciones respiratorias altas y contaminación atmosférica de origen vehicular. *Revista Ecuatoriana de Pediatría* 1 (2) 2000. 5-10
10. METZGER P. BERMUDEZ N. El medio ambiente urbano en Quito Institut Francais de Recherche Scientifique pour le Developpement en Cooperatition. 1996
11. RED METROPOLITANA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE QUITO. Índice quiteño de la calidad del aire. 2005.