



Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). EISSN: 2215-3896.

Diciembre, 2000. Vol 20(3): 78-81.

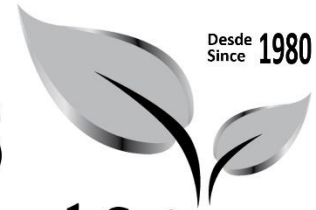
DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.20-1.10>

URL: www.revistas.una.ac.cr/ambientales

EMAIL: revista.ambientales@una.cr

Rosario Alfaro

Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



El monóxido de carbono satura la capital

Carbon monoxide saturates the capital

Rosario Alfaro



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

El monóxido de carbono satura la capital

Por Rosario Alfaro

El CO como contaminante

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro e insípido, con moléculas homogéneas, cuya densidad es ligeramente menor que la del aire y que se combina preferentemente con la hemoglobina de la sangre bloqueando el sistema de transporte de oxígeno del cuerpo. Es producto de la combustión incompleta de los combustibles carbónicos, que tiene lugar cuando no hay suficiente tiempo ni oxígeno para que se convierta completamente en dióxido de carbono. Otras fuentes de monóxido de carbono son industriales: la carbonización del combustible y la incineración de desechos; también son fuentes la oxidación del metano en la atmósfera, las emisiones de los océanos, las erupciones volcánicas, los incendios forestales y las reacciones de terpenos. En la naturaleza, las plantas producen cantidades mínimas por la descomposición de las moléculas de clorofila. El CO se reconoce como uno de los principales contaminantes de las grandes ciudades, siendo las emisiones vehiculares las responsables centrales: el 98, % del CO en la atmósfera proviene de ellas, y el 1,5% restante de otros procesos industriales. El tiempo de vida del monóxido de carbono en la atmósfera es de alrededor de cuatro meses y es removido de ella al reaccionar con radicales hidroxilo (Manahan. 1996. *Química Ambiental*. Lewis Publishers. USA).

Efectos del CO en la salud

El mayor impacto del monóxido de carbono en la salud consiste en que establece un fuerte enlace con el átomo de hierro del grupo hemo de la hemoglobina y forma carboxihemoglobina, sustancia que disminuye la capacidad de la sangre de transportar oxígeno y altera la disociación de la oxihemoglobina provocando hipoxia a nivel de los tejidos del organismo. El CO es

absorbido por los pulmones y su concentración en la sangre está asociada al tiempo de exposición y a la concentración de éste en el ambiente. Los niveles en ambientes cerrados tienden a ser más peligrosos que en los espacios abiertos (OMS. 1993. *Criterios de Salud Ambiental*. N° 13. *Monóxido de carbono*. Publicación Científica N° 455).

Se ha establecido que la afinidad de la hemoglobina con el monóxido de carbono es aproximadamente 240 veces mayor que la atracción al oxígeno. En ambientes contaminados por CO se puede producir una intoxicación sobreaguda cuando los niveles de carboxihemoglobina en la sangre son superiores al 40%, y la muerte se produce con niveles entre 60 y 80%. Cuando éstos son superiores al 20% durante exposiciones prolongadas, como en los casos de los chóferes de taxis y autobuses y en el de los vendedores ambulantes, se produce una intoxicación crónica (Argueta, W. 1998. *Riesgo de intoxicación crónica por contaminación ambiental de monóxido de carbono*. Informe de Tesis. Universidad de San Carlos. Guatemala). Al exponerse individuos a ciertos niveles de contaminación se tiene como resultante dos tipos de efectos: los intermedios, dados cuando la exposición alcanza semanas o meses a determinados niveles de concentración, y los inmediatos, que ocurren dentro de las 24-48 h de incremento de la contaminación. Estos últimos se dan, generalmente, en espacios abiertos, en especial con individuos que permanecen en la calle o sitios donde los niveles de monóxido son altos y constantes.

De acuerdo con la documentación científica, un incremento importante en los niveles de este gas ocasiona cefalea, cansancio, debilidad y náusea, y si las concentraciones son constantes se puede llegar a dificultades respiratorias, inhabilidad muscular, el colapso y la muerte. No existen pruebas de carcinogenicidad y mutagenicidad con el CO. Según la Organización Mundial de la Salud, el nivel máximo permitido de monóxido de carbono en el aire es de 9 ppm pa-

La autora, bióloga, es coordinadora del Programa de Estudios de Calidad del Aire, de la Universidad Nacional.

ra una exposición de ocho horas y un nivel promedio de saturación de carboxihemoglobina de 2% (WHO, 1999. *Guidelines of Air Quality and Human Health*. Geneva).

Avances de un estudio en San José

Desde 1993, el Programa de Estudios de la Calidad del Aire, de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, en asociación con Swisscontact de Suiza, ha venido monitoreando los niveles de CO en varios puntos del país. A partir de esa fecha se logró detectar que las concentraciones de este contaminante presentan un orden creciente en la ciudad de San José, sobrepasando en ciertos puntos la norma recomendada por la Organización Mundial para la Salud —especialmente por la pérdida de terreno del programa de control de emisiones vehiculares y el aumento del parque automotor que, con un crecimiento superior al 8% anual, ha llegado a más de 600.000 unidades.

Según la GTZ, en la región metropolitana de San José se concentra aproximadamente un 70% del parque vehicular nacional y las emisiones de éstos aportan un 75% de la contaminación del aire, otro 23% es contribución de la actividad industrial y energética y el restante 2% es generado por otras fuentes.

Con el fin de evaluar la contribución de las emisiones vehiculares sobre la calidad del aire en el sector de más alta congestión vehicular de la ciudad (producto de la concentración de las actividades comerciales y gubernamentales), procedimos a obtener una muestra representativa de ese aire, con una concentración correcta según los estándares mundiales. En función de ello empezamos por definir los puntos representativos de los diferentes niveles de contaminación (según proximidad de las fuentes emisoras y contacto con los receptores directos) (véase figura 1).

Las mediciones se hicieron a nivel de la calle, a 1,65 m de altura sobre la superficie de la acera, de manera uniforme durante todo el estudio. Para lograr un valor confiable se promediaron muchas mediciones separadas, debido a que la concentración y velocidad de éstas varían de un punto y momento a otro. La concentración del monóxido de carbono en cada punto se determinó con un medidor automático Dräger Park para CO durante cinco minutos y se realizaron 10 mediciones como mínimo en cada punto. Se obtuvieron 30 mediciones como mínimo en cada punto. Los valores promedio registrados fueron analizados en concordancia con la topografía, la señalización del sitio y el flujo vehicular, ya que existe una fuerte dependencia de los modos de transporte motoriza-

dos. También se tomó en cuenta las condiciones climáticas al realizar el muestreo. En períodos de precipitación no se tomó ninguna muestra, salvo la inicial para establecer los niveles que se estaban dando, que por lo general son tan bajos que no son registrados por el monitor.

Para la recogida y tratamiento de la información se procedió, primeramente, a hacer un análisis global de la red vial de San José relacionada con el flujo vehicular, se hizo una determinación espacial de las posibles zonas críticas y se ubicó en el mapa los puntos de muestreo. A partir de eso se pasó a determinar los niveles de contaminación por CO en los diferentes puntos, habiendo seleccionado tres períodos de medición: el primero, de 7 a 8.30 a.m., el segundo, de 11.30 a 13.30 p.m., y, el último, de 16.30 a 18.30 p.m. La información se incorporó a una base de datos digital compuesta por: código del punto de muestreo, su ubicación y los valores detectados durante los tres períodos. Para la conformación de esta base de datos se utilizó el programa Arcview; la base, posteriormente, se trasladó al programa Surfer, que genera el análisis de la información de manera gráfica; y una vez logrado el mapa de isóneas se trasladaron al programa Arcinfo, creándose una tipología. Estos mapas, finalmente, se pasaron otra vez al programa Arcview para caracterizar las diferentes áreas según su concentración. Las figuras 2 y 3 nos dan un ejemplo de lo registrado en la ciudad capital.

Niveles de CO en el centro de San José

Los vientos juegan un papel clave tanto en la concentración del contaminante como en su distribución espacial. En el sector estudiado, los mismos tienen un patrón noreste-suroeste, generando un desplazamiento de las emisiones hacia el sur de la capital. Siempre se da en la ciudad una corriente de brisas generada por las cuencas de los ríos Torres y María Aguilar y el parche de bosque de La Sabana; de manera general, se desarrollan brisas de espacios fríos (por ejemplo, las áreas ocupadas por parques o cuencas de los ríos) a espacios calientes (generados por la actividad urbana y las áreas residenciales).

Los niveles de CO (como se ve en las figuras 2 y 3) varían según el punto y el período de muestreo. Las concentraciones de CO en el período que va de 7 a 8.30 a.m. (véase figura 2) van desde niveles muy bajos (2,9 ppm) hasta niveles más de cuatro veces superiores a la normativa para ocho horas (36,00-38,9 ppm). Nótese que la cobertura entre 6,0 y 14,9 es la de mayor predominancia en la figura, y se mantiene durante el período crítico de la mañana, pu-

diéndose apreciar el contraste del sector peatonal, ubicado entre la avenida central y la calle 2, que aparece casi limpio.

Las áreas críticas en concentración de monóxido de carbono están delimitadas al norte por el río Torres, al sur por la avenida 18, al oeste por La Sabana y por el este llegan hasta la parte central de San Pedro. Es importante indicar que el área crítica se orienta según el eje central de la ciudad: Paseo Colón-avenida 2. Por las rutas 202, 218, 5 y 166 del sector norte de la ciudad ingresa uno de los mayores volúmenes de vehículos: hasta un promedio diario de 108.000 unidades. El principal problema del ingreso por este sector se da en las vías 166 y 5, cuya carga vehicular se concentra en la avenida 7, que es más angosta (dos carriles) y bordeada por edificios altos que no permiten la circulación del aire, lo que provoca en ésta la concentración más crítica de CO en San José, siendo en el sector del distrito Carmen donde más agudamente ocurre.

El sector oeste presenta el mayor flujo vehicular, con un promedio de 150.000 unidades que ingresan por cuatro rutas (1, 104, 27, 167). La gran mayoría de ellas se orientan hacia el Paseo Colón, generando con ello, hasta San Pedro, una zona de máxima congestión y una mayor emisión de gases contaminantes. No se debe descartar el fenómeno de inversión térmica que juega un papel importante en la concentración de los contaminantes durante la mañana, en razón de que no permite el desplazamiento de éstos a mayores alturas ni su disipación.

El período de medio día se caracteriza por una disminución en los niveles de contaminación (nivel máximo de 14,9 ppm) debido al descenso del flujo vehicular durante el tiempo de almuerzo. El movimiento de gente es más local y, en mayor medida, peatonal.

Durante las horas pico de la tarde (16.30-18.30 p.m.) hay un incremento de la contaminación registrándose niveles de hasta 17,9 ppm y respondiendo los focos de contaminación a la misma conducta del transporte del período de la mañana. Sin embargo, en este período pico los niveles registrados son más bajos que los matutinos, debido a las diferentes horas de salida de los trabajos y colegios de los usuarios de las rutas indicadas. También las brisas intraurbanas, generadas por un descenso de temperaturas, permiten una mayor disipación de los contaminantes, al contrario de en horas tempranas, cuando las temperaturas tienden a incrementarse gradualmente y el aire se estabiliza.

Los valores promedio diarios que se detectaron en la ciudad son muy superiores a la normativa recomendada como segura para la salud humana (como puede verse en la figura 4).

¿Por qué áreas críticas?

Según el precedente análisis, se registran áreas críticas en que el monóxido de carbono se concentra en cantidades muy arriba de la normativa recomendada a nivel mundial. Estas áreas críticas se dan por el mal estado de los vehículos, el mal control del ecomarchamo, el alto flujo vehicular y la gran congestión de éste por falta de planificación urbana y diseño inadecuado de la red vial. Esta alta congestión deriva directamente de que casi todas las actividades comerciales, administrativas y gubernamentales del país se desarrollan en el centro de San José en un área de sólo 15 km², lo que es agravado por el hecho de que las zonas residenciales de mayor población del cantón central de San José (como Hatillo y San Sebastián) carecen de servicios esenciales, lo que obliga a sus pobladores a desplazarse a los distritos centrales. En la ciudad de San José se mueve diariamente más de un millón de personas.

El modo de desplazamiento en la ciudad incide directamente en la conformación de las zonas críticas. La concentración de cuadrantes, la división excesiva del espacio y una regulación inadecuada generan una inercia vehicular por lo menos cada cien metros, provocándose un aumento en las emisiones al aire. La capital se ve cargada diariamente por un 65% de transporte público y un 35% de transporte privado.

Según la GTZ (2000. *Proyecto Aire Limpio San José*. Convenio de Cooperación Interinstitucional. San José), los buses realizan aproximadamente 1,1 millón de viajes diarios con una velocidad promedio de 10 km/h. Se tiene registro de más de 100 líneas de bus que convergen en el centro de la ciudad, lo que provoca una problemática concentración de 110 bus/hora en ciertas rutas. Se estima que Desamparados, Hatillo, Alajuelita y Guadalupe son las zonas de mayor producción de viajes dentro del Área Metropolitana. Por ejemplo, en una hora pico más de 7.000 personas transitan de Desamparados al centro de San José. Dentro del Gran Área Metropolitana, Heredia produce el mayor flujo radial hacia el centro de San José: cerca de 10.000 personas en una hora pico.

Respecto de esto es importante indicar que la ubicación de las paradas de bus no es siempre la más acertada, generándose el desorden en las vías de tránsito y el congestionamiento del centro. Es decir, hay una discontinuidad en todas las entradas de las vías radiales al sector central, lo que da origen a varios puntos de conflicto llamados *cuellos de botella*: dos ejemplos claros son la Plaza González Víquez y el

INFORME ESPECIAL

Paseo Colón a la altura de la estatua León Cortés, puntos éstos donde convergen varias rutas nacionales que difunden su intenso tráfico en una sola vía, más angosta, provocando congestión y valores muy altos de concentración de CO. La topografía, ciertas regulaciones de tránsito y los malos hábitos de manejo coadyuvan frecuentemente al congestionamiento.

Conclusiones y sugerencias

Los niveles de monóxido de carbono han llegado a alcanzar en el área de estudio valores que superan de manera crítica las recomendaciones de la OMS. No siendo el CO el único contaminante presente en tal área, puede preverse reacciones sinérgicas que agraven el impacto sobre la salud humana. Esto obliga a medidas prontas para su control, y la reducción de las emisiones de los vehículos de motor constituye la más eficaz, pudiendo ella reducir la presencia de HC y CO en más del 95% y las emisiones de NOx en un 80%. Es necesario un plan de reubicación de paradas de autobuses y taxis acorde con la capacidad de carga de la ciudad, asimismo urge regular semáforos y otras señales de tránsito para un mayor flujo vehicular.

Como un gran porcentaje de vehículos hace emisiones en demasía, los ministerios del Ambiente y de Obras Públicas y Transportes deben reforzar su papel fiscalizador, paralelo a lo cual debiera promoverse la concientización respecto de la importancia de la reducción de la contaminación del aire.

La excesiva centralización de funciones económicas y político-administrativas que se da en el centro de San José debiera ser enfrentada por las instancias competentes potenciando un proceso planificado de descentralización de manera que los flujos se distribuyan a nuevos sectores de la ciudad.

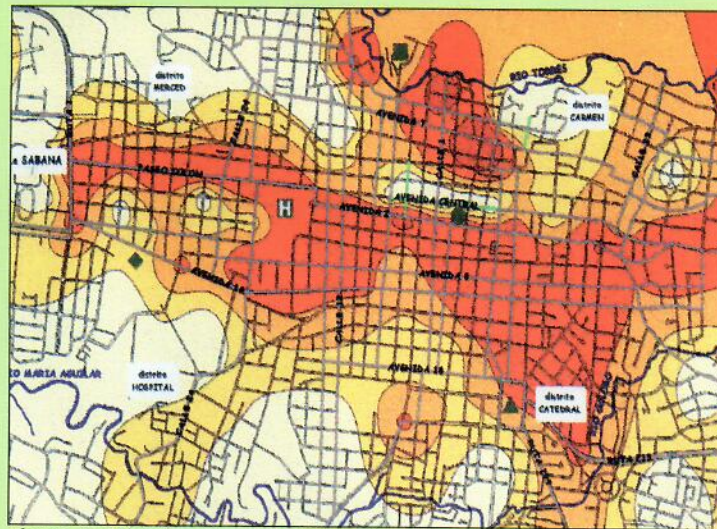


Figura 2. Distribución del CO contenido en la atmósfera, San José Centro 2000 (mediciones de 7 a 8.30 am.).

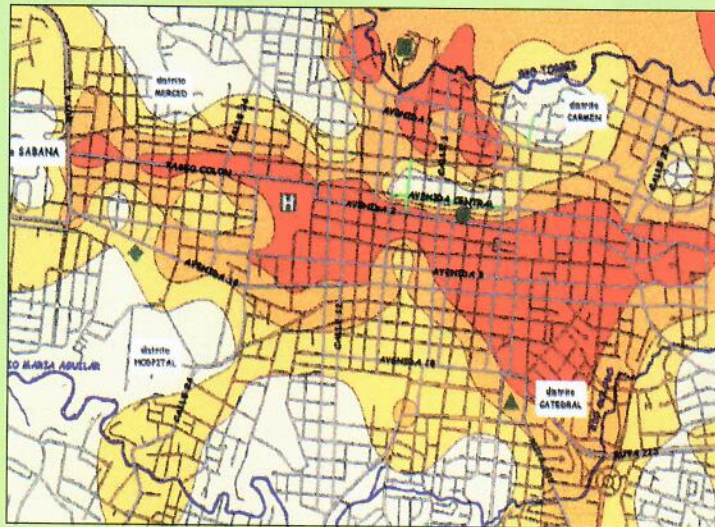


Figura 3. Distribución del CO contenido en la atmósfera, San José Centro 2000 (mediciones de 16.30 a 18.30 pm.).

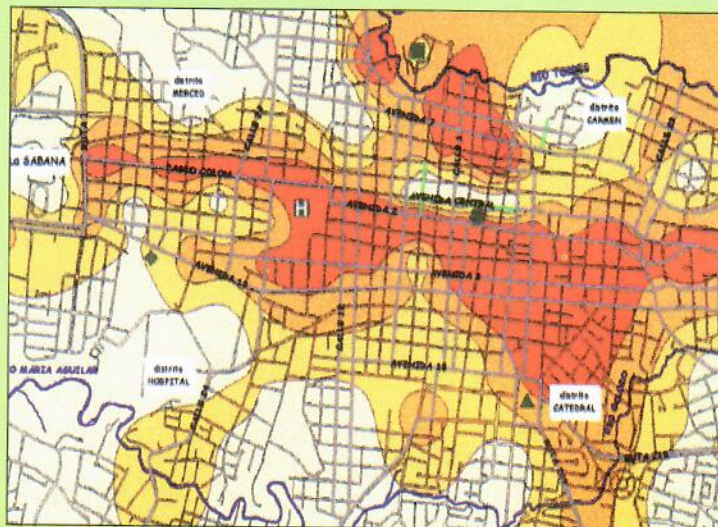
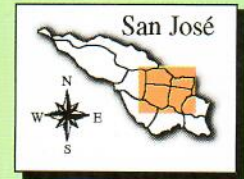
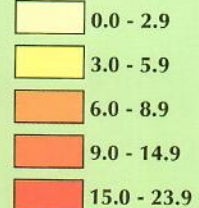


Figura 4. Distribución del CO contenido en la atmósfera, San José Centro 2000 (promedio diario).



200 0 200 400 600 800 metros

Concentración de CO en ppm



El valor guía es de 9ppm como promedio de ocho horas (OMS 1993).

- ◆ Municipalidad de San José
- H Hospital San Juan de Dios
- Museo de los Niños
- Teatro Nacional
- ▲ Plaza González Víquez

Fuente: Ferrer Grégoire, 2000 (Pecaire, Municipalidad de San José).