



Universidad de Ciencias Médicas
Facultad de Ciencias Médicas de Bayamo
Granma
Evento Científico AMBIMED 2021



Título: Efectos de la contaminación por Monóxido de Carbono sobre la salud humana.

Autores:

- ✚ Dr. Dachell Pacheco Ballester (pdachell@infomed.sld.cu)
- ✚ Dra. Yanet Guerrero Ballester
- ✚ Dra. Odalmis Gómez Padilla

Bayamo, M.N. Septiembre de 2021

Año 63 de la Revolución.

RESUMEN:

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, no irritante, inodoro e insípido que se produce por la combustión incompleta de hidrocarburos, estando todas las personas expuestas al CO en distintos niveles, pero inhalarlo en grandes cantidades puede ser mortal, sin que la víctima se dé cuenta, por lo cual se le conoce como “asesino silente”. El ser humano, además de poseer una fuente endógena de CO, está también expuesto exógenamente a este compuesto. Las fuentes son múltiples: vehículos automotores, equipos de calefacción, hornos, humo de cigarrillos, entre otros. Se realizó una revisión de la literatura con el objetivo de describir los efectos perjudiciales de la contaminación por CO a los seres humanos teniendo en cuenta las alteraciones psíquicas y somáticas reportadas tras la exposición al mismo. Las consecuencias a esta exposición abarcan todos los sistemas del organismo, siendo los sistemas nervioso y cardiovascular los más afectados, generando incluso la muerte ante concentraciones tóxicas. Cumplir con las medidas establecidas y evitar la contaminación ambiental va a reducir significativamente las consecuencias de la inhalación de este gas, las cuales, con el paso del tiempo, contribuirán al fallo multiorgánico silente en el ser humano.

Palabras clave: Monóxido de Carbono, efectos perjudiciales, salud humana.

INTRODUCCIÓN:

El crecimiento económico y la globalización han originado evidentes beneficios pero al mismo tiempo han provocado la aparición de nuevos riesgos. Existen dificultades e incertidumbres para identificar con exactitud la relación causal entre medio ambiente y salud.¹

La contaminación ambiental puede definirse como cualquier modificación indeseable del ambiente, causada por la introducción de agentes físicos, químicos o biológicos (contaminantes) en cantidades superiores a los que se encuentran en estado natural, provocando daño a los recursos naturales y alterando el equilibrio ecológico, derivando todo esto en resultados nocivos para la salud humana.²

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, no irritante, inodoro e insípido que se produce por la combustión incompleta de hidrocarburos como carbón, gas, madera, papel, lana, algodón, cloruro de polivinilo, aceite, gasolina y otros), pero además lo podemos encontrar en estado líquido en procesos industriales de minería, metalurgia, conservación de alimentos, entre otros. Todas las personas están expuestas al CO en distintos niveles, pero inhalarlo en grandes cantidades puede ser mortal, sin que la víctima se dé cuenta, por lo cual se le conoce como “asesino silente”.^{3, 4}

Existen fuentes naturales y humanas; la principal fuente humana es la emisión por los tubos de escape de automóviles, además de aparatos que funcionen de forma inadecuada con gas o madera; algunas fuentes naturales son los volcanes e incendios forestales. La concentración de CO en la atmósfera es menor de 0,001%, pudiendo ser mayor en áreas urbanas.³

Un 60% del CO está presente en el medio producto de la combustión de tabaco, biomasa y combustibles fósiles, el otro 40% de forma natural. Una vez liberado el monóxido de carbono pasa hasta 2 meses en la atmósfera, donde puede ser convertido en dióxido de carbono/anhídrido carbónico por interacción con otros gases o por medio de microorganismos. No se acumula en plantas ni tejidos animales.³

La intoxicación por monóxido de carbono es la principal causa de muerte por intoxicación en Estados Unidos, y en general es la causa más común de lesiones y muertes por envenenamiento en todo el mundo, situación a la que América latina y Cuba no están exentas.³

La incidencia en niños es de aproximadamente 15-30% de todas las intoxicaciones agudas por gases, y 1,5-2% de todas las intoxicaciones infantiles. Los casos son más comunes en época de invierno por aumento en el uso de hornos, estufas, calentadores y chimeneas con mal funcionamiento o en espacios poco ventilados.³

OBJETIVO:

- ✓ Describir los efectos perjudiciales de la contaminación por monóxido de carbono a los seres humanos teniendo en cuenta las alteraciones psíquicas y somáticas reportadas tras la exposición al mismo.

DESARROLLO:

La producción endógena de CO en sujetos sanos representa una saturación de COHb de 0.4-0.7% (inclusive los no fumadores pueden tener hasta 3% de COHb), que puede llegar hasta 9 -15% en fumadores, los niveles superiores a estos se consideran anormales.³

El CO pasa a los pulmones y se absorbe fácilmente por el torrente circulatorio, ya que posee afinidad 220 veces más con la hemoglobina (Hb) que el oxígeno. Sus efectos negativos son la unión con la Hb para formar carboxihemoglobina (COHb), lo que ocasiona bloqueo del transporte de oxígeno y, por otro, su unión a proteínas, mayoritariamente a la mioglobina, dando forma a la carboximioglobina que se encuentra en corazón y músculo esquelético. La molécula de hemoglobina dispone de cuatro sitios de unión con el oxígeno, cuando uno de estos sitios es ocupado por el monóxido de carbono, la hemoglobina se altera de tal forma que

impide que los otros sitios se unan al oxígeno, produciendo así una desviación de la curva de disociación oxígeno-hemoglobina hacia la izquierda. Esta alteración empeora la hipoxia celular producida por la formación de carboxihemoglobina. Asimismo, produce daño celular directo al unirse al citocromo α_3 con el consecuente bloqueo de la cadena respiratoria y descenso de la producción de ATP, lo que favorece el metabolismo anaerobio, la acidosis láctica y la muerte celular al producir hipoxia no isquémica.^{5,6}

Los daños tisulares (cardiacos) y efectos tardíos de la intoxicación por CO dependen en gran medida de las alteraciones en la cadena respiratoria mitocondrial y liberación de radicales libres intracelulares; mientras que la intoxicación aguda se debe a la hipoxia tisular por ocupación de la hemoglobina por CO con disminución del transporte de oxígeno. Las alteraciones cardiovasculares se caracterizan por incremento en los niveles de lípidos plasmáticos, facilita la adhesión y agregación plaquetaria, lo que favorece el proceso arterioesclerótico y aumenta la probabilidad de desarrollar hipertensión arterial sistémica y episodios de trombosis. Arritmias supraventriculares y ventriculares, Supradesnivel o infradesnivel del segmento S-T, prolongación del intervalo Q-T e inversión de la onda T son las alteraciones de la actividad electrocardiográfica más frecuentemente reportadas. Estas alteraciones se han descrito incluso en individuos con niveles de carboxihemoglobina en sangre inferiores a 6 %.^{3,6}

En exposiciones crónicas al CO se ha demostrado un proceso compensatorio sistémico de respuesta a la hipoxia, que incluye eritrocitosis, hipervolemia y cardiomegalia. En el ámbito laboral, en pruebas sanguíneas de una muestra heterogénea de trabajadores de una terminal de pasajeros, con antigüedad y jornadas diversas, se han identificado niveles considerables de COHb en sangre, acompañado de alteraciones en los valores de la velocidad de sedimentación glomerular (VSG), hemoglobina (Hb), deshidrogenasa láctica (DHL), creatinquinasa miocárdica (CKmb) y proteína C reactiva ultrasensible (PCR-us). Por otro lado, se ha demostrado que la exposición prolongada –de días hasta

meses— a bajas concentraciones de CO, puede provocar efectos sutiles en diversas estructuras del sistema nervioso central. El CO activa leucocitos polimorfonucleares, los cuales realizan diapedesis y causan la peroxidación de lípidos del cerebro, en particular en el globo pálido, sitio muy rico en hierro.⁵

En los últimos años, una serie de estudios ha asociado la contaminación atmosférica con problemas de salud mental basándose en que los contaminantes del aire (como el CO) resultan tóxicos para el sistema nervioso central. También se ha argumentado que se dan más casos de alteraciones psiquiátricas en el medio urbano que en el rural, y que en un país como China, con una gran aceleración hacia el desarrollo industrial que ha provocado una gran migración del medio rural al urbano, la carga de las enfermedades mentales se ha incrementado notablemente, a la par que las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, muy vinculadas estas a la calidad del aire.⁷

Asimismo, la anoxia produce neurotoxicidad debido a la liberación masiva de neurotransmisores como glutamato y la disminución de las neuronas dopaminérgicas, lo que causa niveles bajos de dopamina y que puede explicar las secuelas psiquiátricas.⁵

En otros estudios se informa que el daño cerebral puede ser generalizado, aunque el cuerpo estriado parece ser particularmente vulnerable; probablemente por el hecho de que partes de éste se encuentran en el límite de la irrigación de las arterias cerebrales anterior y media.⁵

Otras áreas sensibles son los ganglios basales, el cerebelo y la sustancia blanca peri-ventricular, así como el centro semioval, sitio que de manera general se relaciona significativamente con secuelas cognitivas.⁵

Existen estudios del efecto crónico por exposición a CO sobre funciones neuropsicológicas, pero se trata de casos accidentales de contacto con aparatos de combustión como calentadores o estufas descompuestos. En un estudio se presentan siete casos, con exposición de hasta tres años, pero sólo en uno

reportan el nivel de exposición (400 ppm). En éste se refieren síntomas provocados por la exposición crónica a CO como fatiga, cefalea, fiebre, dolor faríngeo, náuseas, diarrea, palpitaciones, trastorno del sueño, pérdida de peso, tinnitus, dolor en el pecho, irritabilidad y cambios emocionales tales como labilidad emocional y depresión grave. En las pruebas neuropsicológicas se observa disminución de la orientación espacial, enlentecimiento motor y marcado deterioro de la memoria.⁵

Produce peroxidación lipídica cerebral: Se cree que el monóxido de carbono reacciona con la enzima xantina deshidrogenasa convirtiéndola en xantina oxidasa, la cual a su vez reacciona con la hipoxantina, produciendo superóxidos; estos reaccionan con el óxido nítrico producido por el endotelio formando peroxinitrito, ácido peroxinitroso y/o peroxinitratos, potentes oxidantes que interactúan con los ácidos grasos insaturados, produciendo peroxidación lipídica y originando desmielinización progresiva de las neuronas del sistema nervioso central.⁶

Luego del alta tras una intoxicación aguda por CO, a los pacientes no se les realiza seguimiento y en un 20-30% de los casos, según distintas casuísticas, presentan un Síndrome Neurológico Tardío (SNT), síndrome que aparece entre los días 2 y 28 tras la intoxicación, con frecuencia tras un periodo de normalidad. Este síndrome comprende: neuropatía periférica, alteraciones de la personalidad, de la conducta, de la memoria, de la marcha, etc. No existen datos predictivos para saber quién va a desarrollar el síndrome, siendo más frecuente en intoxicaciones graves y en ancianos.⁸

El CO atraviesa la placenta y el feto es muy sensible a este, ya que la hemoglobina fetal es aún más afín al CO que la de adulto; por lo cual niveles de CO no tóxicos para la madre pueden generar hipoxia en el feto. Aunado a lo anterior, el tiempo de eliminación del CO del feto es 5 veces mayor que el de la madre.^{3,9}

El uso del CO líquido es principalmente industrial. Su contacto con la piel puede causar tanto congelación como quemaduras; además, su inhalación es extremadamente peligrosa y puede provocar la muerte. La exposición de un contenedor, recipiente, tanque o ferrocarril a cualquier fuente de calor (fuego directo) puede producir una explosión de vapores por la expansión de líquidos en ebullición.⁴

La tabla 1 resume los síntomas y signos según las concentraciones de COHb en pacientes no acostumbrados a una exposición crónica de CO.³

Concentración de COHb (en fumadores)	Síntomas y signos
<2%	Inocuo.
2,5%	Deterioro de la orientación temporal.
5%	Deterioro de facultades psicomotrices.
>5%	Alteraciones cardiovasculares.
10-20%	Cefalea, vasodilatación, alteraciones visuales, vértigo, dolor abdominal y náuseas.
20-30%	Cefalea, disnea, angor de esfuerzo.
20-40%	Disnea, arritmia, cefalea intensa, alteraciones visuales, síncope, confusión mental, debilidad en miembros inferiores y vómitos. Estos síntomas pueden impedir a la víctima escapar del área contaminada.
40-50%	Síncope, taquicardia, taquipnea
>45%	Coma, acidosis metabólica de origen láctico por glucólisis anaeróbica, hipokalemia, hipotensión, convulsiones, depresión respiratoria, edema pulmonar, alteraciones EKG.
50-60%	Coma, convulsiones, respiración irregular.
>60%	Convulsiones, coma, paro cardiorrespiratorio, muerte.
70-80%	Muerte.

Es evidente que lo descrito anteriormente representa un grave problema no solo para la salud ambiental. Cuidar el entorno, evitar los daños en el ecosistema y mantener al máximo el equilibrio entre las especies que en él habitan, se reducen en un 20-30% las implicaciones negativas sobre la salud humana. Por tanto, a continuación se listan una serie de medidas para prevenir el impacto del CO sobre la salud humana y ambiental:

Medidas preventivas:³

- ✓ Se debe reducir la exposición al humo del tabaco y evitar deambular por caminos con mucho tráfico vehicular.
- ✓ Se debe brindar mantenimiento anual a aparatos que funcionen con gas, aceite o carbón; además de mantener los conductos de ventilación libres de suciedad o bloqueos.
- ✓ Nunca se debe utilizar una estufa u horno de gas para calentar un hogar.
- ✓ No se debe quemar en una estufa o chimenea que no tenga escape al exterior.
- ✓ No se debe dejar encendido el motor de un vehículo estacionado en un espacio cerrado o parcialmente cerrado, como un garaje aunque tenga la puerta abierta. Tampoco se debe encender un vehículo motorizado, un generador, una lavadora a presión o cualquier motor a gasolina a menos de 20 pies de un conducto, ventana o puerta, a través de los cuales los gases puedan ingresar a un área cerrada.
- ✓ Nunca se deben utilizar calentadores con brasas, linternas a combustible, parrillas de carbón o estufas portátiles de campamento (o cualquier otro aparato que funciona con gasolina o carbón) dentro de una casa, tienda de campaña o espacio cerrado.

CONCLUSIONES:

Las consecuencias a la exposición aguda y crónica de CO abarcan todos los sistemas del organismo, siendo los sistemas nervioso y cardiovascular los más afectados, provocando alteraciones leves, moderadas y severas, que van desde una fatiga hasta la muerte ante concentraciones tóxicas.

RECOMENDACIONES:

Cumplir con las medidas de saneamiento ambiental y de protección individual y colectiva ante la exposición a este contaminante, así como ofrecer charlas educativas para elevar el conocimiento sobre los efectos perjudiciales del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Vargas Marcos Francisco. La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. Rev. Esp. Salud Pública [Internet]. 2005 Abr. [citado 2021 Sep. 25]; 79(2): 117-127. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200001&lng=es
2. Galán Téllez, María Dolores. Aumento de enfermedades mentales por la contaminación ambiental. IV Congreso Virtual Internacional de Enfermería en Salud Mental. Mayo 2018. Disponible en: <http://congreso.enfermeria.com>
3. Bolaños Morera Pamela, Chacón Araya Carolina. Intoxicación por monóxido de carbono. Med. leg. Costa Rica [Internet]. 2017 Mar [cited 2021 Sep. 20]; 34(1): 137-146. Available from: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152017000100137&lng=en
4. Academia Nacional de Bomberos. El monóxido de carbono: una amenaza invisible. Control de emergencias con gases combustibles. Santiago, Chile 2019.
5. Díaz-López Luis F, Haro-García Luis C, Juárez-Pérez Cuauhtémoc A, Aguilar-Madrid Guadalupe. Alteraciones neuropsicológicas por exposición crónica a concentraciones bajas de monóxido de carbono en trabajadores de autopista de peaje de México. Salud Mental 2015; 38(5):353-359 ISSN: 0185-3325 DOI: 10.17711/SM.0185-3325.2015.048
6. Téllez, Jairo; Rodríguez, Alba; Fajardo, Álvaro. Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. Revista de Salud Pública, vol. 8, núm.1, marzo, 2006, pp. 108-117. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42280110>
7. Ordóñez-Iriarte JM. Salud mental y salud ambiental. Una visión prospectiva. Informe SESPAS 2020 [Mental health and environmental health. A prospective view. SESPAS Report 2020]. *Gac Sanit.* 2020;34 Suppl 1:68-75. doi:10.1016/j.gaceta.2020.05.007

8. Bartolomé Navarro M^a Teresa, Amores Valenciano Pilar, Cuesta Vizcaíno Encarnación, Gallego Giménez Nuria. Intoxicación por Monóxido de Carbono: una patología poco valorada en Urgencias. Rev Clin Med Fam [Internet]. 2010 Oct [citado 2021 Sep 25]; 3(3): 220-222. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-695X2010000300011&lng=es.
9. Cole Brokamp, Strawn Jeffrey R., Beck Andrew F., Ryan Patrick. Pediatric Psychiatric Emergency Department Utilization and Fine Particulate Matter: A Case-Crossover Study. Environmental Health Perspectives. September 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1289/EHP4815>