



Tendencia de género en los niveles de metahemoglobina en población infantil por consumo de agua contaminada por nitratos. Gender trend in levels of methemoglobin in children due to consumption of water contaminated by nitrates.

Calleros-Rincón E. Y^{1*}, Pérez-Morales R¹., Avalos-Calleros B. Y²., Olivas-Calderón E. H¹., Alba-Romero J. J¹., Ríos-Sánchez E³.

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Gómez Palacio, Dgo.

²Universidad Vizcaya de las Américas, Torreón Coahuila.

³Secretaría de Salud del Estado de Coahuila, Centro de Atención a Metales Pesados, Torreón Coahuila.

*Autor de correspondencia: Dra. Esperanza Yasmin Calleros Rincón

Correo: dra.ecallerosrincon@ujed.mx

RESUMEN

Introducción. Los nitratos son uno de los contaminantes del agua potable, producidos por la excesiva fertilización de los campos y la falta de gestión ambiental del estiércol por el ganado. Se analizaron los niveles de metahemoglobina en niños, y la asociación entre los niveles de N-NO₃⁻ en el agua potable. **Material y métodos.** De un universo de 1750 niños que radican en las diez comunidades, se tomó una muestra de 346 niños de 1 a 12 años de edad, 196 fueron niñas (56.64%); 150 niños (43.36%), con una exposición que va de 12 a 83 mg/L de N-NO₃⁻. **Resultados.** Al hacer una revisión de los datos algunos factores pueden potencializar el aumento de niveles de metahemoglobina como la ingesta de agua de pozo, OR=1.87 p<0.18 (95% IC). Uno de los hallazgos encontrados fue la tendencia de género ya que se encontró más riesgo de presentar niveles detectables de metahemoglobina en niños que en las niñas siendo 1.5 veces más en los niños que las niñas, p<0,05, lo cual es muy probable debido a las actividades que realizan los niños a muy corta edad en el campo, lo que resulta más fácil el consumo de agua de pozos agrícolas contaminados.

Palabras clave: nitratos, metahemoglobina, género.

ABSTRACT

Introduction. Nitrates are one of the contaminants in drinking water, produced by excessive fertilization of fields and lack of environmental management of manure by livestock. Methemoglobin levels in children were analyzed, as well as the association between N-NO₃⁻ levels in drinking water. **Material and methods.** From a universe of 1,750 children living in the ten communities, a sample of 346 children from 1 to 12 years of age was taken, 196 were girls (56.64%); 150 children (43.36%), with an exposure ranging from 12 to 83 mg/L of N-NO₃⁻. **Results.** When reviewing the data, some factors can potentiate the increase in methemoglobin levels, such as the intake of well water, OR=1.87 p<0.18 (95% CI). One of the findings found was the gender trend since a greater risk of presenting detectable levels of methemoglobin was found in boys than in girls, being 1.5 times more in boys than girls, p<0.05, which is very probable. Due to the activities that children carry out at a very young age in the countryside, it is easier to consume water from contaminated agricultural wells.

Keywords: nitrates, methemoglobin, gender.

INTRODUCCIÓN

Actualmente ha aumentado el interés en la investigación sobre la contaminación del agua y repercusiones en la salud humana. Los nitratos son uno de los contaminantes del agua potable, producidos en parte por la excesiva fertilización de los campos y la falta de gestión ambiental del estiércol generado por los hatos ganaderos (García Galindo, 2019).

La zona estudiada comprende una extensión de norte a sur de 69.5 Km y de oriente a poniente de 92.5 Km. Esta extensión de terreno incluye diez comunidades rurales pertenecientes al municipio de ciudad Lerdo, Durango, México. La normatividad actual menciona que el nivel máximo permisible es de 10 mg/L de N-NO₃⁻ (NOM 127, 2022). Sin embargo, en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del día 2 de mayo del 2022, cambia a 11 mg/L de N-NO₃⁻ (DOF, 2022).

Por otro lado, la metahemoglobinemia es una condición heredada o adquirida en la cual el hierro de la hemoglobina (pigmento rojo de la sangre) es incapaz de transportar oxígeno. La cianosis es un signo clínico consistente en coloración azulada de piel y mucosas debida a un aumento de la hemoglobina reducida en los capilares, o menos frecuentemente, a la presencia de metahemoglobinemia (forma férrica de la hemoglobina) que puede ser ocasionada por contacto o ingesta de agentes oxidantes exógenos tóxicos, como tintes de anilina, nitrobenzeno, fármacos o compuestos nitrogenados de diferente procedencia, como las verduras con alto contenido en nitratos, así como el consumo de agua contaminada por nitratos (Fossen, 2019).

La metahemoglobina es peligrosa debido a su incapacidad de unirse con el oxígeno, y porque aumenta la afinidad del oxígeno de los grupos restantes hem en tetrámeros de hemoglobina, por ello disminuye el transporte de oxígeno hacia los tejidos, la oxidación también puede dar como resultado la desnaturalización de la hemoglobina (cuerpos de Heinz) dentro del eritrocito. La presencia de estos cuerpos altera la superficie de la membrana del eritrocito, produciendo un aumento de la rigidez y fuga, y la resultante hemólisis, la presencia de metahemoglobinemia o hemólisis oxidativa en una persona expuesta a un oxidante, depende de la vía de exposición de las sustancias químicas, la dosis, tiempo de exposición y la susceptibilidad personal. Las anomalías estructurales congénitas (hemoglobinas inestables), los trastornos de capacidades normales de reducción, como la deficiencia ligada a X de la enzima de oxidación reducción G6PD, son causa de que algunas personas sean más susceptibles al proceso oxidativo. La

metahemoglobinemia, es debida a la deficiencia de oxígeno en la sangre lo cual puede poner en peligro la vida de los niños menores de seis años (Umbreit, 2007).

Los valores normales de Metahemoglobina deben ser menores del 1% en hemoglobina circulante. Con valores de metahemoglobina de 10 a 25 % se presenta cianosis, y cuando los valores llegan a alcanzar 35 al 40 %, existe disnea y cefalea, niveles mayores de 60% hay letargo, mayor de 70% muerte (Gatseva, 2008). Los nitratos al entrar al organismo son convertidos en nitritos causando vasodilatación, los hallazgos patológicos, son sangre color achocolatado, como resultado de la conversión de la hemoglobina en metahemoglobina, y congestión de todos los órganos (Ward, 2018).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se cumplieron los lineamientos del reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en sus artículos 13, 14, 17, 21 y 22. Se contó con la aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, con un número de registro único asignado R-2017-123301538X0201-026.

Se consideraron 11 pozos de agua para consumo humano y 216 pozos agrícolas, que correspondieron a la zona de estudio. El muestreo del agua se realizó de acuerdo a lo que marca la norma oficial mexicana NOM 014-SSA-1-1993 "Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados".

Para la determinación de metahemoglobina se utilizó una técnica ya establecida, se basa en la lectura por espectrofotometría del hemolizado de dos longitudes de onda diferentes, 522 nm y 578 nm, determinando el porcentaje de metahemoglobina (Sakata, 1982).

El universo de trabajo fueron 1750 niños de 1 a 12 años de edad. Se seleccionó un tamaño de muestra de 346 niños la que permite el 95% de confiabilidad y el 80% de poder, con capacidad de discriminación entre regiones y con un 20% adicional. Todos los niños con una edad de 1 a 12 años, fueron invitados a participar en el estudio a través de sus padres, previa carta de consentimiento informado, las personas consideradas para formar el grupo expuesto fueron aquellos habitantes por más de un año de residencia en el lugar de estudio, así como también, el consumo de agua de la llave y de pozos domiciliarios.

RESULTADOS

Se buscó la asociación cruda y ajustada entre la variable dependiente (presencia o no de metahemoglobina) y la independiente (tipo de pozo) y de la misma con cada una de las covariables, mediante regresión logística y usando como medida de asociación la Razón de Momios (RM) con su respectivo intervalo de confianza al 95%.

De un universo de 1750 niños que radican en las diez comunidades, se tomó una muestra de 346 niños de 1 a 12 años de edad distribuidos en los diferentes niveles de exposición a $N-NO_3^-$ de acuerdo a la concentración de los pozos. Considerándose la exposición alta para concentraciones de nitratos en agua de 14 a 124, medio de 12 a 83.5 y bajo para concentraciones menores de 3 mg/L de $N-NO_3^-$. Se aplicó un cuestionario para conocer los antecedentes de importancia de los niños el cual fue contestado por la madre, de un total de 346 niños, 196 fueron niñas lo que representa un 56.64% de la muestra y 150 niños, lo que representa el 43.36%. La distribución de niños y niñas en los niveles de exposición se representa en la tabla número 1.

Se encontraron niveles detectables de metahemoglobina en 48 niños en el medio alto, 96 niños en el nivel medio y 6 en el nivel bajo, como se puede observar en la tabla número 2.

Se buscó la asociación de los niveles de metahemoglobina con antecedentes de los niños como son la presencia con el consumo de agua de la llave o de pozo y el tabaquismo pasivo como se menciona, en la tabla número 3. De los 346 niños que fueron estudiados y que presentaron niveles detectables de metahemoglobina, 97 fueron niños (28%) y 53 niñas (15%). El riesgo de presentar niveles detectables de metahemoglobina fue de 1.5 veces más en los niños que en las niñas, $p < 0,05$.

Esta asociación de género se atribuye a las diferentes actividades entre niños y niñas. Los niños en las comunidades rurales suelen trabajar en edades tempranas en las tareas agrícolas. Los pozos de riego tienen una mayor concentración de $N-NO_3^-$. Debido a las altas temperaturas, los niños consumen más agua y, por lo tanto, están más expuestos al $N-NO_3^-$ que las niñas que suelen quedarse en casa. En la relación de niños y niñas en cada una de las localidades fueron más niñas las que participaron en el estudio. En las niñas se tuvo 56.6% de participación y en los niños el 43.3%.

Tabla 1. Distribución de la participación por sexo en los diferentes niveles de exposición.

Nivel de exposición	Niños	Niñas	Total
Alto	48 (32%)	94 (48%)	142 (41%)
Medio	96 (64%)	92 (47%)	188 (54%)
Bajo	6 (4%)	10 (5%)	16 (5%)
Total	105 (100%)	196 (100%)	346 (100%)

Tabla 2. Niveles detectables de metahemoglobina en los tres escenarios de exposición.

Nivel de exposición	Metahemoglobina no detectable	Metahemoglobina detectable	Total
Alto	94 (66%)	48 (34%)	142 (41%)
Medio	92 (62%)	96 (51%)	188 (54%)
Bajo	10 (62%)	6 (37%)	16 (5%)

Tabla 3. Asociación de los niveles de metahemoglobina con antecedentes de los niños.

Niveles de metahemoglobina	Razón de momios	Error estándar	<i>p</i> (95% IC)
Toma agua de la llave	0.82	0.23	0.50
Toman agua de pozo	1.87	0.89	0.18
Fuman en casa	0.73	0.16	0.16

Tabla 4. Razón de momios en el sexo masculino.

Niveles de metahemoglobina	Razón de momios	Error estándar	<i>p</i> (95% IC)
Sexo masculino	1.54	0.33	<0.05

DISCUSIÓN

La contaminación ambiental puede tener una variedad de efectos negativos en la salud humana, y algunas enfermedades pueden estar asociadas con diferencias de género en cómo hombres y mujeres son afectados. Por perspectiva de género se entiende la consideración de las diferencias entre los hombres y las mujeres. Estas diferencias pueden ser, tanto biológicas, como las que conciernen a los roles que desempeñan, los trabajos que realizan, los salarios que reciben, el poder que detentan, las responsabilidades que asumen o las expectativas que presentan (Comisiones obreras, 2022).

Uno de los aspectos importantes es la incorporación de las mujeres al mercado laboral esto, ha provocado cambios sociales y laborales importantes que obligan a introducir la perspectiva de género en el análisis de las relaciones laborales. Por ejemplo, en España, según los datos anuales de la Encuesta de Población Activa para el año 2021, de los 20,18 millones de ocupados, 10,83 millones son hombres, el 53,66% de la población trabajadora, y 9,35 millones son mujeres, lo que supone el 46,34% de la población trabajadora. Los trabajos ocupados mayoritariamente por hombres predominan los riesgos relacionados con la seguridad y la manipulación de objetos de elevado peso. A consecuencia de ello, en los puestos ocupados más frecuentemente por los hombres son mucho más frecuentes las lesiones relacionadas con los accidentes de trabajo, que se reconocen más fácilmente por su relación inmediata entre la causa y el daño, mientras que en las mujeres se producen daños que aparecen de manera lenta y progresiva, como son las lesiones en el cuello y en los brazos y alteraciones de la salud psíquica, no reconocidas legalmente como enfermedades profesionales y consecuentemente no

visualizadas en su relación con el trabajo.(Unión General de Trabajadores , 2019).

CONCLUSIÓN

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) relacionadas a la metahemoglobinemia tienen principalmente un enfoque en la protección de niños de 0 a 12 años. Esta es una población vulnerable, ya que los niños son más susceptibles a los efectos tóxicos de ciertos contaminantes, incluido el nitrato, que puede llevar a la formación de metahemoglobina cuando se consume a través del agua o los alimentos.

Sin embargo, es importante considerar que la exposición a niveles elevados de nitratos y otros contaminantes puede afectar a personas de todas las edades, no solo a los niños. Los adultos, especialmente aquellos con condiciones preexistentes, como enfermedades cardíacas o respiratorias, también pueden sufrir complicaciones graves por la metahemoglobinemia y otros problemas de salud asociados.

Además, las normativas deben considerar el contexto más amplio de la salud pública, que incluye la prevención de enfermedades relacionadas con la calidad del agua, la alimentación y otros factores ambientales. Las condiciones como la intoxicación por metales pesados, exposición a contaminantes químicos y otras patologías relacionadas con la contaminación también son temas de gran relevancia.

Por lo tanto, es crucial que las normas y regulaciones de salud pública se expandan y actualicen para considerar las posibles afectaciones a todos los grupos etarios y así cubrir un espectro más amplio de enfermedades y condiciones de salud. Esto incluiría revisiones periódicas de los estándares de calidad del agua, la investigación sobre los efectos de diferentes contaminantes, y una atención integral a la salud de la población en general, no solo a grupos específicos.

Por otro lado, existen actividades que son realizadas según al sexo que pueden potencializar los efectos adversos en la salud.

CONFLICTO DE INTERESES:

Los autores declaran la ausencia de potenciales conflictos de interés.

BIBLIOGRAFÍA

Comisiones Obreras. (2022). Análisis de las estadísticas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales en España en 2021. Madrid: Comisiones Obreras. Recuperado el 12 de enero de 2023, de <https://www.ccoo.es/c3350d37087247715c0685edd807c211000001.pd>

Diario Oficial de la Federación (2 de mayo 2022) p. 63. https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?cod_diario=298701&pagina=63&seccion=0

Foment del Treball Nacional. (2021). Integración de la perspectiva de género en la gestión de la salud laboral: guía práctica para profesionales de la prevención de riesgos laborales. Barcelona: Foment del Treball Nacional. Recuperado el 12 de enero de 2023, de <https://www.foment.com/es/integracion-de-la-perspectiva-de-genero-en-la-prl/>

Fossen Johnson S. (2019). Methemoglobinemia: Infants at risk. *Current problems in pediatric and adolescent health care*. 49(3), 57–67 <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2019.03.002>

García Galindo, O., Figueroa Viramontes, U., Cueto Wong, J. A., Núñez Hernández, G., Gallegos Robles, M. Á., & López Martínez, J. D. (2019). Availability of nitrogen using two types of dairy cattle manure in forage corn and triticale. *Nova scientia*, 11(22), 124-141 <https://doi.org/10.21640/ns.v11i22.1709>

Gatseva, P. D. & Argirova, M. D. (2008) Iodine status and goitre prevalence in nitrate- exposed schoolchildren living in rural Bulgaria. *Public Health*, 122(5), 458–461. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2007.09.001>

Sakata, M., Yoshida, A. & Haga, M. (1982) Methemoglobin in blood as determined by double-wavelength spectrophotometry. *Clin Chem*, 28(3):508–511 <https://doi.org/10.1093/clinchem/28.3>.

UGT. (2019). La perspectiva de género en la prevención de Riesgos Laborales. Madrid: Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente UGT-CEC. Recuperado el 17 de enero de 2023, de https://www.ugt.es/sites/default/files/folletogenero_web.pdf

Umbreit, J. Methemoglobin-it's not just blue: a concise review. (2007) *Am. J. Hematol.* 82(2), 134-44. <https://doi.org.10.1002/ajh.20738>

Ward, M.H., Jones, R.R., Brender, J.D., de Kok, T.M., Weyer, P.J., Nolan, B.T., Villanueva, C.M., Van-Breda, S.G. (2018). Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *Int J Environ Res Pub Health* 15(7), 15-57. <https://doi:10.3390/ijerph15071557>