

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

IMPACTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE GUASAVE SINALOA, MÉXICO

Adolfo Dagoberto Armenta-Bojórquez; Carolina Cervantes-Medina; Julián Alberto
Galaviz-Lara; Jesús Ricardo Camacho-Báez; Manuel Mundo-Ocampo y
Cipriano García-Gutiérrez

Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 11-16.



e-revist@s



IMPACTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE GUASAVE SINALOA, MÉXICO

IMPACT OF NITROGEN FERTILIZATION IN DRINKING WATER IN THE MUNICIPALITY OF GUASAVE SINALOA, MEXICO

Adolfo Dagoberto **Armenta-Bojórquez**¹; Carolina **Cervantes-Medina**²; Julián Alberto Galaviz-Lara¹; Jesús Ricardo **Camacho-Báez**¹; Manuel **Mundo-Ocampo**¹ y Cipriano **García-Gutiérrez**¹.

¹Profesor-Investigador. CIIDIR-IPN COFAA. Unidad Sinaloa, México. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Col. San Joachin, C.P. 81101. Guasave, Sinaloa. Teléfono: +687-872-9626. Fax: +687-872-9625. ²Alumna de prácticas profesionales. ITSON, Obregón, Sonora. aarmenta@ipn.mx.

RESUMEN

La práctica de la agricultura intensiva en Guasave Sinaloa, México., promueve la aplicación de altas cantidades de fertilizantes en cultivos de hortalizas y granos; los nitratos son los contaminantes inorgánicos más conocidos, los que más contaminan el agua del subsuelo, y quizás los que generan mayor riesgo a la salud. La concentración máxima de nitratos en el agua para consumo humano recomendados por la norma oficial mexicana (NOM) es de 10 mg L⁻¹ de N-NO₃, niveles por encima de este valor debe ser motivo de preocupación por su posible efecto detrimental en la salud humana, principalmente al reducir el transporte de oxígeno en sangre (metahemoglobina). Este trabajo tiene como objetivo principal analizar los niveles de nitratos, en agua de consumo humano en comunidades del municipio de Guasave Sinaloa. Para el análisis se utilizaron dos métodos: el método de la Brucina y el método de análisis de nitratos Merckoquant. Los resultados demuestran que las concentraciones de nitratos en redes públicas de agua potable y plantas purificadoras esta por arriba de los niveles críticos (10 mg L⁻¹ de N-NO₃) en diferentes comunidades; la mayor concentración (22.7 mg L⁻¹ de N-NO₃) fue en Estación Bamoa, conocido por su actividad hortícola donde se encontraron concentraciones por arriba de la NOM-127-SSA1-1994.

Palabras clave: Nitratos, metahemoglobina, agua potable, agricultura.

SUMMARY

The practice of intensive farming in Guasave Sinaloa, Mexico, promotes the application of high amounts of fertilizer in vegetable crops and grains, nitrates are the best known inorganic contaminants, they pollute ground water, and are perhaps the ones of most health hazard. The concentration maximum of nitrates in drinking water recommended by the official Mexican standard (NOM) is 10 mg L⁻¹ of N-NO₃, levels above this value should be of concern for their possible detrimental effect on human health, mainly by reducing levels of oxygen in blood (methemoglobin). The main objective of this work is to analyze the levels of nitrates in drinking water in communities of Guasave Sinaloa. The analysis was performed using two methods: the Standard Test Methods for Nitrate Ion in Water and the Merckoquant Nitrate Analysis Method. The results show that nitrate concentrations in public drinking water networks and treatment plants is above critical levels (10 mg L⁻¹ de N-NO₃) in different communities; the highest concentration was in Bamoa Station (22.7 mg L⁻¹ of N-NO₃), known for its horticultural activity with concentrations up to NOM-127-SSA1-1994.

Key words: Nitrates, methemoglobin, drinking water, farming.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Guasave, Sinaloa es conocido como el corazón agrícola de México por la gran diversidad de cultivos que se siembran y por la superficie dedicada a la agricultura, la cual es la principal actividad económica en la región, los cultivos que destacan por su superficie sembrada son; el maíz como cultivo de grano y el tomate en hortalizas por su importancia en la generación de empleo. Estos cultivos son a los que se aplican mayor cantidad de fertilizantes, cantidades de 350 y 400 kg de nitrógeno por hectárea en maíz y tomate respectivamente (INIFAP, 2003). La eficiencia de la fertilización nitrogenada es considerada baja en su uso, por los cultivos, misma que puede ser menor del 50% (Keeney, 1982), el fertilizante que no es tomado por la planta va impactar de manera adversa en el medio ambiente, tal como contaminación de mantos acuíferos con nitratos (NO₃⁻), eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global (Ramanathan, *et al.*, 1985).

Los mantos freáticos y acuíferos son la fuente de agua para consumo humano en la región, ya sea por la red de agua potable municipal o por plantas purificadoras las cuales tienen alta demanda en el municipio. Se ha demostrado la potencial contaminación de la agricultura, observándose una relación positiva entre el aumento de la actividad agrícola y la contaminación de aguas por nitratos (Lucey y Goolsby, 1993; Richards *et al.*, 1996; Weil *et al.*, 1990; Bauder *et al.*, 1993). Según

algunos autores es el contaminante inorgánico más conocido y el que quizás genera mayor preocupación.

Debido a las altas cantidades de fertilizantes utilizada en la agricultura que se practica en Sinaloa y que cualquier fuente de nitrógeno utilizado se transforma en nitratos el cual es soluble en agua, hace que esta anión puede lixiviarse fácilmente al presentar una gran movilidad en el perfil del suelo por efecto del agua de lluvia o riegos, para llegar rápidamente al agua del subsuelo, pudiendo permanecer allí por décadas y en proceso de acumulación (Nolan, 1999).

El consumo de agua contaminada con nitratos produce la acumulación de metahemoglobina en sangre. La metahemoglobinemia es una enfermedad, que se define como un producto de la oxidación de la hemoglobina que no está disponible para unirse al oxígeno molecular (Cruz, 1994; Cecil, 1996; Larios, 2009). La metahemoglobina se caracteriza por inhibir el transporte de oxígeno en la sangre. Aunque la formación de metahemoglobina es un proceso reversible, puede llegar a provocar la muerte, siendo los más propensos, los bebés menores de tres meses, las mujeres embarazadas, los pacientes de cáncer y los pacientes con acidez estomacal reducida (Knobeloch *et al.*, 2000; Fernícola, 1989; Leanza y Parent, 2005).

El consumo de agua con concentraciones elevadas de nitratos aumenta la frecuencia de abortos espontáneos (Nolan, 1999), existen evidencias que el consumo prolongado con estas aguas puede provocar cáncer (Sasson *et al.*, 1993). Además los nitratos pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas compuestos que pueden ser cancerígenos y no se puede descartar que afecte a los adultos, con problemas cardiovasculares (Baccaro *et al.*, 2006).

Existe otra manera de reportar la concentración de nitratos (NO_3) en el agua, que es la forma de nitrógeno-nítrico (N-NO_3) lo cual se presta a confusión en los límites reportados como apta para consumo humano la equivalencia es $\text{NO}_3/4.4=\text{N-NO}_3$, así la concentración de 50 mg L^{-1} de NO_3 es la máxima que recomienda la Organización Mundial de la Salud y equivale, a 11.3 mg L^{-1} de N-NO_3 (OMS, 1984) en E.E.U.U., se ha establecido un valor crítico de concentración de nitrógeno en forma de nitratos (N-NO_3) en agua que es de 10 mg L^{-1} (USEPA, 1986). Este nivel crítico es también muy similar al valor de $11,3 \text{ mg L}^{-1}$ de N-NO_3 establecido por la Comunidad Económica Europea (Smith *et al.*, 1996). La norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994 establece como límite permisible 10 mg L^{-1} de N-NO_3 .

En España el valor máximo permitido de nitratos en el agua potable se ha establecido durante los primeros meses de 2003 en 50 mg L^{-1} de NO_3 , acogiendo finalmente la normativa española los criterios establecidos en la Directiva comunitaria de 1998 sobre la materia, y cuyos límites propuso ese mismo año la Organización Mundial de la Salud (OMS) para prevenir el denominado «síndrome del bebé azul» o metahemoglobinemia, atendiendo a que el grupo de población más vulnerable eran los bebés menores de tres meses alimentados con leche artificial o fórmulas preparadas con agua contaminada.

Es común recomendar hervir el agua para mejorar su calidad, sobre todo cuando se sospecha de patógenos, pero se ha demostrado, que hervir el agua durante 10 minutos multiplica por 2.4 la concentración de nitratos, de modo que agua potable con 23 mg L^{-1} de NO_3 al hervirla superaría los 50 mg L^{-1} (valor máximo tolerable), con lo que habría un riesgo adicional de metahemoglobinemia (Vitoria, 2001).

Al cocinar los alimentos, especialmente los caldos, aumenta la concentración de nitratos, por tanto es recomendable que las personas incluidas en los grupos de riesgo (bebés menores de tres meses y mujeres embarazadas) eviten utilizar agua con contenido de nitratos que al hervir el agua pueda rebasar el límite crítico. Algunas de las tecnologías aplicables para la remediación de la contaminación por nitratos en el agua pueden ser electrodiálisis, destilación, intercambio iónico, ósmosis inversa, biodesnitrificación (Bill, 1998). Sin embargo no todas son viables a nivel

económico siendo la solución inmediata para bajar los límites de concentración su dilución con agua no contaminada, siempre que sea posible su obtención.

La concentración de nitratos en el agua para consumo humano, por arriba de los niveles recomendados por organismos nacionales e internacionales, debe ser motivo de preocupación por su efecto adverso en la salud humana, principalmente al reducir los niveles de transporte de oxígeno en sangre y otras enfermedades, razón por cual este trabajo tiene como objetivo principal: Analizar los niveles de nitratos, en agua de consumo humano en diferentes comunidades del municipio de Guasave Sinaloa, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron análisis químicos de nitratos en 40 muestras de agua para consumo humano de 14 comunidades del municipio de Guasave. Inmediatamente a su recolección en envases de plásticos, las muestras de agua fueron refrigeradas a 4 °C y llevadas al laboratorio para su análisis, utilizando la técnica de análisis (ASTM, 1986) del Standard Test Methods for Nitrate Ion in Water, en el cual el ión nitrato reacciona con brucina en solución de ácido sulfúrico desarrollando color amarillo. El color amarillo es debido a un producto de oxidación de la brucina, la cacotelina, y sirve de base para la determinación espectrofotométrica de nitrato. La determinación de iones nitrato fue realizada por medio de un espectrofotómetro de luz UV visible a 410 nm. En cada serie de análisis se incluyó como testigo una muestra de agua desionizada.

Se compararon los resultados con el método de Merckoquant 10020/10050 test de nitratos, por ser método sencillo y rápida para determinación de semicuantitativa de nitratos. Este método consiste en reducir el nitrato en nitrito. En presencia de un tampón ácido, el nitrito formado se convierte en ácido nitroso, que diazocia una amina aromática. La reacción con N-(1-naftil) etilendiamina da un colorante azoico de color violeta rojizo. La concentración de nitratos se determina de manera semi cuantitativa por comparación visual de la zona de reacción de la varilla de ensayo con las zonas de una escala calorimétrica.

El modo de empleo es el siguiente:

- 1) Sacar varilla y cerrar inmediatamente el envase.
- 2) Sumergir las zonas indicadoras durante aproximadamente un segundo en la solución a examinar de manera que las zonas reactivas queden completamente impregnadas.
- 3) Sacar la varilla indicadora, sacudir el líquido en exceso y al cabo de un minuto comparar la zona reactiva con la escala de colores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de nitratos en el agua para consumo humano, analizadas en el municipio de Guasave varió de 0 a 22.7 mg L⁻¹ de N-NO₃, de las 14 comunidades analizadas tres presentaron niveles de nitratos por encima del límite crítico que determina la Norma Oficial Mexicana que es de 10 mg L⁻¹ de N-NO₃, estas comunidades fueron: Estación Bamoá conocida también como campo Wilson, El Burrión y Cubilete. La comunidad de Estación Bamoá, se formó por la necesidad de mano de obra para la hortaliza en el “campo Wilson”, que es un campo hortícola de mayor tiempo establecido en el Norte de Sinaloa, este presentó la concentración más alta de nitratos 22.7 mg L⁻¹ de N-NO₃ en la red de agua potable, el Burrión con una concentración de 11.36 mg L⁻¹ de N-NO₃, en la red de agua potable y El Cubilete con 11.36 mg L⁻¹ de N-NO₃ en una planta purificadora, estas dos últimas comunidades se caracterizan por estar rodeados de campos dedicados a la producción de granos, principalmente maíz (Cuadro 1).

Es importante señalar que existen tres fuentes de agua con concentraciones de nitratos de 5.68 mg L⁻¹ de N-NO₃, que están por debajo del límite crítico, pero cuando se utiliza en la cocina, para hervir caldos como el frijol que es común hervirlo por más de 10 minutos para posteriormente guisarlo, superaría los límites críticos de nitratos de acuerdo con Vitoria, (2001). Estas fuentes de

agua son una planta purificadora en la ciudad de Guasave, otra en Estación Bamoa y la red de agua potable de Cofradía.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados se hace en mayor cantidad en las hortalizas que en los cultivos de granos, razón por la cual en Estación Bamoa (Campo Wilson) se encontró mayor concentración de nitratos en el agua potable de 22.7 mg L⁻¹ de N-NO₃.

El método de la brucina para determinar nitratos en laboratorio y el método de análisis de nitratos Merckoquant, no presentaron diferencia por lo que este último puede ser utilizado de manera sencilla y semi cuantitativa sin necesidad de llevar las muestras al laboratorio para monitorear la concentración de nitratos en las fuentes de agua utilizadas para consumo humano en las diferentes comunidades.

Cuadro 1. Concentración de nitratos en agua para consumo humano, en diferentes comunidades del municipio de Guasave Sinaloa.

Muestra	Localidad	Fuente de agua	N-NO ₃ (mg L ⁻¹)
1	La Entrada	Planta purificadora	1.13
2	Chupa Rosa	Planta purificadora	2.27
3	San Fernando	Planta purificadora	1.13
4	Est. Bamoa	Planta purificadora	2.27
5	Est. Bamoa	Red de agua potable	22.7
6	Est. Bamoa	Planta purificadora	5.68
7	Bamoa	Planta purificadora	2.27
8	Verdura	Planta purificadora	1.13
9	Guasave	Red de agua potable	1.13
10	Guasave	Planta purificadora	1.13
11	Guasave	Planta purificadora	1.13
12	Guasave	Planta purificadora	5.68
13	Guasave	Planta purificadora	2.27
14	Guasave	Planta purificadora	2.27
15	Guasave	Planta purificadora	0
16	Guasave	Planta purificadora	0
17	Guasave	Planta purificadora	1.13
18	Guasave	Planta purificadora	0
19	Guasave	Planta purificadora	2.27
20	Guasave	Planta purificadora	0
21	Guasave	Planta purificadora	0
22	Juan José Ríos	Planta purificadora	0
23	Juan José Ríos	Planta purificadora	0
24	Juan Jose Ríos	Planta purificadora	0
25	Juan José Ríos	Planta purificadora	0
26	Juan José Ríos	Planta purificadora	0
27	Juan José Ríos	Red de agua potable	0
28	Ruiz Cortines	Planta purificadora	0
29	Ruiz Cortines	Planta purificadora	0
30	Ruiz Cortines	Red de agua potable	0
31	Burrión	Planta purificadora	0
32	Burrión	Red de agua potable	11.36
33	La Cofradía	Red de agua potable	5.68
34	La Cuestona	Planta purificadora	0
35	Tamazula	Planta purificadora	0
36	Tamazula	Planta purificadora	0
37	Tamazula	Red de agua potable	2.27
38	Cubilete	Planta purificadora	0
39	Cubilete	Planta purificadora	11.36
40	Cubilete	Red de agua potable	2.27

CONCLUSIONES

Existe contaminación por nitratos en el agua para consumo humano en Estación Bamoa (22.7 mg L⁻¹ de N-NO₃), El Burrión (11.36 mg L⁻¹ de N-NO₃) y Cubilete (11.36 mg L⁻¹ de N-NO₃) del municipio de Guasave, Sinaloa, con valores por arriba del nivel crítico (10 mg L⁻¹ de N-NO₃) de la NOM-127-SSA1-1994.

Existe una relación entre la cantidad de fertilizante aplicada a los cultivos en las diferentes comunidades del municipio de Guasave, Sinaloa y la alta concentración de nitratos presentes en el agua. Esto se atribuye a la infiltración de nitratos por el agua de riego o lluvia hasta el agua del subsuelo. El método de análisis de nitratos Merckoquant, demostró ser efectivo en la determinación de nitratos como el método de la Brucina en laboratorio.

Las plantas purificadoras de agua no garantizan agua por debajo de los límites críticos establecidos por la norma oficial mexicana, por lo que se recomienda hacer un análisis y reducir el contenido de nitratos al purificar el agua por osmosis inversa.

LITERATURA CITADA

- Baccaro, K., Degorgue M., Lucca M., Picone L., Zamuner E. y Andreoli. 2006. **Calidad de agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de mar de plata**. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires Argentina. RIA Revista de investigaciones agropecuarias. 35(3): 95-110.
- Bauder, J. W.; Sinclair, K.N., and Lund, R.E. 1993. **Physiographic and land use characteristics associated with nitrate-nitrogen in Montana groundwater**. J. Environ. Qual. 22: 255-262.
- Bill, P. E. 1998. **Water conditioning and purification**. pp. 42-45.
- Cecil, L. 1996. **Tex Book of medicine**. 20th ed. Washington DC: Mc GrowHill Interamericana. 875-876.
- Cruz, H. M. 1994. **Tratado de Pediatría**. 7ª ed. España: Editorial Publicaciones Médicas Barcelona, España. 2044 p.
- Fernícola, N. A. 1989. **Infantile methemoglobinemia caused by nitrates**. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. 106(1): 32-40.
- INIFAP, 2003. **Guía para la asistencia técnica agrícola para el área de influencia del Campo Experimental Valle del Fuerte, Sinaloa**. Agenda Técnica, Sexta Edición. Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México. 280 p.
- Keeney, D. R. 1982. **Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution**. Farmed soils, fertilizer, agroecosystems. Agronomy. A series of monographs-Americans Society of Agronomy. (22):605-649.
- Knobeloch, L., Salna B., Hogan A., Postle J. and Anderson H. 2000. **Blue babies and nitrate-contaminated well water**. Environmental Health Perspectives. 108(7): 675-678.
- Larios, O. L. 2009. **Metahemoglobinemia en niños: situación actual**. Archivo Médico de Camagüey, Centro Provincial de Ciencias Médicas de Camagüey, Cuba. 13(3): 1-9
- Leanza, L. N. y Parent Jorge R. 2005. **Nitratos y Nitritos en agua subterránea—Aspectos Generales**. 1ª edición, pp.7-8. Dirección Nacional del Derecho de Autor Expediente N° 419105.
- Lucey, K. J. and Goolsby, E. 1993. **Effect of climatic variations over 11 years on nitrate-nitrogen concentrations in the racoon river, Iowa**. J. Environ. Qual. 22: 38-46.
- Nolan, B. T. 1999. **Nitrate behavior in ground waters of the southeastern USA, Reston**. J. Environ. Qual. 28: 1518-1527.
- OMS, 1984. **Guidelines for Drinking-Water Quality**. Volume 2. *Health criteria and other supporting information*. Organización Mundial de la Salud Ginebra.
- OMS, 1989. **Health Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Report of Scientific group meeting. Technical Report Series No. 778, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- Ramanathan, V., Cicerone, R. J., Singh, H. B. y Kiehl. 1985. **Trace gas trends and their potential role in climate change**. J. Geophys. Res. 90: 5547-5566.
- Richards, R. P.; Baker, D. B.; Creameer, N. L.; Kramer, J. W.; Ewing, .E.; Merryfield, B. J. and L. K.Wallrabenstein. 1996. **Well water quality, well vulnerability, and agricultural contamination in the midwestern United States**. J. Environ. Qual. 25:384-402.
- Sasson, A. 1993. **La alimentación del hombre del mañana**. UNESCO. Reverté S.A

- Smith, J. U., Bradbury, N.J. and Adiscott, T.M. 1996. **Sundial: A PC-based system for simulating nitrogen dynamics in arable land.** *Agron. J.* 88: 38-43.
- USEPA. 1986. **Maximum contaminant levels subpart B of part 141, National interim primary drinking water regulations.** In: *U.S. Code of Federal Regulations*. Title 40, Parts 100 to 149, Revised as 1 July 1986, pp. 524-528 and 567-568. USEPA, Washington, DC, USA.
- Vitoria M I. 2001. **¿Hay qué hervir el agua potable durante diez minutos para preparar biberones?**. (En línea). Disponible en: URL. <http://db.doyma.es/cgiin/wdbcgi.exe/doyma/mrevista.fulltex? pident=10021757>.
- Weil, R. R.; Weismiller, R. A. and Turner, R. S. 1990. **Nitrate contamination of ground water under irrigated coastal plain soils.** *J. Environ. Qual.* 19: 441-448.

Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez

Doctorado y Maestría en Edafología en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. Licenciatura en agronomía por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN) Unidad Sinaloa.

Jesús Ricardo Camacho Báez

Maestría en ciencias por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, especialidad en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología en la Escuela Superior de Agricultura (UAS) Culiacán, Sinaloa. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa.

Cipriano García Gutiérrez

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) Instituto Tecnológico de Durango, Maestría en Ciencias con especialidad en Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Biólogo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel II).

Manuel Mundo Ocampo

Doctorado en Fitopatología con especialidad en Nematología. Universidad de California, Riverside. Maestría en Fitopatología, Colegio Superior de Agricultura Tropical (CSAT-SARH). Licenciatura en Biología Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel I).

Julián Alberto Galaviz Lara

Licenciado en Biología por la Universidad de Occidente, Sinaloa. Técnico docente del CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa.

Carolina Cervantes Medina

Estudiante de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), Obregón, Sonora.