

Artículo científico**ACUMULACIÓN DE NITRATO EN LAS FUENTES DE ABASTO DE AGUA, DEL MUNICIPIO GÜIRA DE MELENA, ARTEMISA**

Graciela Dueñas Vega, Orlando Laiz Averhoff, Adrián Bueno Vidal, Maité Torres leblanch, Ernesto Morales Chirino, Ibette Sosa Ortega, Marcela Hernández Guillén, José Pascual Amaro y Juana Dantín Martínez

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue realizar el diagnóstico de la contaminación por nitrato en las fuentes de abasto de agua a la población, del municipio de Güira de Melena y analizar las posibles causas de la misma. En base a la información suministrada por la Empresa de Proyectos Hidráulicos de la Habana, se establecieron tres áreas de intervención, una en una zona no agrícolas (al norte), otra cercana a la Empresa Güira de Melena (al centro) y la otra en áreas de pequeños agricultores (sur del municipio). Se seleccionaron pozos de estudio hidrológico, donde se tomaron muestras de agua y de suelo (alrededor de cada pozo y en un radio de 2 metros a partir del centro del pozo) donde se determinaron los contenidos de N mineral, materia orgánica, fósforo y potasio del suelo, así como nitrato y nitrito en las aguas. Se encontró que los contenidos de nitrato de las fuentes de abasto de agua del municipio Güira de Melena excedieron el límite máximo permisible, y que estos variaron en los diferentes meses del año, por lo que es necesario incrementar la frecuencia de muestreo del agua de los pozos. La fertilización, manejo, tipo de cultivo, el riego y la calidad del agua influyeron decisivamente no solo en el comportamiento del N mineral en la capa arable, sino también en la movilidad del mismo en el perfil del suelo.

Palabras clave: límite permisible, nitrógeno, toxicidad.

Nitrate accumulation in the sources of water supply for the population of the municipality of Güira de Melena, Artemisa**ABSTRACT**

The purpose of this work was to carry out a diagnosis of nitrate contamination in the sources of water supply for the population of the municipality of Güira de Melena, and to analyze the possible causes of this contamination. Based on the information provided by the Empresa de Proyectos Hidráulicos de la Habana, three intervention areas were established, one in a non-agricultural area (north), another near the Empresa Güira de Melena (center), and the other in areas of small farmers (south of the municipality). Hydrological study wells were selected, where water and soil samples were taken (around each well and in a radius of 2 meters from the center of the well), where the contents of mineral N, organic matter, phosphorus and potassium in the soil, as well as nitrate and nitrite in the water were determined. The nitrate contents of the water supply sources in the municipality of Güira de Melena exceeded the maximum permissible limit, and

Dra.C. Graciela Dueñas Vega, Investigador Auxiliar del departamento de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas del Instituto de Suelos, MINAG, Autopista Costa-Costa Km 8 ½ Apdo. 8022 Capdevilla Boyeros La Habana, Cuba. E-mail: gduenas@isuelos.cu.

varied in the different months of the year, so it is necessary to increase the frequency of sampling of water from the wells. Fertilization, management, crop type, irrigation and water quality have a decisive influence, not only on the behavior of mineral N in the arable layer, but also on its mobility in the soil profile.

Key words: permissible limit, nitrogen, toxicity

INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados puede ocasionar pérdidas de nitrógeno hacia el subsuelo en forma de nitratos (N-NO_3^-), los cuales contaminan los mantos acuíferos y por consiguiente el agua, tanto, la potable como la que se utiliza para regar los cultivos.

Diversos estudios han confirmado que, entre los principales responsables de los daños a los cuerpos de agua se encuentran las actividades agrícolas, contaminación generada fundamentalmente por pesticidas y fertilizantes, provocando alteraciones a nivel de cuencas hidrológicas (Ouyang *et al.*, 2019; Reaney *et al.*, 2019).

La contaminación proveniente de la actividad agrícola o contaminación difusa, es difícil de detectar, medir y controlar; porque involucra relaciones complejas que se suscitan dentro de las cuencas hidrológicas, ya que se transporta a través de la escorrentía, (Xiao *et al.*, 2017). Los nitratos pueden resultar tóxicos a las plantas y afectar su calidad (Rodríguez *et al.*, 2018). Por otra parte, una concentración alta de nitratos en el agua y las plantas, consumidas por el hombre, generalmente afectan su salud.

El cáncer es el riesgo de salud más importante que se ha asociado históricamente con el exceso de nitrato y nitrito en la alimentación humana (Donoso y Cortés, 2018). Aunque estos compuestos no son carcinógenos en sí mismos, tienen la capacidad de reaccionar con otros compuestos, dentro de los alimentos durante la cocción o en el tracto digestivo, para formar compuestos N-nitrosos como las nitrosaminas

(Bedale *et al.*, 2016), además los nitritos transforman el hierro bivalente de la hemoglobina en hierro trivalente formándose la metahemoglobina, la que no es capaz de transportar el oxígeno, función fundamental de la hemoglobina (Kalaycioğlu y Erim, 2019).

La ingesta diaria aceptable de nitrato según el Codex Alimentario (OMS 2017) y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) (Londoño y Gómez 2020), es de $3,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ de peso corporal por día y para nitrito $0,07 \text{ mg.kg}^{-1}$ de peso corporal por día, basada en el aumento de la metohemoglobina. Los niños menores de 4-6 meses son más sensibles a la exposición excesiva a nitratos, aunque se puede producir el cuadro clínico de intoxicación aguda en niños de mayor edad.

En las aguas de consumo la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), señaló como valor máximo permisible orientativo la cantidad de 50 mg.L^{-1} de nitrato y $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrito. Este límite se estableció para prevenir el principal problema tóxico de los nitratos/nitritos que se produce en los niños menores de 4 meses.

En Cuba se ha establecido un límite permisible de nitrato en aguas de 45 mg.L^{-1} y de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrito (NC 827:2012).

El objetivo del presente trabajo fue, realizar el diagnóstico de la contaminación por nitrato en las fuentes de abasto de agua a la población, del municipio de Güira de Melena y analizar sus posibles causas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del municipio Güira de Melena

El municipio Güira de Melena está ubicado en la porción sudeste de la Provincia Artemisa, limitando por el Norte con el Municipio San Antonio de los Baños, al este con el Municipio Quivicán, al Oeste con el Municipio Alquizar y por el Sur con el Golfo de Batabanó, con una extensión superficial de 19791,0 ha y una superficie agrícola de 9259,0 ha. Este municipio es uno de los de mayor actividad agrícola (viandas, hortalizas y granos). Los suelos de Güira tradicionalmente han estado sometidos a una agricultura intensiva sin una visión conservacionista, por lo mismo han experimentado un proceso de degradación (compactación y alcalinización principalmente), que ha afectado en magnitud considerable su fertilidad y productividad.

En el municipio predominan los suelos Ferralíticos Rojo, aunque no son suelos muy fértiles, las buenas propiedades físicas y físico-químicas de los mismos, formados sobre rocas calizas, los hacen de los más productivos del país. A pesar de estas buenas propiedades, son suelos de baja retención de humedad por lo que el riego resulta indispensable. El 70,97 % del área agrícola cuenta con riego, y el 32,19 % de la misma está dedicada a tubérculos y raíces, el

11,13 % a hortalizas, el 15,58 % a granos, el 13,64 % a plátano, es decir que el 72,54 % del área agrícola está cubierta con cultivos que requieren de altos insumos, de los cuales el fertilizante nitrogenado es el preferido por los agricultores para, supuestamente, garantizar los rendimientos agrícolas. Solamente el 8,5 % está dedicado a la ganadería (ONEI, 2018).

Selección de las áreas de intervención

Se tomó como referencia el análisis de las curvas de niveles máximos de nitrato en Güira de Melena, así como la base de datos suministrada por la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de la Habana (EPIHH) en relación a los contenidos de nitrato y nitrito de las fuentes de abasto de agua del municipio. Para el trabajo experimental se establecieron tres áreas de intervención, una en áreas no agrícolas (al norte), otra cercana a la Empresa Güira de Melena (al centro) y la otra en áreas de pequeños agricultores (sur del municipio). Se seleccionaron pozos de estudio hidrológico, donde se tomaron muestras de agua y de suelo (alrededor de cada pozo y en un radio de 2 metros a partir del centro del pozo.) (Tabla 1). Los análisis de suelo se realizaron según las normas NC:51 (1999) y NC:52 (1999) para las determinaciones de materia orgánica fósforo y potasio,

Tabla 1. Ubicación de los pozos (coordenadas) y las áreas de trabajo escogidas.

Pozos		X	Y	Pozos de referencia	Cultivo establecido
1	Norte	336762.10	345284.90	Pozo HSC-42	No agrícola
2		333719	345308.63	Pozo HSC-23	Pequeños agricultores
3	Centro	327572.70	345672.21	Pozo Ts-125	Frijol, Empresa
5		328280.89	345297.00	Acueducto la Cachimba	Plátano, Empresa
4	Sur	323774.35	349349.39	Pozo HSC-545 y Santa Ana.	Pequeños agricultores

La valoración de la calidad del agua se realizó según Norma vigente para fuentes, NC:1021:2014 y NC 1048:2014 Calidad de agua para preservar el suelo donde se establecen tres categorías de evaluación:

Categoría I o Superior: No presentan restricciones ni limitaciones de uso, por lo que su utilización no requiere de ningún acondicionamiento. También denominadas Adecuadas.

Categoría II: Presentan ligeras o moderadas restricciones para su uso, por lo que necesitan para su aplicación en los suelos, que éstos reciban labores agro técnicas o medidas de mejoramiento específicas a sus propiedades que permitan contrarrestar el efecto degradativo acumulativo del uso de dichas aguas.

Categoría III: Aguas cuyas propiedades determinan fuertes restricciones para su uso, que para su utilización requieren de medidas de mejoramiento de la composición o ser utilizadas en mezclas con otras fuentes de agua de mejor calidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estado de los contenidos de nitratos y nitritos en las fuentes de abasto de agua en el municipio Güira de Melena

Este es un municipio que tradicionalmente ha tenido afectaciones en sus aguas con respecto a las concentraciones de nitratos y nitritos. Sin embargo, si el análisis se realiza en base a los resultados que se muestran en la Tabla 2, considerando los valores de nitrato alcanzados en el mes de enero del año 2018, pudiera pensarse que todos los acuíferos pertenecientes al municipio Güira de Melena se recuperaron, a partir de las elevadas precipitaciones ocurridas después del mes de octubre del 2017. Los muestreos que se realizaron mensualmente

durante el año 2018, en pozos de estudios como el acueducto La Cachimba (Tabla 3), demostraron la variabilidad de los contenidos de nitrato en el agua, en los diferentes meses del año, lo que demuestra la necesidad de incrementar la frecuencia de muestreo, si se pretende conocer el estado de un posible nivel de contaminación determinado. A nivel internacional la frecuencia de muestreo de las aguas varía desde casi una vez al año en Suecia, hasta alrededor de veinte veces al año en Irlanda El Informe de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo (2018) afirma que un eficiente control de la calidad del agua es el punto de partida para una correcta aplicación de la Directiva establecida por esa comisión, sobre nitratos, ya que es fundamental para detectar aguas contaminadas y designar zonas vulnerables a los nitratos y así poder establecer estrategias dirigidas no solamente a diagnosticar sino también a disminuir la carga contaminante. Para el estudio de la dispersión de contaminantes a nivel de cuenca hidrológica, Rojas *et al.* (2020) propusieron el uso del modelo Swat (Soil and Water Assessment Tool).

Evaluaciones realizadas en las áreas de intervención

En la Tabla 4 se muestran los resultados de los análisis químicos realizados a los suelos. Los valores de fósforo y potasio encontrados en las muestras de suelo pertenecientes a las áreas agrícolas 3 y 5, fueron mayores que en las restantes, denotando aplicaciones importantes de fórmula completa, en particular el correspondiente al acueducto La Cachimba (pozo de estudio 5). Si tenemos en cuenta que el fertilizante nitrogenado es acompañante de la fórmula completa, debe pensarse que se hayan aplicado dosis elevadas de fertilizante nitrogenado.

Tabla 2. Contenido de nitrato (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-) del agua en fuentes de abasto del municipio Güira de Melena. (2018-2020)

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	Coordenadas		mg l^{-1}				
	X	Y	NO_3^- Enero 2018	NO_3^- Enero 2019	NO_3^- Enero 2020	NO_2^- Enero 2019	NO_2^- Enero 2020
Acueducto Pozo 14 cuena sur	330000	349360		31		0,01	
Acueducto El Gabriel	332600	348800	27	39	43	0,04	0.01
Acueducto Güira Nuevo	330800	344600	34	102	38	0,03	0.09
Acueducto K23G3	330000	349360		61	28	0,01	0.01
Acueducto K23G7	329513	348743	24	104		0,26	
Acueducto La Cachimba	327500	346600	19	48	38	0,01	0.01
Acueducto Zona de Desarrollo	329900	345880	20	61	42	0,01	0.01
Acueducto Cajío	322300	349150	26	47	29	0,01	0.01
HSC-542 Profundidad 37m	326800	351000	37	45		0,01	0.10
HSC-543 Profundidad 35m	324258	350541	33	49		0,01	
HSC-545 Profundidad 12m	322645	350197	34	45		0,01	
La Jocuma	323050	346250	23	51	42	0,02	0.01
TS-125 Profundidad 35m	326610	347400	34	50	39	0,01	0.06

Tabla 3. Monitoreo de la concentración de nitrato en agua (mg.L^{-1}). Acueducto La Cachimba.

ESTACIÓN	NO_3^- (enero 2018)	NO_3^- (febrero 2018)	NO_3^- (julio 2018)
Acueducto La Cachimba	19	34	45

La eficiencia de utilización del N por los cultivos es en sí misma una medida de la acumulación de nitrato en el sistema suelo-planta –agua. Todos los factores que inciden sobre la utilización del N por la planta inciden a su vez en el contenido de nitrato en las aguas.

La fertilización ya sea mineral u orgánica debe ser equilibrada. El equilibrio de nutrientes se

define como la diferencia entre los aportes de nutrientes que entran en un sistema agrícola (principalmente abonos orgánicos y fertilizantes) y los productos que salen del sistema (absorción de nutrientes por los cultivos). Cuando las plantas no absorben todos los fertilizantes y abonos orgánicos aportados al suelo, estos se eliminan durante la cosecha y aparecen

excedentes de nutrientes. Un excedente representa una pérdida potencial para el medio ambiente o un riesgo de futuras pérdidas por su acumulación en el suelo. Uno de los retos es

cómo tener debidamente en cuenta todos los aportes de nutrientes, incluso aquellos procedentes de fuentes distintas al estiércol y los fertilizantes minerales.

Tabla 4. Resultado del análisis de los suelos estudiados.

Pozo	cultivo establecido	nitrato en agua mg.l ⁻¹	nitrato suelo mg.100g ⁻¹	N mineral mg.100g ⁻¹	MO %	P ₂ O ₅ mg.100g ⁻¹	K ₂ O mg.100g ⁻¹
2 HSC-523	Pequeños agricultores	45	13.3	26.2	2.9	12.63	28.42
4 Santa Ana	Pequeños agricultores	45	16	26	3.1	10.77	18
3 Ts-125	Frijol, Empresa	50	11.9	22.2	2.4	45.61	39.12
5 La Cachimba	Plátano, Empresa	48	15.7	53.8	3.2	146.56	115.97

Los resultados obtenidos de nitrato en las aguas de los pozos pertenecientes a las áreas de intervención, fueron superiores al límite máximo permisible. Por otra parte, se evidenció una homogeneidad de los valores con independencia de la posición (geo referencia) o del manejo de los suelos, (45-50 mg.L⁻¹). Esto obliga al análisis global del problema, a nivel de municipio.

Las determinaciones puntuales de nitrato en el suelo pueden generar ideas, hasta cierto punto engañosas. En muchos casos el análisis más integral del problema se logra considerando el N mineral

(amonio + nitrito +nitrato). Los resultados que se presentan en la Tabla 4, demuestran que el área sembrada con plátano, presentó los mayores valores de P₂O₅ y K₂O asimilables y los mayores contenidos de N mineral, debido a que este cultivo es altamente fertilizado e incorpora

durante su ciclo, gran cantidad de residuos, que pueden reciclar cantidades apreciables de N, además, si el riego que se aplica es por aniego, como sucede en nuestro caso, el N ya sea aplicado, reciclado o el proveniente del suelo, es lavado, constituyendo no solamente un problema ambiental, sino también una pérdida considerable desde el punto de vista económico.

En la Tabla 5 se muestran resultados obtenidos por Dueñas (1997) en un experimento en condiciones de campo, sobre suelo Ferralítico rojo compactado, para evaluar la influencia del cultivo, las dosis aplicadas y el lavado de nitrato hasta 60 cm. de profundidad, donde quedó demostrada la relación entre las dosis aplicadas y la concentración de nitrato en el perfil. Los contenidos de nitrato aumentaron de forma alarmante, en relación a la profundidad y las dosis aplicadas.

Tabla 5. Relación entre las dosis aplicadas y el contenido de NO_3^- hasta 60 cms de profundidad.

Cultivo	Kg N/m ²	N - NO_3^- mg N.Kg ⁻¹ (x)		
		0 - 20	20 - 40	40 - 60
Plátano	12.5	40	61	118
Tomate	7.14	36	46	48
Papa	9.92	22	21	81
Maíz	9.92	6.8	9.6	24

Al comparar las dosis promedio recibidas por los diferentes cultivos con el movimiento del nitrato en la profundidad vemos que el mayor lavado ocurrió con el cultivo del plátano, donde coincidieron dos factores: la mayor aplicación del N/m² y el sistema radical más superficial las menores concentraciones se encontraron en el suelo sembrado con maíz, por las características que presenta este cultivo de tomar nutrientes a mayores profundidades que por ejemplo la papa. No solo se hizo evidente la influencia del manejo y tipo de cultivo sobre el comportamiento del N mineral en la capa arable del suelo sino en la movilidad del mismo en el perfil del suelo.

Estudio hidrológico vertical

Las pérdidas de N en el sistema suelo-planta – agua no dependen solamente de las aplicaciones excesivas del elemento sino también de las condiciones que permitan que la planta tome el N disponible, y que puede

revertirse en una baja eficiencia de utilización del N aplicado. Como puede observarse en las tablas 6,7 y 8, la calidad del agua va disminuyendo hacia el sur del municipio. En el pozo H-S-42, Tabla 6, los valores de conductividad eléctrica se encuentran dentro del rango establecido para la categoría 1 de calidad del agua (NC 1048: 2014). En el pozo TS-125, Tabla 7, los valores de conductividad eléctrica permitieron establecer calidad de agua II hasta 32 m de profundidad y calidad de agua III hasta 51 m. En el pozo HSC-545 los valores de conductividad eléctrica, Tabla 8, se encuentran dentro del rango establecido para la categoría CIII, desde 0-42 m de profundidad y para la salinidad desde los 34m. Por supuesto la época del año donde se realicen los muestreos del agua influye no solo en el contenido de nitrato en el agua sino también en su conductividad eléctrica.

Tabla 6. Estudio hidrológico vertical. Pozo HS-42 Prof. 25-50 m

Profundidad	Elevación	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	Salinidad (mmol.L^{-1})
25.0	5.1	644	0.3
26.0	4.1	644	0.3
30.0	0.1	644	0.3
32.0	-1.9	646	0.3
35.0	-4.9	647	0.3
40.0	-9.9	648	0.3
45.0	-14.9	650	0.3
48.0	-17.9	652	0.3
50.0	-19.9	653	0.3

Tabla 7. Estudio hidrológico vertical. Pozo TS-125

Profundidad	Elevación	CE $\mu\text{S/cm}$	Salinidad (mmol.L^{-1})
10.0	-1.4	802	0.2
12.0	-3.4	802	0.2
15.0	-6.4	803	0.3
18.0	-9.4	803	0.3
20.0	-11.4	805	0.4
22.0	-13.4	805	0.4
24.0	-15.4	809	0.4
26.0	-17.4	810	0.4
29.0	-20.4	810	0.4
32.0	-23.4	830	0.5
35.0	-26.4	1500	0.6
37.0	-28.4	1550	0.7
38.0	-29.4	1560	0.7
40.0	-31.4	1570	0.7
40.5	-31.9	2000	1
42.0	-33.4	5550	3
44.0	-35.4	18450	10.7
46.0	-37.4	34150	22.1
48.0	-39.4	40820	26.5
50.0	-41.4	43230	28.3
51.0	-42.4	43450	28.5

Un agua será de buena calidad cuando cumpliendo sus funciones básicas con la planta, de forma que garantice un rendimiento esperado, no produzca efectos perjudiciales al suelo. Con Independencia de los impactos que pueda producir la acumulación de sales en el suelo sobre los procesos del ciclo del N. la calidad del agua influye decisivamente en la extracción del N por la planta, así como en su interrelación con los otros nutrientes, por lo que una estrategia acertada es la de cultivar en estas áreas plantas tolerantes a las condiciones que se derivan de la calidad del agua de riego.

CONCLUSIONES

La fertilización, manejo y tipo de cultivo, el riego y la calidad del agua (pH y conductividad eléctrica) influyen, no solo en el comportamiento del N mineral en la capa arable del suelo, sino también en la movilidad del mismo en el perfil del suelo y por tanto en una posible contaminación por nitrato en el agua de abasto a la población del municipio.

Los contenidos de nitrato en el agua varían, en los diferentes meses del año, por lo que es necesario incrementar, la frecuencia de muestreo, a fin de realizar un diagnóstico eficiente tomando en cuenta no solo la época climática sino también los períodos de fertilización de los cultivos.

Tabla 8. Estudio hidrológico vertical. Pozo HSC-545.

Profundidad	Elevación	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	Salinidad mmol.L^{-1}
6.0	-1.8	2000	1
7.0	-2.8	2000	1
9.0	-4.8	2000	1
12.0	-7.8	2450	1.1
14.0	-9.8	3000	1.5
16.0	-11.8	4300	2.2
17.0	-12.8	4590	2.3
19.0	-14.8	4790	2.4
21.0	-16.8	6100	3.1
23.0	-18.8	7450	3.9
25.0	-20.8	7660	4.1
28.0	-23.8	9100	4.9
30.0	-25.8	13010	7.4
34.0	-29.8	32890	20.6
36.0	-31.8	42260	27.4
38.0	-33.8	43390	28
40.0	-35.8	43720	28.3
42.0	-37.8	44590	29

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Miguel Soca y al Ing. Rafael Cancio por la asesoría brindada durante la elaboración de la propuesta de trabajo.

A la Oficina de Gestión de Fondos y Proyectos Internacionales (OGFPI) del CITMA por los fondos otorgados bajo el código PN.001.023.21.04.165.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(ONEI), 2018. Anuario Estadístico Artemisa 2017. Edición 2018, Oficina nacional de Estadística e Información Artemisa, Cuba, 151p.

Comisión Europea (2018) Informe de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo sobre la aplicación de la Directiva 91/676/CEE del Consejo, relativa a la protección de las aguas contra la

contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, basado en los informes de los Estados miembros para el período 2012-2015. Bruselas, 4.5.2018. 15 pág.

Donoso R, S Cortes 2018 Exposición a nitratos en agua y su relación con disfunción de la glándula tiroides. Revista Médica de Chile vol. 146 no 2 Santiago feb 2018, ISSN 0034-9887

Kalaycıoğlu Z, Erim FB. 2019. Nitrate and Nitrites in Foods: Worldwide Regional Distribution in View of Their Risks and Benefits. J Agric Food Chem.67(26):7205-22.

Londoño M.,Gómez D., 2020 Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda Rev Nutr Clin Metab.;4(1): 205-222

- NC 52. 1999. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. Calidad del suelo. Análisis químico. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- NC 51. 1999. Calidad del Suelo. Determinación del porcentaje de Materia Orgánica Calidad del suelo. Análisis químico. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- NC 1048: 2014. Calidad del agua para preservar el suelo, La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- NC 827:2012. Agua potable. Requisitos sanitarios. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- OMS 2018. Guías para la Calidad del agua potable. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. Versión electrónica. ISBN 9241546964 (Clasificación de la NLM: WA 675). Ginebra. Suiza.
- Ouyang, W., Hao. X., Wang L., Xu Y., Tysklind M. 2019. Watershed diffuse pollution dynamics and response to land development assessment with riverine sediments. *Sci. Total Environ.* 659: 283-292.
- Reaney, S., Mackay E., Haygarth, P, M. Fisher, A. Molineux, M. Potts, 2019. Identifying critical source areas using multiple methods for effective diffuse pollution mitigation. *J. Environ. Manage.* 250: 109-366.
- Rodríguez Asela M., Solano Suárez Raymel , Suárez Tamayo Susana, Cuellar Luna Liliam4, Maldonado Cantillo Geominia , Cantero Barroso Dainelys . Convención Internacional de Salud, Cuba Salud 2018.
- Rojas-Rodríguez I., Coronado-García M., Rossetti-López, S. 2020. Contaminación por nitratos y fosfatos provenientes de la actividad agrícola en la cuenca baja del río Mayo en el estado de Sonora, México. *Terra Latinoamericana* 38: 247-256.
- Xiao, L., B. Xie, J. Liu, H. Zhang, G. Han, O. Wang, and F. Liu. 2017. Stimulation of long-term ammonium nitrogen deposition on methanogenesis by Methanocellaceae in a coastal wetland. *Sci. Total Environ.*, 595: 337-343.

Fecha de recepción: 21 enero 2023

Fecha de aceptación: 30 marzo 2023

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.grupoagricoladecuba.gag.cu>

