

Artículo original

Evaluación de la calidad del agua potable en Asunción y Gran Asunción: análisis fisicoquímico y microbiológico

Assessment of drinking water quality in Asunción and Greater Asunción: physicochemical and microbiological analysis

Blanca Saturnina Gavilán Servín¹ , Selva Sanabria^{2,3} , Carlos Victorio Regunega Valiente¹ , Arturo Canata¹ 

¹ Universidad de la Integración de las Américas, Facultad de Salud, Carrera Medicina. Asunción, Paraguay.

² Universidad de la Integración de las Américas, Vicerrectoría. Asunción, Paraguay.

³ Centro de Investigación Episteme. Asunción, Paraguay.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal analizar la calidad del agua en Asunción y Gran Asunción. Para concienciar sobre la crisis mundial del agua y saneamiento, se llevó a cabo una charla de actualización y una serie de experimentos sencillos para los alumnos de la cátedra de Bioquímica de la carrera de medicina de la Universidad de la Integración de las Américas (UNIDA). Los alumnos visitaron un laboratorio de agua y trajeron muestras de agua de sus hogares y de las instituciones UNIDA e, Instituto Superior de Educación Policial (ISEPOL). Los materiales y métodos utilizados se basaron en un estudio de laboratorio, con un diseño experimental que analizó las causas y posibles efectos en las variables dependientes. Se organizaron grupos de 10 alumnos para la toma de muestras, cada uno a cargo de un delegado del grupo. Los resultados mostraron la presencia de coliformes totales en un valor de 328 UFC/100ml, mientras que el valor permitido debería ser 0 UFC/100ml según la Norma Paraguaya de Agua Potable. Además, según el análisis de los resultados, se descarta el suministro de agua debido a que los parámetros de nitrato se encuentran dentro del valor permitido. Las posibles razones de contaminación podrían ser debido a vías de bacteria tales como agua superficial y desechos animales, entre otros.

Palabras claves: Análisis fisicoquímico, Control de calidad, agua potable, y coliformes

ABSTRACT

The main objective of this research was to analyze the water quality in Asunción and Greater Asunción. In order to raise awareness about the global water and sanitation crisis, an update talk and a series of simple experiments were carried out for the students of the Biochemistry subject in the Medicine program at the University of the Americas Integration (UNIDA). The students visited a water laboratory and brought water samples from their homes and from UNIDA and ISEPOL institutions. The materials and methods used were based on a laboratory study, with an experimental design that analyzed the causes and possible effects on the dependent variables. Groups of 10 students were organized for sample collection, each one led by a group delegate. The results showed the presence of total coliforms in a value of 328 CFU/100ml, while the allowed value should be 0 CFU/100ml according to the Paraguayan Drinking Water Standard. Additionally, according to the analysis of the results, water supply is ruled out because nitrate parameters are within the allowed value. The possible reasons for contamination could be through bacterial pathways such as surface water and animal waste, among others.

Keywords: Physicochemical analysis, Quality control, Drinking water, coliforms

INTRODUCCION

En los últimos años, la calidad del agua potable se ha convertido en una preocupación creciente en todo el mundo. El acceso a agua potable segura es un derecho fundamental para garantizar la salud y el bienestar de la población. En este sentido, es

fundamental realizar evaluaciones periódicas para asegurar que el agua que consumimos cumple con los estándares de calidad establecidos.

En el caso de la ciudad de Asunción y la Gran Asunción, es importante analizar la calidad del agua potable que se suministra

Para correspondencia dirigirse a: gavilanb29@gmail.com

Recibido: 07 de octubre de 2023. Aceptado: 02 de febrero de 2024.

Conflictos de intereses: Ninguna que declarar.

Fuente de financiamiento: Ninguno.

Editor responsable: Juan Beranger



Este es un artículo publicado en Acceso Abierto bajo Licencia Creative Commons CC-BY, que permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que se cite debidamente la obra original.

a la población. Estas áreas urbanas concentran una gran cantidad de habitantes y la demanda de agua potable es muy alta. Es necesario evaluar si el agua que se está suministrando cumple con los parámetros establecidos en cuanto a su composición fisicoquímica y microbiológica.

La evaluación de la calidad del agua potable implica la realización de análisis fisicoquímicos y microbiológicos que permiten determinar la presencia de contaminantes y microorganismos que puedan representar un riesgo para la salud pública. Estos análisis incluyen la medición de parámetros como el pH, la conductividad, la turbidez, la presencia de cloro residual, así como la identificación de bacterias coliformes y otros patógenos.

Para atender esta realidad y como parte de la vinculación de la investigación con extensión se realizó una charla de actualización del tema “El agua, responsabilidad social compartida”, con las Doctoras Natalia Urdapilleta y Mgtr. Bioq. Diana Diez Pérez quienes abordaron los temas “Calidad de agua Potable y sus efectos sobre la salud” y “Análisis fisicoquímico de Muestra de Agua”-abril del 2023.

Para abordar estas cuestiones y ampliar el compromiso de control de calidad del agua, se presentó al Coordinador Dr. Alexis Mateos de la Facultad de Medicina y a la coordinación de Extensión del Área de Salud la propuesta de una actividad de extensión y trabajo de investigación titulada: “Evaluación de la Calidad del Agua Potable en Asunción y Gran Asunción: Análisis Fisicoquímico y Microbiológico”, el propósito de realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de muestras de agua de Asunción y gran Asunción, es dar a conocer los resultados a las aguateras que proveen este recurso vital o los efectos de tomar las medidas requeridas sobre la mantención de la calidad de agua.

Cabe resaltar que la cultura del agua es clave en la comunidad estudiantil, ya que implica información, conciencia y actitud para garantizar un suministro seguro a las futuras generaciones¹. Además, es fundamental que la educación promueva cambios en valores, actitudes y hábitos para lograr un desarrollo sostenible en la región².

Es importante involucrar a los estudiantes en temas de actualidad para acercar la educación a la realidad de la vida y estimular su motivación e interés. Según la Conferencia Mundial de la Unesco, el aprendizaje relacionado con el desarrollo contribuye a enriquecer las experiencias de aprendizaje y la conexión con la realidad³.

Con el resultado de esta actividad se busca establecer recomendaciones para la toma de muestras de agua y su análisis fisicoquímico y microbiológico, a través de una visita-taller de los alumnos de medicina con la supervisión del Ing. Iván Bogado en el laboratorio de agua de NOBOLAB. Los objetivos específicos son generar un espacio de enseñanza-aprendizaje sobre la calidad del agua y contribuir a la salud y bienestar proporcionando los resultados del análisis del agua potable

En cuanto al objetivo de esta investigación es evaluar la calidad del agua potable en Asunción y la Gran Asunción, a través de un análisis fisicoquímico y microbiológico exhaustivo. Los resultados obtenidos permitieron determinar si existe alguna irregularidad o posible riesgo para la salud asociado al suministro de agua potable en estas áreas urbanas.

Es fundamental conocer y garantizar la calidad del agua potable que consumimos, especialmente en áreas urbanas de alta densidad poblacional como Asunción y la Gran Asunción. Esta investigación busca aportar información relevante y precisa para mejorar la gestión y el control de la calidad del agua potable, con el objetivo de proteger la salud de la población y promover el acceso a un recurso vital de forma segura.

MATERIALES Y METODOS

Métodos

El tipo de Investigación es: Estudio de laboratorio, es un diseño experimental donde se manipulan y controlan variables, analizando las causas y posibles efectos en las variables dependientes.

Principios del método

Parámetros fisicoquímicos: Estas técnicas abarcan pruebas cuantitativas, cromatografía, espectrofotometría, reflectometría, mediciones de parámetros físicos (p. ej., punto de turbidez, color, dureza, pH, olor); **Parámetros microbiológicos:** análisis de patógenos (moleculares o basados en cultivos celulares). El procedimiento de filtración consiste en hacer pasar con ayuda del vacío, un volumen de agua a través de una membrana de celulosa, la cual es colocada luego en una placa de Petri conteniendo el agar PCA e incubada a 35 ± 1 °C por 72 horas. Luego de la incubación las colonias típicas de color amarillento son contadas y el número de Aerobios mesófilos es reportado por 1 ml. o por gramo de alimento de la muestra original. El recuento debe hacerse por duplicado. Esta técnica permite examinar volúmenes muy variables de agua y ofrece un resultado directo de la concentración de bacterias (por el recuento de colonias) en lugar de un estimado estadístico, como en el caso de tubos múltiples. El límite de detección es de 1 UFC/ml

Desarrollo de la actividad

Primera Etapa – Formación de grupos

En el Aula **A** se formaron 3 grupos de 10 integrantes, para tomar la muestra de un hogar de uno de los alumnos, Instituto Superior de Educación Policial y Universidad de la Integración de las Américas UNIDA que será grabada por los estudiantes de medicina y completando las planillas para el traslado de la muestra de agua al laboratorio NOBOLAB.

En el Aula **B** se formarán 3 grupos de 10 integrantes, para tomar la muestra de los hogares de dos de los alumnos y de la casa de la Profesora de cátedra, completando las planillas para el traslado de la muestra de agua al laboratorio de la FACEN UNA.

Formulario para enviar al laboratorio de muestras de agua superficial y/o subsuperficial para análisis de trabajo de investigación de la FACULTAD DE MEDICINA UNIDA

Segunda Etapa- Toma de muestra

Las tomas de muestras se realizaron el 18 de mayo del 2023 a las 8:00 am con los siguiente protocolo: La guía presento los diferentes tipos de fuentes distribuidor que hay en Asunción y el Gran Asunción, El trabajo se realizó con los alumnos de la carrera de Medicina de la asignatura de Bioquímica I que tomaron las

muestras de agua de sus respectivas viviendas y realizando la recolección de los datos de los análisis a determinar: color, sabor y olor, turbiedad (N.T.U), pH, conductividad (uS/cm), aluminio (mg/L Al), cloro libre residual (mg/L, nitrógeno amoniacal disueltos, hierro, nitrato, arsénico, arsénico, coliformes totales y coliformes fecales.

Materiales

- Equipos portátiles para mediciones de temperatura, pH y conductividad eléctrica. (LABYMOS, EQUIPO PORTATIL),

- Botella de plásticos de 2 L de capacidad, para la toma de muestras.

- Posteriormente las muestras fueron conservadas a 4 °C para el transporte hasta el laboratorio “NOBOLAB S.A.” sito en Fernando de la Mora-Paraguay

- Estufa de cultivo 35 ± 1,- Espátula, - Pipetas bacteriológicas o jeringas estériles 1 ml,- Autoclave,- Bolsa estéril,- Frascos Schott,- Placas de Petri plásticas desechables estériles 1 ml,- Autoclave,- Bolsa estéril,- Frascos Schott,- Placas de Petri plásticas desechables estériles,- Probeta 500 ml.

Procedimientos

Pasos para seguir

Toma de muestras de agua y traslado para el análisis fisicoquímico

1. Los envases utilizados para la remisión de muestras para el análisis fisicoquímico fueron de plástico y vidrio (que no hayan sido de gaseosa o jugo) etiquetado correctamente con los siguientes datos: tipo de muestra (simple, compuesta, continua, integrada), origen (pozo, superficial, red, otros), fecha y hora de toma de muestra, localidad, responsable del muestreo. Estos envases deben poseer un cierre seguro.

2. El volumen de muestra mínimo para el análisis fisicoquímico es de 2 L, cualquier modificación será indicada en el presupuesto correspondiente.

3. Las muestras de agua superficial (ríos, arroyos, otros) y de piscinas que se encuentren al aire libre, no sean muestreadas dentro de las 24 horas posteriores a precipitaciones (lluvia), debido a los efectos de dilución que pueden presentarse.

4. Los parámetros de conductividad, Cloro residual, Oxígeno disuelto, pH, temperatura y turbidez son determinados in situ. Cuando el muestreo esté a cargo del cliente, el mismo es responsable de cualquier variación que pudiere presentarse en estos parámetros debido a las condiciones del transporte y/o al tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis de las muestras.

5. Para muestras de agua de grifo o similares, el mismo debe abrirse y dejar correr el agua por aproximadamente 1 min antes de proceder a la toma de muestra.

6. SE realiza tres enjuagues del recipiente a utilizar con la muestra de agua a ser analizada.

7. Proceder al llenado, cierre correcto y etiquetado del envase

contenedor.

8. Las muestras deben ser selladas con cinta adhesiva y transportadas refrigeradas en una conservadora limpia con hielo, para mantener una temperatura inferior a 6°C.

9. Se remitió las muestras a la Facultad de Ciencias Químicas desde la colecta de esta (ver el punto 4 para las determinaciones in situ).

Tercera Etapa- Presentación de resultados y compromiso Social

El 20 de junio del 2023 se llevó a cabo la última charla de actualización del trabajo de extensión titulado “El Agua, responsabilidad compartida”, en dicho encuentro el disertante fue el Ing. Iván Bogado representante del Laboratorio “NOBOLAB”, el coloproctólogo cirujano Dr. Luis Bernardo Weisensee, donde participaron profesores de y alumnos de la Facultad de Salud de la Universidad De La Integración De Las Américas - UNIDA.

Si bien los planes de estudio del nivel Universitario contemplan contenidos relacionados con la problemática del agua son escasas las actividades de laboratorio que se implementan en el área de salud. La metodología de trabajo seleccionada intenta favorecer la participación del estudiante en la aplicación e integración de los contenidos curriculares que se desarrollan en la facultad ampliando lo aprendido en el área de bioquímica con énfasis en química y el ambiente.

La actividad central consistió en la determinación de la calidad fisicoquímica de una muestra de agua. Para ello se realizaron los siguientes análisis: dureza total, pH, determinación nitratos, sólidos totales. En el encuentro el disertante Ing. Iván Bogado realizó las interpretaciones de los resultados de análisis de agua y se entabló un foro de discusión sobre los problemas más frecuentes relacionados a la salud pública. Desarrollo los conceptos de los parámetros de potabilidad exigidos según Norma Paraguaya del agua potable, objetivos de la potabilización del agua e interpretación de análisis de agua, parámetros que influyen directamente en la salud pública, toma de muestras, normativas y reglamentaciones

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según se observa en la tabla 1, en la muestra N° 1 se constató la presencia de **Coliformes totales** con un resultado de **328 UFC/100 ml**, mientras que el valor permitido debería ser **0 UFC/100 ml** según la **NP 24 001 80-Norma Paraguaya de Agua**. En cuanto a las muestras número 2, 3, 4, 5 y 6, se encuentran dentro de los parámetros normales y, por lo tanto, se consideran aptas para el consumo humano.

Es importante destacar que la muestra número 6 de agua analizada proviene de un pozo artesiano. Aunque los resultados laboratoriales demuestran que está dentro de los parámetros normales y, por lo tanto, es apta para el consumo humano, se debe tener en cuenta que, en general, el agua de un pozo artesiano no está sujeta a controles ni garantías sanitarias.

Tabla 1. Resultado de las diferentes muestras tomadas para el análisis microbiológicos y fisicoquímicos.

INFORME DE ENSAYO								
Parámetros microbiológicos	Metodología	Valor Permitido	RESULTADOS					
			Muestra N° 1 Agua de grifo	Muestra N° 2 Agua de grifo	Muestra N° 3 Agua de grifo	Muestra N° 4 Agua de grifo	Muestra N° 5 Agua de grifo	Muestra N° 6 Agua de pozo artesiano
Recuento de <i>E. coli</i>	ISO 9308-1:2014(E)	0 UFC/100ml	0	0	0	0	0	0
Recuento de <i>Coliformes totales</i>	ISO 9308-1:2014(E)	0 UFC/100ml	328	0	0	0	0	0
Parámetros fisicoquímicos	Metodología	Valor Permitido	RESULTADOS					
Ph	Potenciométrica	4 – 9 UpH	6,1	6,3	7,2	6,5	6,6	6,4
Nitrato	Fotométrico	45 mg/L	3,35	4,31	5,08	3,07	4,45	2,65
Conductividad	Conductimétrico	1.250 µS/cm	218	211,8	214,3	207,3	221	194,5
Cloruro	SM 4500 Cl B	250 mg/L	14,25	11,4	15,2	15,2	14,25	14,73
Sulfato	SM 4500 SO ₄ E	250 mg/L	38,85	40,61	37,96	39,1	34,68	37,84
Dureza Total	SM 2340 C	400 mg/L	66,15	78,58	75,6	59,18	67,64	58,18
Alcalinidad Total	SM 2320 B	250 mg/L	17,91	44,78	22,89	12,94	22,39	12,44
Referencias NP 24 001 80 – Norma Paraguaya de Agua Potable Notas UFC: Unidad Formadora de Colonias UpH: Unidad de pH								

Fuente: elaboración propia con datos de estudios laboratoriales Nobolab S.A.

Por lo tanto, consumir agua de un pozo puede no ser seguro inicialmente, ya que agentes externos como microorganismos, bacterias,

virus y hongos pueden contaminar el agua subterránea que alimenta el pozo. La calidad del agua del pozo puede variar, mejorando o empeorando, dependiendo de la zona de residencia y su composición química. Para asegurar que el agua de un pozo sea segura y de alta calidad para el consumo, es necesario aplicar los procesos y tratamientos adecuados para su potabilización

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Del total de las muestras de agua analizadas 6 resultaron aptas para consumo humano de acuerdo a lo exigido por el según la NP 24 001 80-Norma Paraguaya de Agua Potable, excepto 1 cuyo resultado muestra en la (figura 2), donde se constató la presencia Recuento de Coliformes total con un resultado de **328** UFC/100ml donde el valor permitido debería ser 0 UFC/100ml según NP 24 001 80-Norma Paraguaya de Agua Potable que según el análisis de los resultados se descarta el suministro de agua (ESSAP) por tener los parámetros de Nitrato dentro del valor permitido. Esto permitió instalar la problemática de contaminación, Las razones posibles pueden ser la mala toma

de muestra, contaminación entre una vía de bacteria (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc. en este caso se observó que el tanque no posee tapa y eso ocasiona que se contamine con materias orgánicas que pueden ser las hojas que caen, las heces de las aves y que el propio tanque este sucio, estos análisis son indicadores de higiene se sugiere que se haga una limpieza y desinfección del tanque y tapar dicho tanque. El consumo de agua con un alto contenido de coliformes tiene graves consecuencias para el ser humano al contener una amplia gama de parásitos y virus causantes de enfermedades como fiebres tifoideas, hepatitis, accesos infecciosos o salmonelosis. Tanto el Ing. Iván Bogado como el Dr. Luis Bernardo Weisensee comentaron las consecuencias de aguas contaminadas debido a los precario de las instalaciones de agua. destacaron que en la actualidad es frecuente encontrar aguas contaminadas con nitratos, Para ello se plantearon y discutieron algunos conceptos sobre las causas y consecuencias de la contaminación con nitratos:

- El consumo de aguas con un alto contenido de nitratos puede

provocar toxicidad agua en seres humanos, siendo los más afectados los niños quienes sufren la enfermedad conocida como metahemoglobinemia o enfermedad del niño azul. El ión nitrato es reducido por bacterias del tracto digestivo a ión nitrito, el cual se une a la hemoglobina y afecta su función biológica como transportadora de oxígeno.

- El valor recomendado por nitratos en agua por la Organización Mundial de la Salud es de 45 mg/l ⁴
- El nitrato es la forma más oxidada y estable del Nitrógeno, es soluble en agua y puede lixivarse fácilmente alcanzando las napas subterráneas y permanecer allí por décadas ⁵
- Las principales fuentes de contaminación por nitratos son⁶: Actividades agrícolas: tanto el uso de fertilizantes como la mineralización de materia orgánica del suelo, aguas servidas y cámaras sépticas. Residuos provenientes de actividades pecuarias: criaderos de pollos, cerdos y salas de ordeño.

La actividad de trabajo experimental los alumnos de medicina de la cátedra bioquímica I elaboraron un informe con los datos de los lugares de toma muestra con la ayuda de formulario, los resultados obtenidos fueron presentados en la 2 da Charla de Actualización “El Agua, responsabilidad social compartida”

En todo proceso de cambio o renovación en la enseñanza de la ciencia, los docentes son el componente decisivo. Son ellos los que deben estar convencidos que se necesita de su innovación de su creación y de su actitud hacia el cambio para responder no sólo a los propósitos que se fijan en las propuestas didácticas, sino también, para satisfacer las exigencias de los contextos que envuelven a los educandos como sujetos sociales, históricos y culturales⁷

CONCLUSIÓN

La investigación llevada a cabo ha permitido a los docentes cumplir un papel de extensión educativa al enseñar a los alumnos sobre los requisitos y procedimientos para el control de calidad del agua. Aunque es importante tener en cuenta que los resultados positivos de esta propuesta educativa pueden requerir tiempo para ser evidentes, es una estrategia alternativa en el ámbito de la educación para el desarrollo sostenible. La participación de los estudiantes en el diagnóstico de la calidad del agua potable a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, así como la promoción de prácticas de higiene, contribuye a mejorar la calidad del agua y protegerla de la contaminación.

De las muestras de agua de red analizadas, 6 resultaron aptas para el consumo de acuerdo a los estándares establecidos por la Norma Paraguaya de Agua Potable (NP 24 001 80). Sin embargo, una muestra presentó un resultado de Recuento de Coliformes total de 328 UFC/100ml, cuando el valor permitido debería ser 0 UFC/100ml según la misma norma, lo cual indica la presencia de contaminación. A raíz de estos resultados, se descarta el suministro de agua proveniente de la ESSAP y se plantean posibles soluciones para abordar esta problemática.

Se recomienda ampliar la investigación en esta área, con el fin de seguir promoviendo la conciencia sobre la importancia del control de calidad del agua y fomentar acciones para garantizar su seguridad y suficiencia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad UNIDA, del Semillero de investigación de Bioquímica I, por su colaboración incansable en la toma de muestras: Arce Evelin, Vigo Luis, Báez Fabio, Canata Luis, Candia Paula, Cuqueo Fabiola, Diaz Alberto, Doldan Ruth, Escobar Thiago, Espínola Mauro, Fernández Jhennifer, Frahani Cirus, Franco Larizza, González Lucia, Lenguaza Nazely, Lezcano Diego, Maidana Melissa, Martínez Milagros, Medina Jazmín, Molas Amanda, Ojeda María, Ovelar José, Ramírez Lourdes, Rivas Jessica, Riveros Víctor, Rodríguez Felipe, Ruiz Diaz Zoé, Samudio Brahiam, Sugastti Enrique, Toledo Santiago, Torres Samira, Valdez Diana, Yegros Marycris, Almirón Alexis, Alvarenga Junior, Álvarez Fatima, Ayala Soledad, Ayala Melissa, Barreto Julio, Benítez Dina, Blanco María, Boveda Ingrid, Ciciolli Martina, Esquivel Alejandro, Fariña Fiorella, Ferreira Ruth, Garcete Eva, Giménez Luz, Godoy Giselly, Gómez Ricardo, Ibarrola Camila, López Tamara, Macchi Ángel, Medina Dalma, Mieres Juan, Ocampos Luana, Orue Yanina, Palacios José, Pavón Fiorella, Prieto Yisenia, Regunega Carlos, Rivas Melisa, Sánchez Luz, Solís María, Sosa María, Soto Romilio, Vaccaro Hernán, Vegas Oscar, Vigo Luis, Weiler Ever, Zacher Jessica.

REFERENCIAS

1. Solsona F, Fuertes C. Guía para la promoción de la calidad del agua en escuelas de los países en desarrollo del Instituto de Investigaciones En Ciencias de la Salud. 2003;17(2):24-35. <https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2019.017.02.24.035>
2. McKeown R. Manual de Educación para el Desarrollo Sostenible. Instituto de Educación e Investigación Universidad de Tennessee(WMREI–WasteManagementResearchandEducation Institute) [Internet]. 2002 [citado 2023 May 29]. Disponible en: https://www.bantaba.ehu.es/obs/files/view/Manual_EDS_1.pdf?revision%5Fid=66079&package%5Fid=66037
3. Conferencia Mundial de la UNESCO. Educación para el Desarrollo Sostenible [Internet]. 2009 [citado 2023 May 29]. Disponible en: <http://www.esd-world-conference2009.org/fileadmin/download/background/ESD2009BasicESP.PDF>
4. Organización Mundial de la Salud. Guía para la calidad del agua potable [Internet]. 2003 [citado 2023 May 29]. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
5. Nolan BT. Nitrate behavior in ground waters of the southeastern. J Environ Qual. 1999;28:1518-27.
6. Auge M. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación con nitratos, presentado en ponencias del taller: Protección de acuíferos frente a la contaminación meteorológica [Internet]. 2001 [citado 2023 May 29]. Disponible en: [http://tierra.rediris.es/hidrored/\(2002-05-6\)](http://tierra.rediris.es/hidrored/(2002-05-6))
7. Ortega FJ. Modelos Didácticos para la Enseñanza de la Ciencias Naturales. Rev Latinoam Estud Educ. 2007;3:41-60.