

23

Fecha de presentación: mayo, 2020
Fecha de aceptación: julio, 2020
Fecha de publicación: septiembre, 2020

PROCEDIMIENTO

PARA EL ANÁLISIS QUÍMICO DE LA CONTAMINACIÓN POR NITRITOS Y NITRATOS EN AGUAS DE CONSUMO

PROCEDURE FOR THE CHEMICAL ANALYSIS OF NITRITE AND NITRATE CONTAMINATION IN DRINKING WATER

Belkys Carmen García López¹

E-mail: belkys@cf.hidro.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1449-1416>

Eduardo Julio López Bastida²

E-mail: kuten@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1305-822X>

Nelson Arsenio Castro Perdomo²

E-mail: ncastro@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3465-7647>

¹ Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Cienfuegos. Cuba.

² Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

García López, B. C., López Bastida, E.J., & Castro Perdomo, N. A. (2020). Procedimiento para el análisis químico de la contaminación por nitritos y nitratos en aguas de consumo. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 190-195

RESUMEN: Los nitritos y nitratos causan graves daños a la salud. Los mismos pueden encontrarse en altos contenidos en el agua de consumo y es por ello que es muy necesario determinar de forma certera su presencia. El objetivo de la investigación es describir un procedimiento para el análisis químico de la contaminación por nitritos y nitratos en aguas de consumo. Para el desarrollo del mismo se aplicaron métodos del orden teórico y práctico, como el trabajo con expertos, además de los métodos estadísticos. Como principal resultado, se logra una guía de buenas prácticas operativas para el manejo del agua apta para el consumo humano.

Palabras clave: Agua de consumo, contaminación por nitritos y nitratos, análisis químico.

ABSTRACT: Nitrites and nitrates cause serious damage to health. They can be found in high contents in drinking water and that is why it is very necessary to accurately determine their presence. The objective of the research is to describe a procedure for the chemical analysis of nitrite and nitrate contamination in drinking water. For its development, methods of the theoretical and practical order were applied, such as working with experts, in addition to statistical methods. As a main result, a guide of good operating practices is achieved for the management of water fit for human consumption.

Keywords: Water for consumption, nitrite and nitrate contamination, chemical analysis.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el agua como recurso natural representa dentro de la sostenibilidad y prospección del desarrollo, un elemento vital, de un uso universal obligado, que por demás constituye un vehículo fundamental para la transmisión de enfermedades de origen bacteriano o no, razón por la cual la ocupación de su manejo para lograr óptimos consumos y adecuada calidad constituye hoy en día una ocupación también universal, pues además su disponibilidad en el planeta es finita y en peligro de disminución (Collazo & Montaña, 2012).

En lo fundamental, por la propia naturaleza de los suelos y/o por la actividad antrópica, este recurso vital se contamina, haciéndolo no apto para su consumo en diferentes fines, uno de ellos y muy fundamental, el consumo humano (Dell'Amico, Morales & Calaña, 2011). Dentro de estos contaminantes están los nitritos y nitratos, los que se expresan indistintamente en determinadas regiones, asociándose a procesos de salud alarmantes y delicados como son la metahemoglobinemia y la carcinogénesis, razón que motiva a realizar estudios encaminados a esta problemática, máxime en regiones donde el abasto de agua no se realiza correctamente mediante plantas de tratamiento debidamente certificadas, como es el caso del municipio objeto de estudio.

En Cuba, se llevan a cabo numerosos estudios, que no solo abordan la pesquisa de factores que condicionan la limitación del uso del agua para consumo humano, sino también, la evaluación de acciones preventivas y/o correctivas que contribuyen a un adecuado manejo del recurso para estos fines (Betancour, 2015).

La Delegación de Recursos Hidráulicos en la provincia de Cienfuegos, se ha pronunciado por asegurar la calidad del agua en función del mantenimiento de la salud, pilar fundamental sobre el que se rige el estado socialista cubano. A raíz de elaborarse la Política Nacional del Agua, por indicación del INRH, se comienza a incentivar la búsqueda de soluciones, que contrarresten los efectos negativos derivados de la contaminación del agua de consumo. Se promueven así desde este nivel, investigaciones científicas que delimitan no solo etiológicamente la contaminación de las aguas, sino también las zonas asociadas (García, 2015).

El estudio describe el procedimiento a seguir para la determinación de nitritos y nitratos en las fuentes de abasto de agua a la población, asumiendo como principio que "los avances socioeconómicos no pueden sostenerse si no se dispone, entre otras cosas, de un agua apta para el consumo humano".

Por las implicaciones que tiene el consumo de aguas contaminadas por nitritos y nitratos, el disponer de un correcto análisis de la contaminación por estos elementos, permite elaborar un programa de mejoras incidiendo de mejor modo en los niveles de salud.

DESARROLLO

El alza que ha experimentado la presencia de nitritos y nitratos en las fuentes de abasto de agua, originada por las diferentes actividades antrópicas y muy en particular por las actividades agrícolas y dentro de estas lo relativo a la fertilización química con urea y nitrito, llama la atención del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, lo que dio origen a un estudio detallado del efecto de estos contaminantes a la salud humana.

Para poder efectuar una correcta pesquisa de los nitritos y nitratos como contaminantes del agua, primeramente, se debe llevar a cabo un diagnóstico que permita identificar los principales elementos que caracterizan el estado de cada fuente en el momento en que se realiza una investigación (Betancour, 2015).

Para valorar el estado en que se encuentran las fuentes de abasto (pozos) a la población se realiza una inspección ocular a cada fuente (pozo), mediante lo cual se constata:

- Situación del cercado perimetral.
- Estado de protección (caseta de la Estación de bombeo).
- Vías de acceso.
- Características técnicas del equipamiento de bombeo.
- Observancia a las zonas de protección de las fuentes de abasto (pozos).

Corresponde después determinar la disponibilidad hídrica del lugar donde se realizará el estudio, auxiliándose de la aplicación de los métodos y sus técnicas vinculadas.

La disponibilidad hídrica de un territorio está dada por la existencia de algunas condiciones que determinan muchas de las actuaciones relativas al suministro seguro de la cantidad y calidad de agua, la gestión integrada de los recursos hídricos y los enfrentamientos a escenarios vinculados a eventos extremos del clima (Dell'Amico, et al., 2011).

Las actividades que se realizan para la determinación de la contaminación por nitritos y nitratos se inicia con la toma de la muestra al pozo, el que ha de estar 20 minutos como mínimo bombeando agua antes de ser muestreado

(Cabrera, Díaz & Portela, 2015). Luego en tiempo menor a 6 horas estas muestras son trasladadas al laboratorio del INRH provincial en el cual se realiza la determinación de los contaminantes anteriormente mencionados mediante análisis químico, posteriormente estos resultados son introducidos en una base de datos que permite estudiarlos con facilidad.

Las técnicas utilizadas para el análisis de nitritos y nitratos son las que ofrece la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST), como las más certeras en primer lugar por ser un centro certificado y además por ser especializado en los muestreos que se describen.

Para la toma de muestras (Mendow, 2011) se utilizan medios de protección física como delantales, botas, guantes, naso bucos y dispositivos para la conservación de las muestras tomadas (neveras o cajas refrigeradas, frascos de muestreo). Se emplean también otros materiales auxiliares jabón para el aseo personal y una solución de alcohol al 70 % para la desinfección de las manos.

Antes de realizar el muestreo, se confirma, si es posible mediante una visita diagnóstico, que estén dadas las condiciones mínimas indispensables para el éxito del muestreo, que garanticen la representatividad de las muestras y la accesibilidad al cuerpo de agua objeto del muestreo.

Para proceder a la preparación de frascos para el muestreo se tienen que cumplir los siguientes pasos:

- Eliminar el contenido de muestras anteriores de los frascos.
- Enjuagar uno por uno con abundante agua potable.
- Lavar exhaustivamente empleando agua con detergente.
- Eliminar los residuos de detergente con abundante agua potable.
- Enjuagar empleando solución de ácido clorhídrico 1+1.
- Finalmente enjuagar con agua destilada y se adiciona conservantes de acuerdo con los ensayos a realizar.

Cuando los frascos tienen preservantes previamente adicionados, se llenan los recipientes sin preenjuague de la muestra y sin rebosar el mismo para evitar su pérdida. La bomba debe estar funcionando al menos 20 minutos ininterrumpidamente para que la muestra sea representativa de acuerdo al volumen de la tubería y la velocidad del flujo. Conservación de las muestras La conservación de las muestras comienza desde el momento que se realiza la toma de muestras y debe garantizarse su trazabilidad.

Para la transportación de las muestras:

- Se verifica que en el lugar donde se ponen los recipientes con las muestras para ser transportadas, no haya alguna posible contaminación externa o posibilidad de roturas.
- La muestra se transporta en caja refrigerada para mantener una temperatura de 2 °C a 4 °C y se protege de la luz.

El procedimiento analítico para el ensayo de nitrito, se sustenta sobre la base de la siguiente fundamentación analítica (Ginarte, 2015):

La sulfanilamida, en medio ácido ($\text{pH} < 2$), reacciona con el ion NO_2^- resultando en un diazocompuesto el cual se une formando un complejo con N-(1-naftil) etilendiamino dihidrocloruro. El compuesto azo así formado tiene un fuerte color rojo con un pico de absorbancia a 543 nm. La estructura del compuesto azo no es completamente conocida. El límite de detección es 0,001 mgL⁻¹ ó 1 µgL⁻¹. Puede medirse el $\text{NO}_2\text{-N}$ hasta en una concentración de 250 µgL⁻¹.

Como reactivos se utilizan la Sulfanilamida: para ello se deben disolver 5 g de sulfanilamida en una solución de 50 mL de ácido clorhídrico concentrado (12 M) diluir con 300 mL de agua desionizada. Enrasar con agua desionizada hasta 500 mL. La solución es almacenada en frío (4 °C) en botellas oscuras y es estable al menos por 2 meses.

El N-(1-naftil) etilendiamino dihidrocloruro es el otro reactivo empleado y se debe disolver 0,5 g en agua desionizada y diluir hasta 500 mL. La solución es estable al menos 2 meses si se guarda en frío (4 °C). Se almacena en frasco de cristal ámbar.

La solución principal de nitrito (100 mg $\text{NO}_2\text{ L}^{-1}$) se utiliza disolviendo 0,4926 gr de NaNO_2 (secado a 105 °C por 2 horas) y diluir en un volumétrico con 750 mL de agua desionizada completando posteriormente hasta 1000 mL. Almacene en frasco ámbar de vidrio en frío (4-5 °C), la solución es estable por 1 mes.

La solución estándar de nitrito (100 µg $\text{NO}_2\text{ L}^{-1}$) se prepara por dilución de 1 mL de la solución principal en 1000 mL de agua desionizada. Presérvela solo por una semana. Unas gotas de cloroformo detienen el crecimiento de bacterias en la solución principal.

Para el procedimiento analítico se tienen que seguir los siguientes pasos;

- Filtrar las muestras a través de un filtro de fibra de vidrio GF/C.

- Pipetear 40 mL de la muestra en un matraz aforado de 50 mL con tapa (diluir la muestra si la misma contiene más de 200 mg NO₂ L⁻¹).
- Un blanco (40 mL de agua desionizada) el cual debe tener una $A \leq 0,005$ y una muestra del patrón secundario (40 mL) la cual debe tener una $A = 0,295-0,305$; son utilizadas en cada serie de análisis.
- Añadir 2 mL de la solución de sulfanilamida al frasco volumétrico y mezclar. Esperar de 3 a 6 minutos, tratar de mantener el mismo intervalo de tiempo para todos los frascos en cada serie de análisis.
- Añadir 2 mL de N-(1-naftil) etilendiamino dihidrocloruro y mezclar cuidadosamente. Diluir a 50 mL con agua desionizada.
- Después de 10 minutos, pero dentro de 2 horas leer la absorbancia a 543 nm, para estas mediciones se utilizan las cubetas de 1 cm.

El Cálculo para el NO₂-N se realiza de la forma siguiente (Betancourt, 2015):

Siendo: C_{etNO_2} = Concentración del estándar de Nitrito (100 µg/L-1) V_{et} = Volumen de la solución estándar de Nitrito (40 mL) A_{bl} = Absorbancia del blanco A_{mtra} = Absorbancia de la muestra A_{etNO_2} = Absorbancia de la solución estándar de nitrito V_{mtra} = Volumen de la muestra (40 mL) 0,329 = Factor de corrección propuesto por el laboratorio de la ENAST en Cienfuegos

En ciertos casos una llamada muestra blanco debe adicionarse. Esta consiste en agua de la muestra y debe ser tratada de la misma forma que las muestras normales con excepción de la adición del N-(1-naftil) etilendiamino. Su absorbancia es sustraída junto con el valor del de la absorbancia de la muestra. Procedimiento analítico para el ensayo de nitrato: Principio del método Por este método se puede determinar muestras con bajo contenido de materia orgánica, es decir, aguas naturales no contaminadas y suministros de agua potable. La curva de calibración de nitrato cumple la ley de Lambert - Beer hasta los 11 mg NNO₃/L.

La medida de la absorción UV a 220 nm hace posible la determinación rápida de nitrato. Dado que la materia orgánica disuelta puede absorber también a esta longitud de onda se realiza una segunda medición de la absorbancia a 275 nm que permite la corrección del valor del nitrato. Esta corrección empírica dependerá de la naturaleza y concentración de la materia orgánica y puede variar de unas aguas a otras.

En consecuencia, este método no es recomendable cuando se precise una corrección importante para la absorbancia de la materia orgánica, aunque pudiera ser útil en un sistema de agua que se necesite controlar los niveles de nitrato con un tipo constante de materia orgánica (Betancourt, 2015).

Los factores de corrección para la absorbancia de materia orgánica se pueden establecer por el método de adiciones en combinación con el análisis del contenido original de nitrato por otro método.

Interfiere la materia orgánica disuelta, los detergentes, el nitrito y el cromo hexavalente. Pueden interferir varios iones inorgánicos que no se encuentran normalmente en el agua natural, como clorito y clorato.

Las sustancias inorgánicas se pueden compensar con un análisis independiente de sus concentraciones y la preparación de curvas de corrección individuales. Para muestras turbias, filtrar por filtro de membrana de 0,45 µm de diámetro de poro. Ensayar la contaminación de nitrato en los filtros (Betancourt, 2015).

La filtración de la muestra tiene como objetivo eliminar posibles interferencias de las partículas suspendidas. La acidificación con ácido clorhídrico 1N sirve para impedir interferencias de hidróxido o carbonato de hasta 1000 mg de carbonato de calcio. El cloruro no afecta en la determinación.

Para determinar la concentración de nitrato (Ginarte, 2015) en aguas limpias, con bajo contenido de materia orgánica, en el rango de concentración de 2 hasta 30 mg/L se utilizan los siguientes materiales

- Espátulas o cucharitas para pesar.
- Balanza analítica.
- Espectrofotómetro.
- Pipetas graduadas de 1, 2, 5 y 20 cm³.
- Pipetas aforadas de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 cm³.
- Matraces volumétricos de 50 cm³.
- Vasos de precipitado de 100 cm³. Reactivos utilizados Solución madre de nitrato de potasio 100 mg/L: Pesar 0,7218 g de nitrato de potasio previamente secados a 105 °C por 24 horas y diluir a 1L. Preservar con 2 cm³ de cloroformo. A partir de esta disolución se preparan 5 disoluciones patrón en el rango de concentraciones de 2 a 30 mg/L para construir la curva de calibración.

Solución control de nitrato de potasio 15 mg/L: Pipetear 150 cm³ de la solución madre de nitrato de potasio de 100 mg/L y enrasar a 1L. Nota: Esta solución madre debe ser preparada con reactivo de origen diferente (lote y/o fabricante) a la utilizada para preparar la solución madre anterior. Ácido clorhídrico 1N: Diluir 83 cm³ de ácido clorhídrico concentrado en 1L de agua destilada.

El procedimiento analítico para medir la concentración de nitrato (Betancourt, 2015) de los ítems de ensayo es como se describe a continuación:

Para muestras, disoluciones de control y patrones se procede de igual forma. Filtrar si es necesario. Se toman 50 cm³ de la muestra, adicionar 1 cm³ de ácido clorhídrico 1N y agitar hasta mezclar completamente. Se toman 50 cm³ de la muestra, adicionar 1cm³ de ácido clorhídrico 1N y agitar hasta mezclar completamente. Se emplea un blanco de agua destilada y se mide la absorbancia de la muestra de 220 nm para obtener la lectura del nitrato y se lee nuevamente a 275 nm para obtener la lectura de la interferencia de la materia orgánica disuelta. Para la determinación de la concentración de nitrato se interpolan las lecturas en la curva de calibración y se resta a la lectura del nitrato obtenida a 275 nm. El valor obtenido por la diferencia de ambas lecturas no puede ser superior al 10% de la lectura del nitrato para emplear este método.

Se mide primeramente la absorbancia de dos disoluciones de control de 15 mg/L de nitrato. El promedio de estos dos valores se dibuja en la carta de control. Si se encuentra que el procedimiento está bajo procedimiento analítico se procede a determinar la absorbancia y la y la concentración de las muestras. Si no, se procede según PT08 "Procedimiento para el Aseguramiento de la Calidad". Si la absorbancia determinada en una muestra es superior a la de mayor punto de calibración, se diluyen las muestras según sea necesario, hasta obtener una porción diluida de 50 cm³ cuya absorbancia esté comprendida en el rango de calibración. Cada 10 muestras se lee nuevamente la disolución de control.

Para la referenciación por zonas de los potenciales contaminantes a las fuentes de abasto de agua se recurre a la información resultante del diagnóstico realizado a cada una de las fuentes de abastos (pozos) estudiados (García & Castro, 2018), cuyos resultados se presentan en una tabla donde se identifican por zona, el nombre de la fuente (pozo) y la ubicación del potencial contaminante que pueden influir sobre los niveles de nitritos y nitratos que muestran los análisis realizados en el período seleccionado.

De este análisis se deriva la elaboración de una propuesta de medidas con el auxilio de un Grupo Focal, utilizándose

como método de investigación el trabajo con Grupo Focal integrado por el universo real potencial, relacionados con el abasto de agua a la población y el monitoreo y análisis de las fuentes,

La validación de los resultados Método Delphi: Siguiendo pasos como:

- Concepción inicial del problema: Esclarecer qué objetivo se persigue en el intercambio con los expertos.
- Selección de los expertos:

En cuanto a la selección de los expertos debe calcularse el tamaño de muestra y demostrar, a partir del cálculo del coeficiente de competencia, que poseen conocimientos y argumentación suficiente en el tema que se analiza. Se preparan las encuestas para hacerlas llegar a los expertos y someterlas a su criterio y por último se determina el coeficiente de competencia de cada experto. Este último paso permite asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. La aplicación del método se desarrolla en lo general mediante tres rondas. La determinación del número de expertos se hace tomando en consideración la NC 49:1981 C. (Calidad. Métodos de expertos), en la que se reconoce una cantidad mínima indispensable de siete (7) y no mayor de quince (15), esto último por la operatividad del método.

Procesamiento y análisis de la información:

En este paso se define si existe concordancia entre los expertos o no mediante una prueba de hipótesis donde:

H₀: El juicio de los expertos no es consistente. (No comunidad de preferencia)

H₁: El juicio de los expertos es consistente. (Comunidad de preferencia)

Para esta prueba se debe calcular el coeficiente de Kendall (W) que no es más que un coeficiente de regresión lineal que da el grado de correlación entre los expertos o la llamada concordancia. Este es un índice, entre 0 y 1, que indica que no existe concordancia entre los expertos, o que los expertos concuerdan totalmente con los criterios planteados y el orden de los mismos, respectivamente.

Las hipótesis resultantes planteadas pueden probarse si $k \geq 7$ (Cantidad de criterios para la evaluación de los expertos) utilizando el estadígrafo Chi- Cuadrado que se calcula:

Región crítica: $X^2_{calculado} > X^2_{tabulado}$. Chi – Cuadrado tabulado se localiza en la tabla estadística que

se corresponde con tal distribución para $k - 1$ grados de libertad y un nivel de significación prefijada.

Si se procesa la información en el paquete de programas SPSS se considera como región crítica: $P\text{-Value} < \alpha$.

De no existir concordancia entre los expertos se sigue a otra ronda de análisis hasta lograrla realizando los cambios pertinentes en función de lo que evalúan.

En caso de que el número de características sea menor que siete ($k < 7$) se tiene:

Stabulada: Se encuentra en la tabla de Friedman Ri: Sumatoria de las evaluaciones dadas por los expertos para cada una de los criterios

Para el tratamiento estadístico de los resultados, los datos que se obtienen al llevar a cabo la investigación, son procesados, mediante el programa estadístico SPSS V15. El mismo permite el trabajo con grandes bases de datos y un sencillo interface para la mayoría de los análisis. El trabajo con las tablas, gracias al empleo de este programa, les da a las mismas un formato especial, a las salidas de los datos para su uso posterior. Una vez procesada toda la información, se realizan revisiones lógicas de la misma y se obtienen reportes, de los valores considerados atípicos o significativos (Bayarre & Hosford, 2000).

Se emplea solo el censo de hecho, el cual implica el empadronamiento de toda la población presente en el territorio en estudio. Se hace necesario aplicar la media muestral, a los resultados de los muestreos del agua, realizados durante el período de tiempo que se consigne al estudio, a los pozos del lugar.

Se utiliza además la tabla de frecuencias, la cual permite agrupar la frecuencia absoluta y relativa con que se presentaron los valores significativos de contaminación (Bayarre & Hosford, 2000). Para mostrar la variabilidad de la distribución de los elementos contaminantes en los diferentes muestreos realizados, se utilizan las medidas de dispersión (desviación típica), o sea el valor que dará a conocer cuánto se aleja de la media el resultado que se obtiene. A mayor valor mayor variabilidad, pudiéndose conocer si todos los casos son parecidos o varían mucho entre ellos (Bayarre & Hosford, 2000). Todos los datos se representan en gráficos de secuencia y de barras, utilizando Microsoft Excel para su realización, con el objetivo de obtener una mejor perspectiva del comportamiento de los resultados de los muestreos.

CONCLUSIONES

El análisis del marco teórico referencial permite describir prolijamente un procedimiento para el análisis químico

de la contaminación por nitritos y nitratos en aguas de consumo.

La descripción del procedimiento, constituye un material docente de fácil y rápido acceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bayarre, H., & Hosford, R. (2000). Métodos y Técnicas Aplicadas a la Investigación en Atención Primaria de Salud. http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/metodos_y_tecnicas_aplicadas_a_la_investigacion_en_atencion_primaria_de_salud.pdf
- Betancourt, C. (2010). Procedimiento para el análisis de la calidad del agua en algunos embalses de la provincia de Cienfuegos, Cuba. (Tesis Doctoral). Universidad de Pinar del Río.
- Cabrera, E. N., Díaz, L., & Portela, L.L. (2015). Perspectivas de la dimensión ambiental del desarrollo sostenible en el ecosistema Montañas de Guamuhaya. (Ponencia). *II Taller internacional de investigaciones sobre manejo de ecosistemas frágiles*. Cienfuegos, Cuba.
- Collazo, M., & Montañó, J. (2012). Manual de Agua Subterránea. Proyecto Producción Responsable.
- Dell'Amico, J., Morales, D., & Calaña, J. (2011). Monitoreo de la calidad del agua para riego de fuentes de abasto subterráneas en la parte alta del nacimiento de la Cuenca Almendares-Vento, 32(4), 49-59.
- García, B. (2015). *Plan de acción para contrarrestar efectos a la salud derivados de la contaminación hídrica por hierro en Antonio Sánchez*. (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez".
- García, B., & Castro, N. (2018). Comportamiento catiónico en las aguas subterráneas de la provincia Cienfuegos y su efecto en la salud. *Universidad y Sociedad*, 7(5), 378-384.
- Ginarte, J. (2015). Conozca acerca del agua potable y sus cuidados. <http://www.caribbeannewsdigital.com/noticia/conozca-acerca-del-agua-potable-y-sus-cuidados>
- Mendow, G. (2011). Tecnologías catalíticas para el tratamiento de aguas. Reducción de nitratos y nitritos utilizando catalizadores estructurados. (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Litoral.