



Coliformes termotolerantes en pozos, causas y tratamiento con radiación ultravioleta. Consejo Popular Yara, 2020

M.Sc. Edilberto Escalona Vázquez¹

Dra. Yuneysi Lorente González²

Dra. Merialis Aracelis Áreas Maestres³

Lic. Manuel Ángel Santana Fonseca⁴

Dra. Ana Julia Quesada Font⁵

¹ Centro Municipal de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Yara, Cuba, eddyev@infomed.sld.cu

² Centro Municipal de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Yara, Cuba, yuneysi17378@gmail.com

³ Dirección Municipal de Salud Yara, Cuba, dmsyara@infomed.sld.cu

⁴ Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Bayamo, Cuba.

⁵ Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Bayamo, Cuba.

Resumen: La población yareense a pesar de los embates por afecciones gastrointestinales (cólera) presenta una baja cobertura en los servicios públicos de agua segura. Ante esta problemática nos planteamos como objetivos determinar el grado de contaminación con coliformes termotolerantes de las aguas de pozo e identificar los riesgos ambientales que facilitaron la contaminación de los mismos así, como describir el impacto del tratamiento por luz solar. Se realizó un estudio descriptivo transversal, con un universo de 3885, y una muestra de 100 pozos, seleccionados por un muestreo simple aleatorio. La identificación de los riesgos se logró a través de una guía de observación. El estudio arrojó contaminación en el 91% de las muestras y el 40% de ellas resultaron en el estrato de contaminación extremadamente alta. Los riesgos ambientales que más concomitaron con las muestras positivas fueron las letrinas sanitarias a menos de 20 m de los pozos (71,4%), y los cúmulos de agua derramada alrededor del brocal (36,2%), así como la ausencia de tapa en el 73% de las fuentes. Se pudo observar que el 98,9% de las muestras tratadas a 5 horas de sol fueron potabilizadas. Arribando a las siguientes conclusiones; el grado de contaminación de los pozos es extremadamente alto. Las letrinas sanitarias mal microlocalizadas y el cúmulo de agua alrededor de los pozos son los principales riesgos ambientales que concomitan con los pozos contaminados. El tiempo recomendado en el territorio para el tratamiento es de cinco horas en días soleados, a intervalos de tres días.

Palabras clave: coliformes termotolerantes, pozos, tratamiento ultravioleta.

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de la Tierra y las personas se hallan unidos en una simbiosis tan intrincada como tenue. Se depende de los ecosistemas para el sostenimiento del hombre, pero a la vez, la salud de los mismos está supeditada a los cuidados que les dispensan. ⁽¹⁾ Históricamente el hombre se ha visto en la necesidad de buscar diferentes formas de gestionar el agua, siempre considerando y adaptándose a las condiciones de manifestación de este recurso en la naturaleza y en el contexto social de su desarrollo. Este planteamiento es reafirmado por Boudru y Bernard, al plantear que “la gestión de las aguas se ha vinculado a las condiciones geográficas y sociológicas de los territorios”

En los países en vías de desarrollo, las enfermedades diarreicas representan uno de los problemas de salud pública más importantes, con consecuencias que inciden en el terreno económico, social y político. Comités de expertos en saneamiento e higiene de la vivienda de la Organización Mundial de la Salud (OMS) han destacado en varias ocasiones la relación entre las grandes epidemias o endemias y la contaminación del agua. Cuando se utiliza como medio de eliminación de excretas y otros desechos orgánicos, el agua se convierte en un vehículo de transmisión de numerosos microorganismos, principalmente bacterias de origen intestinal. Es por esta razón que el control sanitario se realiza en función de la presencia de este tipo de bacterias. Desde el punto de vista microbiológico, el examen de la calidad sanitaria del agua tiene por objetivo determinar la presencia de ciertos grupos de bacterias, que revelen una contaminación por materia fecal o por materia orgánica. ⁽²⁾

El problema más crítico del país (Cuba) actualmente, no es solo el agotamiento cuantitativo, sino el cualitativo de los recursos hídricos, dados por la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas que provocan los residuales domésticos e industriales, y por la intrusión salina debido a la sobreexplotación de cuencas subterráneas. Es por tanto que, en nuestro país, la vigilancia de los cuerpos hídricos se viene fomentando de manera creciente, debido al interés de la conservación de este preciado líquido. ⁽³⁾

La población yareense a pesar de los embates por afecciones gastrointestinales (cólera) presenta una baja cobertura en los servicios públicos de agua segura y saneamiento. Solo es servida por acueducto el 28,5% de su población. La forma de gestionar los residuales líquidos a través de los alcantarillados alcanza una mínima porción (13%), aun cuando es la alternativa más amigable con el medio ambiente, viéndose menos favorecido el Consejo Popular Yara con solo un 5,8% de cobertura, siendo este último un elemento sobre el cual recae un peso importante de la salubridad comunitaria, ya que con facilidad por su mal manejo contamina el agua potable. ⁽⁴⁾

El uso de la fotocatalisis para el tratamiento del agua es importante, ya que algunos métodos tradicionales, como la cloración, generan residuos tóxicos para los organismos acuáticos y algunos subproductos, como los trihalometanos (THMs), pueden ser cancerígenos. ⁽⁵⁾ Teniendo en cuenta que la fuente más común de bacterias es el suelo que rodea el pozo y que las bacterias fecales en el agua potable generalmente son el resultado de la contaminación por una alcantarilla, tanque séptico, corral de alimentación o patio de animales cercano; los tratamientos con luz ultravioleta u ozono matarán o inactivarán *E. coli* y otros gérmenes dañinos en el agua potable. ⁽⁶⁾ Ante esta problemática nos planteamos como objetivos determinar el grado de contaminación con coliformes termotolerantes de las aguas de pozo e identificar

los riesgos ambientales que facilitaron la contaminación de los mismos así, como describir el impacto del tratamiento por luz solar en aguas contaminadas como alternativa de solución.

II. MÉTODO

Se realizó un estudio descriptivo transversal en el Consejo Popular Yara. El universo estuvo constituido por 3 885 pozos y las 11 657 personas que consumen agua de esta fuente. El cálculo de la muestra se realizó mediante el programa Epidat 3.0. La muestra estuvo conformada por 100 pozos, para la selección de estos; se aplicó un muestreo simple aleatorio.

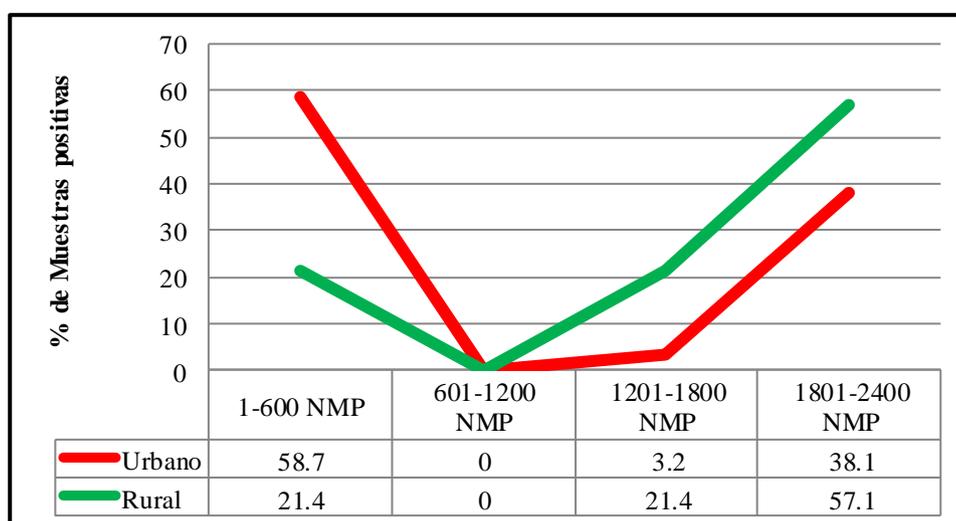
- A) Se tomaron muestras de los pozos seleccionados para determinar la presencia de coliformes termotolerantes por la técnica de Números Más Probables (NMP). Además, fue aplicada una guía de observación para identificar los riesgos ambientales presentes.
- B) Como indicadores de la calidad bacteriológica, fueron utilizados los criterios que se presentan en la Tabla 5; de la Norma Cubana (NC): 827 / 2012. Agua Potable- Requisitos Sanitarios (Ausencia de coliformes termotolerantes).
- C) Para establecer los indicadores de contaminación se tomó el valor de la NC: 93-01-128: 1988, Determinación del Número Más Probable de Coliformes Totales y Fecales cuyos valores extremos son: < 2 , $\geq 2\ 400$ NMP/100 mL y para este estudio se fraccionaron en cuatro subgrupos de igual rango (tamaño: 600 posiciones) los resultados positivos para establecer los niveles de contaminación: 1-600: Contaminación moderada, 601-1200: Contaminación alta, 1201-1800: Contaminación muy alta, 1801-2400: Contaminación extremadamente alta.
- D) A los resultados positivos se les aplicaron los estadígrafos de posición del tipo de localización (moda), y del tipo de tendencia central (media), con el fin de conocer el valor que más se determinó en el estudio bacteriológico y su promedio.
- E) Para conocer el impacto de las radiaciones ultravioletas emitidas por el sol en las aguas contaminadas se sometieron a tratamiento por 4 y 5 horas respectivamente todas las muestras positivas; siendo una vez más; estudiadas bacteriológicamente.
- F) Indicaciones para el tratamiento con luz solar:
 1. Escoger un envase plástico transparente, limpio, sin abolladuras y retirarle la etiqueta, preferentemente un pomo para agua embotellada o refresco de 1.5 L.
 2. Envasar el agua hasta tres cuartos y agitar por 20 segundos, luego rellenar.
 3. Si el agua está turbia se debe depositar en otro recipiente (cubo), 1 ó 2 horas (sedimentación) y después captar con cuidado para no revolver el agua clara.
 4. Exponer al sol 5 horas en días despejados, preferentemente en una superficie negra o de metal acanaladas, en el horario de 10 am – 4 pm.
 5. Una vez tratada no se debe reenvasar, si será sometida a refrigeración hacerlo en el mismo envase y solo vaciar en el vaso limpio para tomar.
 6. Emplear frascos según demanda.
- G) Precauciones:
 1. Si las botellas con agua no son dejadas en el sol durante el tiempo apropiado, el agua puede no ser segura para beber.
 2. De ser menos fuerte la luz del sol debido al tiempo nublado, será necesario un periodo de tratamiento más largo.

3. No utilizar botellas de cristal o materiales de cloruro de polivinilo, pueden impedir a la luz ultravioleta alcanzar el agua.
 4. Las botellas plásticas con rasguños, viejas u otros signos en las paredes deberían ser sustituidas por otras más modernas.
- H) De similar manera se procedió para conocer si existía fotorreactivación en el grupo coliforme, realizando una nueva siembra; rebasadas las 48 y 72 horas respectivamente en reposo; al total de las muestras tratadas.

III. RESULTADOS

Fue identificada la presencia de coliformes termotolerantes en el 91% de las muestras procesadas, siendo un hallazgo de extrema importancia sanitaria que el 40% de las muestras resultaran en el estrato de contaminación extremadamente alta. Esta situación estuvo más acentuada en las zonas periféricas del consejo popular con el 100% de las fuentes positivas. El estadígrafo de posición arrojó que el valor moda fue 2 400, siendo este resultado la máxima dilución contentiva de la norma. En tanto la media resultara en 839, mostrando que el promedio de las determinaciones pertenece al grupo que antecede la mayor polución (contaminación muy alta). El número de bacterias coliformes es un parámetro empleado para evaluar la calidad sanitaria del agua destinada al consumo humano, por ser indicadoras de contaminación fecal, ya que comúnmente habitan el tracto digestivo de animales y humanos; además constituyen una alerta de contaminación por microorganismos patógenos como *Salmonella* sp, *Vibrio cholerae* y especies de *Shigella*.⁽⁶⁾ La calidad higiénica del agua es definitiva para garantizar la prevención de enfermedades asociadas al consumo de esta, ya que vista la evidencia de materia fecal, se infiere la presencia de los derivados del ciclo del nitrógeno (amonio NH_4^+ , nitratos NO_3^- y nitritos NO_2^-) como parte de la oxidación de la materia orgánica.⁽⁷⁾ Elementos altamente tóxicos aun en pequeñas dosis. Según los parámetros de calidad establecidos en la NC: 827 / 2012 para Agua Potable-Requisitos Higiénicos,⁽⁸⁾ los pozos analizados no son fuentes aptas para el consumo humano; sin previo tratamiento de desinfección.

Fig. 1: Presencia de coliformes termotolerantes en pozos. Consejo Popular Yara, 2020



Los riesgos ambientales que más concomitaron con las muestras positivas fueron la presencia de letrinas sanitarias a menos de 20 m de las fuentes de agua (71,4%), construidas sin microlocalización asesorada (69,2%) y los cúmulos de agua derramada alrededor del pozo (36,2%); siendo el sector urbano el más afectado en los tres aspectos descritos con 62,5; 65,7 y 62,1 % respectivamente. Un aspecto importante a destacar es que en el sector urbano la presencia de animales coincide con el 76,7% de las muestras positivas, la actividad vacuna, porcina y aviar aportan desechos orgánicos al suelo que percolan junto a las aguas de escorrentía pudiendo encontrar canales de permeabilidad vertical que los conduzcan hasta el acuífero, contaminando con coliformes totales y fecales las aguas subterráneas. ⁽⁹⁾ La estabilidad de los ecosistemas es constantemente amenazada por la actividad antropogénica. En este sentido, los sistemas acuáticos son receptores de toda clase de desechos, que en su mayoría, son orgánicos. ⁽¹⁰⁾ Las principales fuentes de contaminación son los pozos sépticos y letrinas, debido a que la comunidad no dispone de servicio básico de recolección de aguas negras. ⁽¹¹⁾ Un estudio realizado en Camagüey mostró el consumo de agua de pozo y el uso de la letrina como sanitario entre los elementos predominantes en la evaluación de riesgos; en niños que padecieron metahemoglobinemia. ⁽¹²⁾

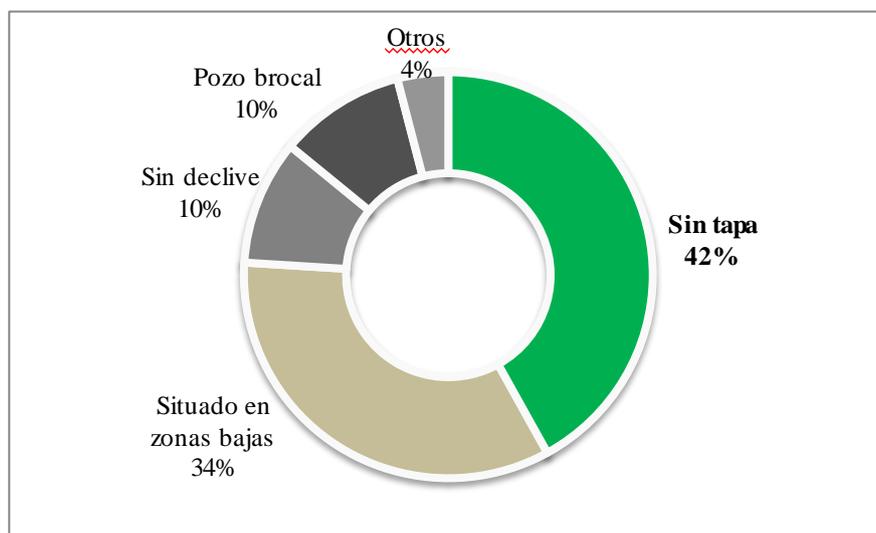
Tabla 1: Riesgos ambientales por sectores según muestras positivas. Consejo Popular Yara, 2020

Riesgos ambientales	Urbano (+)		Rural (+)		Total	
	No	%	No	%	No	%
Letrina sanitaria a menos de 20 m	45	62,5	20	27,8	65	71,4
Microlocalización no asesorada de las letrinas	44	65,7	19	28,3	63	69,2
Encharcamiento de agua alrededor del pozo	23	62,1	10	27,0	33	36,2
Animales o áreas para su crianza a menos de 20 m	23	76,7	4	13,3	27	29,7
Vertedero de heces de animales a menos de 20 m	17	70,9	4	16,6	21	23,0
Suelos porosos	10	58,9	7	41,1	17	18,7
Letrina en desuso a menos de 20 m	12	80,0	2	13,3	14	15,3
Sumideros de aguas de desecho a menos de 20 m	11	68,8	2	12,5	13	14,2
Fosas llenas y desbordadas a menos de 20 m	7	87,5	0	0	7	7,7
Vertedero de desechos sólidos a menos de 20 m	4	66,7	2	33,3	6	6,5
Lixiviados a menos de 20 m	4	80,0	0	0	4	4,3

Las características del pozo son un elemento intrínseco de la potabilidad del agua captada, el estudio identificó que las estructuras incorrectas de protección son un aspecto que vulnera la calidad del agua ya que el 73% de los pozos estudiados no cuentan con tapa, de los cuales el 87,7% presentó contaminación. De igual forma juega un papel primordial la microlocalización de la fuente, pues el 60% de los pozos estudiados fueron construidos en zonas bajas y en el 90% de ellos se encontró coliformes termotolerantes, a lo que se le suma la ausencia de declives; reportándose que en el 94,1% de los desprovistos

de esta barrera física muestran signos de impurificación. Al respecto, Aguilar pautó que la cubierta superior del pozo deberá sobresalir del nivel del terreno y se rellenará a su alrededor con concreto para evitar la infiltración de agua de lluvia, además será necesario colocar una tapa adecuada. ⁽¹³⁾

Fig. 2: Distribución de los resultados bacteriológicos según características de los pozos. Consejo Popular Yara, 2020



El tratamiento adecuado para las aguas de consumo es un reto que a diario deben asumir los salubristas, teniendo en cuenta que su finalidad es eliminar las impurezas que afectan la salud del hombre. Es por ello, que este estudio propone un tratamiento alternativo con luz solar (radiaciones ultravioletas), el cual es efectivo, barato y fácil de emplear a pequeña escala; demostrando que el 98,9% de las muestras tratadas a 5 horas de sol fueron potabilizadas, y que no es necesario repetir tratamiento hasta superadas las 72 horas. Al establecer una comparación entre los métodos más utilizados para purificar pequeños volúmenes de agua de forma domiciliaria, podemos plantear que el tratamiento químico con hipoclorito de sodio (NaClO) genera compuestos químicos volátiles (THMs) durante el proceso de desinfección por la reacción de la materia orgánica con el cloro; los cuales son cancerígenos. Además no eliminan los huevos de helmintos del agua. ⁽⁵⁾ Mientras la ebullición no genera subproductos y es muy efectiva para eliminar todo tipo de contaminación microbiológica, pero no cuenta con efecto residual y la manipulación con frecuencia la recontamina, pero su principal desventaja está asociada a los costos por consumo de energía para este fin, teniendo en cuenta que nuestro país implementó la revolución energética y dotó cada hogar de equipos electrodomésticos que son usados con este fin, los cuales son altos consumidores de energía y enfrentamos una de las crisis energéticas más severa de los últimos tiempos. Sin embargo, nuestra propuesta no altera el líquido con lixiviados, elimina eficazmente todas las impurezas biológicas, aprovechando así las fuertes radiaciones ultravioletas que impactan sobre nuestro territorio por su ubicación geográfica y no menos importante por el daño antrópico generado a la capa de ozono.

Tabla 4: Supervivencia de los coliformes al tratamiento ultravioleta y su fotorreactivación. Consejo Popular Yara, 2020

Resultados NMP/100mL	Tiempo							
	*Luz solar				Reposo			
	4 horas		5 horas		48 horas		72 horas	
	No	%	No	%	No	%	No	%
0	87	95,6	90	98,9	86	98,9	90	100
1 - 600	4	4,4	1	1,1	1	1,1	0	0
601 -1200	0	0	0	0	0	0	0	0
1201- 1800	0	0	0	0	0	0	0	0
1801- 2400	0	0	0	0	0	0	0	0

IV. CONCLUSIONES

1. El grado de contaminación con coliformes termotolerantes de los pozos es extremadamente alto.
2. La presencia de letrinas sanitarias, la mala microlocalización de estas y el cúmulo de agua alrededor de los pozos son los principales riesgos ambientales que concommitan con las fuentes poluidas.
3. El tiempo recomendado en el territorio para el tratamiento es de cinco horas en días soleados, a intervalos de tres días.

REFERENCIAS

¹ Veitia ER, Montalván A, Martínez Y. Elección de Indicadores Sistémicos para la Sostenibilidad Ambiental del Suelo. [Internet]. 2014 [citado 07 de abril de 2020]; 23(4): 43-50. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542014000400008&lng=es&tlng=es.

² Ávila SL, Estupiñán SM. Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia. [Internet]. 2012 [citado 07 de abril de 2020]; 50(2), 163-168. Revista Cubana Higiene y Epidemiología. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032012000200004&lng=es.

³ Rodríguez JC, Pérez RM, Gómez LM, Álvarez I. Evaluación química analítica y microbiológica de los embalses Chalons y Parada de Santiago de Cuba. [Internet]. 2017 [citado 07 de abril de 2020]; 29(3), 418-435. Revista Cubana de Química. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212017000300007&lng=es&tlng=es.

⁴ Escalona E, Lorente Y, Yáñez AC. Relación del saneamiento básico ambiental y las enfermedades diarreicas agudas. Área de Salud Yara, 2019. [Internet]. 2017 [citado 07 de abril de 2020]; 6(24), 333-345. Revista Granmense de Desarrollo Local. Disponible en: <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/1473>

⁵ Montalván A, Desdín L, Peláez E, Brígido O, Sananastacio I. Estado actual en el desarrollo de reactores fotocatalíticos de membranas, para el tratamiento de contaminantes orgánicos persistentes en el agua y las aguas residuales. [Internet]. 2019 [citado 07 de abril de 2020]; 39(2), 421-443. Tecnología Química. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000200421&lng=es&tlng=es.

⁶ Gonzaga SJ, Castro NA, López GA. El abasto de agua potable y la salud comunitaria: Machala, Ecuador. Estudio de caso. [Internet]. 2017 [citado 07 de abril de 2020]; 9(1), 218-223. Revista Universidad y Sociedad. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100031&lng=es&tlng=es.

⁷ Chibinda C, Arada MA, Pérez N. Caracterización por métodos físico-químicos y evaluación del impacto cuantitativo de las aguas del Pozo la Calera. [Internet]. 2017 [citado 07 de abril de 2020]; 29(2), 303-321. Revista Cubana de Química. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212017000200010&lng=es&tlng=es.

⁸ Norma Cubana. NC 827: Agua potable – Requisitos sanitarios. Table 5. Requisitos microbiológicos de la calidad sanitaria del agua potable de acuerdo con las técnicas empleadas para su determinación. La Habana, 2012, p 7

⁹ Bracho IA, Fernández M. Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. [Internet]. 2017 [citado 07 de abril de 2020]; 33(3), 339-349. Minería y Geología. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122017000300007&lng=es&tlng=es.

¹⁰ Marañón AM, Pérez NE, Dip AM, González A, Pérez RM, Ruiz A. Evaluación temporal de la calidad de las aguas del río Los Guaos de Santiago de Cuba. [Internet]. 2014 [citado 07 de abril de 2020]; 26(2), 115-125. Revista Cubana de Química. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212014000200004&lng=es&tlng=es.

¹¹ Bracho I A, Fernández M. Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. [Internet]. 2017 [citado 07 de abril de 2020]; 33(3), 339-349. Minería y Geología. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122017000300007&lng=es&tlng=es.

¹² Larios L, Cañas R, Sánchez Á M, Capote A. La contaminación del agua de pozo como causa de metahemoglobinemia en niños. Camagüey 1985-2001. [Internet]. 2004 [citado 07 de abril de 2020]; 8(2), 29-41. Revista Archivo Médico de Camagüey. Disponible en: http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552004000200004&lng=es&tlng=es.

¹³ Aguilar PH, Aguilar M, Martí M. ABC de la Higiene. 1. ed. La Habana: Ciencias Médicas; 2008.