



CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO DE VIRÚ, DISTRITO VIRÚ, PERÚ, 2018.

BACTERIOLOGICAL QUALITY OF GROUNDWATER FOR HUMAN CONSUMPTION IN THE URBAN CENTER OF VIRÚ, VIRÚ DISTRICT, PERU, 2018

Mayra Karina Gutiérrez-Araujo^{1*}; Juan Héctor Wilson-Krugg¹; María Nelly Vásquez-Valles¹

¹ Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

Mayra-Karina Gutiérrez-Araujo

 <https://orcid.org/0000-0002-1599-2386>

Juan Héctor Wilson Krugg

 <https://orcid.org/0000-0003-1695-3001>

María-Nelly Vásquez-Valles

 <https://orcid.org/0000-0002-1087-0179>

Artículo Original

Recibido: 01 de Marzo de 2023

Aceptado: 01 de Junio de 2023

Resumen

Del total de pozos existentes en el distrito de Virú, sólo 1139 son pozos utilizados; de los cuales 1,022 pozos (89.73 %) son a tajo abierto y 117 tubulares (10.27 %). Conociendo la calidad bacteriológica del agua subterránea del distrito de Virú, se asegura la ausencia de microorganismos patógenos que podrían causar enfermedades a la población, es por ello que el objetivo de este trabajo de investigación fue determinar la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en el centro poblado de Virú, distrito de Virú, 2028. Se muestrearon 48 pozos tubulares y de tajo abierto, de los sectores El Frontón, California, Los Pinos, Huancaco, La Gloria, Huancaquito alto, El Carmelo y Santa Elena, del distrito de Virú, La Libertad durante los meses de julio y noviembre del año 2018. Utilizando la técnica de tubos múltiples de Número más probable (NMP), se determinó la presencia coliformes totales en el 100% de los pozos y coliformes termotolerantes en un 25% de ellos; y para determinar bacterias heterótrofas, se utilizó la técnica "recuento en placa, donde la mayoría de ellos superó los límites aptos para el consumo humano. El agua subterránea de los pozos tubulares y de atajo abierto del distrito de Virú, no son aptos para el consumo humano, destinándose aptos solo para la agricultura y actividades recreativas previa cloración.

Palabras clave: Bacterias heterótrofas coliformes totales, coliformes termotolerantes.

Abstract

Of the total number of existing wells in the district of Viru, only 1139 are used; of which 1,022 wells (89.73 %) are open-pit wells and 117 are tubular wells (10.27 %). Knowing the bacteriological quality of the groundwater in the district of Viru ensures the absence of pathogenic microorganisms that could cause diseases to the population, which is why the objective of this research work was to determine the bacteriological quality of the groundwater for human consumption in the town of Viru, district of Viru, 2028. Forty-eight tubular and open-pit wells were sampled from the sectors El Frontón, California, Los Pinos, Huancaco, La Gloria, Huancaquito alto, El Carmelo and Santa Elena, of the district of Virú, La Libertad during the months of July and November 2018. Using the Most Probable Number Multiples (MPN) tube technique, the presence of total coliforms was determined in 100% of the wells and thermotolerant coliforms in 25% of them; and to determine heterotrophic bacteria, the "plate count" technique was used, where most of them exceeded the limits suitable for human consumption. The groundwater in the tubular and open-cut wells of the Viru district is not suitable for human consumption, and is only suitable for agriculture and recreational activities after chlorination.

Key words: Total coliform heterotrophic bacteria, thermotolerant coliforms.

*Autor para correspondencia: E. mail: mgutierrez@unitru.edu.pe

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2023.43.01.12>

Citar como:

Gutiérrez-Araujo, M., Wilson-Krugg, J., & Vásquez-Valles, M. (2023). Calidad bacteriológica de aguas subterráneas del consumo humano en el centro poblado de Virú, distrito Virú, Perú, 2018. *REBIOL*, 43(1), 104-110.



1. Introducción

El agua para consumo humano se deriva de dos fuentes: aguas superficiales, como los ríos y reservorios que fluyen sobre la superficie de la Tierra, y subterráneas que son las que están situadas bajo el nivel freático y saturando completamente los poros y fisuras del terreno (Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología; 1992), cualquier cambio significativo en la concentración de algún parámetro indicador es sospecha de algún grado de contaminación, ya sea físico, químico o bacteriológico (Fawell & Nieuwenhuijsen, 2003). En el caso del agua potable, existen normas establecidas para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y de este modo, proteger la salud de las personas. (PNUMA, 2008).

El riesgo más grave para la salud humana relacionada con la calidad del agua es el que deriva de la contaminación microbiológica, particularmente la fecal. Por lo que la protección de la salud exige que las fuentes de contaminación microbiológicas estén situadas lo bastante lejos de las fuentes de agua potable para eliminar o reducir el riesgo que representan (PNUMA, 2008; Foster et al., 2003).

El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El examen no implica la búsqueda directa de los gérmenes patógenos, ya que estos no sobreviven mucho tiempo fuera del cuerpo de los animales y del ser humano de manera que puedan ser detectados en el agua, mientras que los organismos no patógenos que están siempre presentes en el tracto intestinal de los humanos y animales se excretan junto con los patógenos, pero en mucho mayor número, ideales para utilizarlos como indicadores de contaminación fecal; los más utilizados son los coliformes (Altherholt et al., 2003). En la Costa se ha inventariado un total de 27000 pozos, repartidos en 37 cuencas; la mayoría de pozos construidos a tajo abierto (pozos-cochas) con escaso rendimiento y para uso doméstico rural. Sólo el 22% son tubulares, pero muchos carecen de equipos y un alto porcentaje (39%) está abandonado o inutilizado, mientras que los restantes se utilizan mayormente sólo en épocas de estiaje y sequía. Estos pozos tubulares construidos en zonas áridas de costa tienen por lo

general profundidades entre 40 y 100 m; nivel freático entre 10 y 30 m (MINAG, 1999; Mamani, 2012).

El distrito de Virú cuenta con 1536 pozos, de los cuales, 1285 pozos a tajo abierto y 251 son pozos tubulares (16.34 %), los tubulares varían de 18.00 m. a 80.00 m. de profundidad y los tajos abiertos de 1.00 m. a 25.00 m. Del total de pozos existentes sólo 1139 son pozos utilizados que están siendo explotados en sus diferentes usos: agrícola, doméstico, industrial y pecuario, de los cuales 1,022 pozos (89.73 %) son a tajo abierto y 117 tubulares (10.27 %). Los pozos tubulares existentes se encuentran en mayor concentración en los sectores de Huancaco Alto (58), seguido de Santa Elena (46), Huancaquito Alto (38) y El Carmelo (32). También se debe tener en cuenta que los pozos a tajo abierto son un 73,5 % mientras que la predominancia de pozos para uso doméstico es un 66,6 % (INRENA, 1999). De los 1139 pozos utilizados en el distrito de Virú, 947 son utilizados para uso doméstico poblacional, lo cual representa el 83.14 % del total, es necesario indicar que la mayoría de pozos domésticos son a tajo abierto (MINAG, 1999).

Virú, ubicado en las márgenes del río del mismo nombre a 76 msnm y 08°24'56" latitud sur y 78°45'04" latitud oeste, con una población total de 64,752 habitantes, aproximadamente, de los cuales el 48,69 % pertenece a la zona urbana y el 51.30 % a la zona rural; asimismo aproximadamente el 26% de la población son menores de 14 años y el 7% supera los 65 años, además de prevalecer las mujeres con el 51.30 % (INEI, 2012). El uso del agua subterránea en éste distrito varía según la disponibilidad del agua superficial de cada año, y se estima que anualmente fluctúa entre 1267 millones de m³ como mínimo, y 1841 millones de m³ como máximo, según diversas fuentes oficiales del Ministerio del Ambiente (Mamani, 2012).

Conociendo la calidad bacteriológica del agua subterránea del distrito de Virú, se asegura la ausencia de microorganismos patógenos que podrían causar graves enfermedades a la población, sobre todo a los niños y adultos que son más vulnerables a éstas infecciones. El objetivo de este trabajo de investigación es determinar si el agua subterránea consumida por los pobladores del distrito de Virú es apta bacteriológicamente, así como también evaluar los posibles parámetros que influyen en su contaminación e

informar a las autoridades de las medidas necesarias para reducir o eliminar las fuentes de contaminación.

2. Materiales y Métodos

Área y período de estudio

Distrito de Virú en el año 2018 entre los meses de julio y noviembre.

Tamaño de la muestra y Selección de los sitios de muestreo

Se muestrearon 32 pozos tubulares y de tajo abierto, ubicados en los sectores El Frontón, California, Los Pinos, Huancaco, La Gloria, Huancaquito alto, El Carmelo y Santa Elena, del distrito de Virú, La Libertad (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de pozos tubulares y de tajo abierto muestreados en los sectores El Frontón, California, Los Pinos, Huancaco, La Gloria, Huancaquito alto, El Carmelo y Santa Elena del distrito de Virú, Perú, 2018.

Por cada sector escogido se seleccionaron cuatro pozos completamente al azar, cada uno fue muestreado en tres oportunidades.

Recolección de muestras

Los pozos muestreados tenían niveles estáticos de entre menos de 10 m en zonas costeras, a 80 m cerca al pueblo. 48 muestras fueron colectadas directamente de los pozos de abastecimiento de agua ubicados en el distrito de Virú, luego de 2 minutos de bombeo (NTP, 2012), se sometió a esterilización la zona de muestreo, con ayuda de un mechero y se recolectó un volumen aproximado de 350 mL en recipientes esterilizados.

Transporte de las muestras recolectadas

Los frascos se transportaron en un cooler de plástico con refrigerante que permitió que la muestra se conserve a temperatura de refrigeración. En la cubierta del cooler se colocó una etiqueta, con su respectiva ficha de datos.

Numeración de coliformes totales y termotolerantes por el método de tubos múltiples (NMP) (APHA, 1995 y NTP, 2012).

Se trabajó en una Cámara de Bioseguridad tipo IIA. Antes de iniciar el análisis, se mezcló perfectamente la muestra de agua agitándola, se procedió como sigue: 1. Etiquetar cada uno de los tubos. 2. Inocular tres tubos con caldo Brilla doble concentración con 10 mL de muestra cada uno. 3. Inocular tres tubos con caldo Brilla concentración sencilla con 1 mL de la muestra de cada uno. 4. Inocular tres tubos con caldo Brilla concentración sencilla con 0.1 mL de la muestra de cada uno. 5. Incubar todos los tubos a 37°C durante 48 horas. Transcurrido el tiempo de incubación se observó si hubo producción de gas. La ausencia de gas en los tubos hace negativa la prueba. A partir de los tubos positivos de la prueba anterior, se inoculó una serie de tubos con caldo bilis lactosa verde brillante (Brilla), para determinar coliformes termotolerantes e incubo a 44.5 °C y se examinaron a las 48 horas para ver si hubo producción de gas.

Recuento de bacterias heterotróficas (APHA, 1995)

Se utilizó la técnica de incorporación (pour plate method). se adicionó un volumen de 1 mL de la muestra y/o sus diluciones a una placa de Petri estéril de 15mm x 100 mm (por duplicado) para luego verter Agar Plate Count licuado y temperado (45°C) a la placa, se homogenizó de acuerdo a los métodos de rotación, se dejó solidificar y se incubó las placas invertidas a 35°C durante 48 horas.

Expresión y análisis de resultados

Los resultados se ordenaron y presentaron en tablas,

3. Resultados

Los parámetros evaluados para determinar la calidad microbiológica de agua subterránea fueron las bacterias aeróbicas mesófilas viables (BAMV), coliformes totales y coliformes termotolerantes. (MINSAL, 2011). El recuento de las bacterias aeróbicas mesófilas viables entre los meses

de julio y noviembre del 2018 fue variable y dependiente de la ubicación del punto de muestreo. Los sectores Huancaquito alto y La Gloria presentaron mayores recuentos de estas bacterias, sin embargo, Huanchaco y Los Pinos presentaron los menores recuentos y por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la Dirección General de Salud (DIGESA) de nuestro país. El recuento de BAMV en los demás sectores muestreados fue variable y por encima de los LMP (Figura 2).

Los coliformes totales se presentaron en el 50% de los sectores muestreados, obteniéndose los valores más elevados en el sector La Gloria, seguido de California, Huancaco y El Frontón. Todos los valores encontrados en el sector La Gloria superaron los 1600 NMP de coliformes totales /100 ml de muestra de agua, en menor intensidad se presentan los recuentos en el sector California y menor aún en Huancaco (Figura 3).

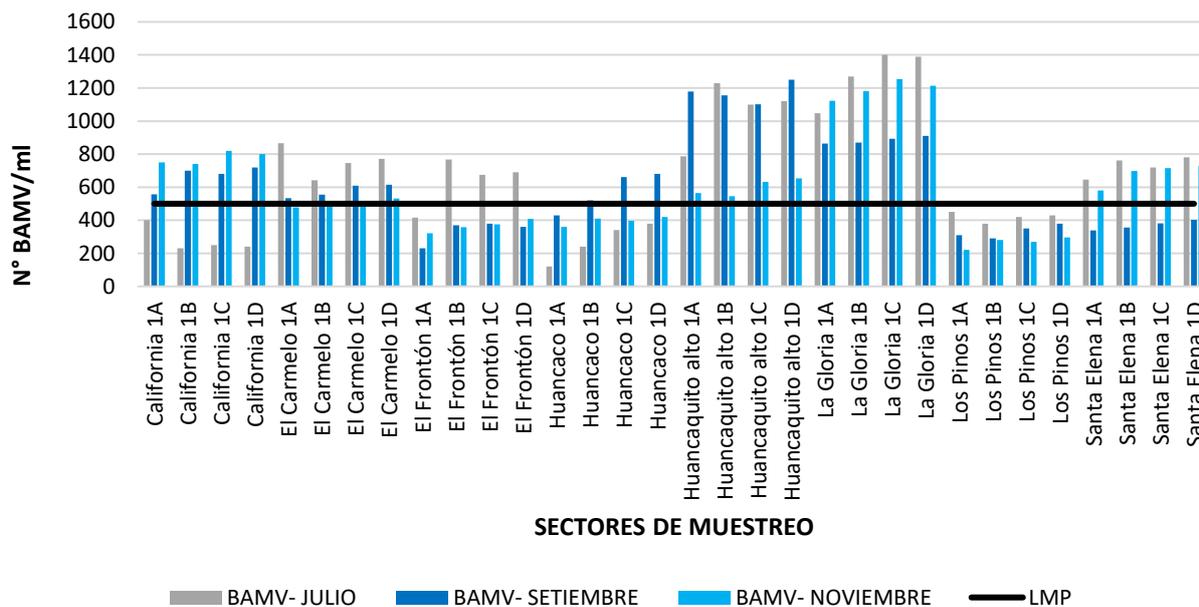


Figura 2. Recuento de bacterias aerobias mesófilas viables durante los meses de julio a noviembre del 2018, en los ocho sectores de muestreo.

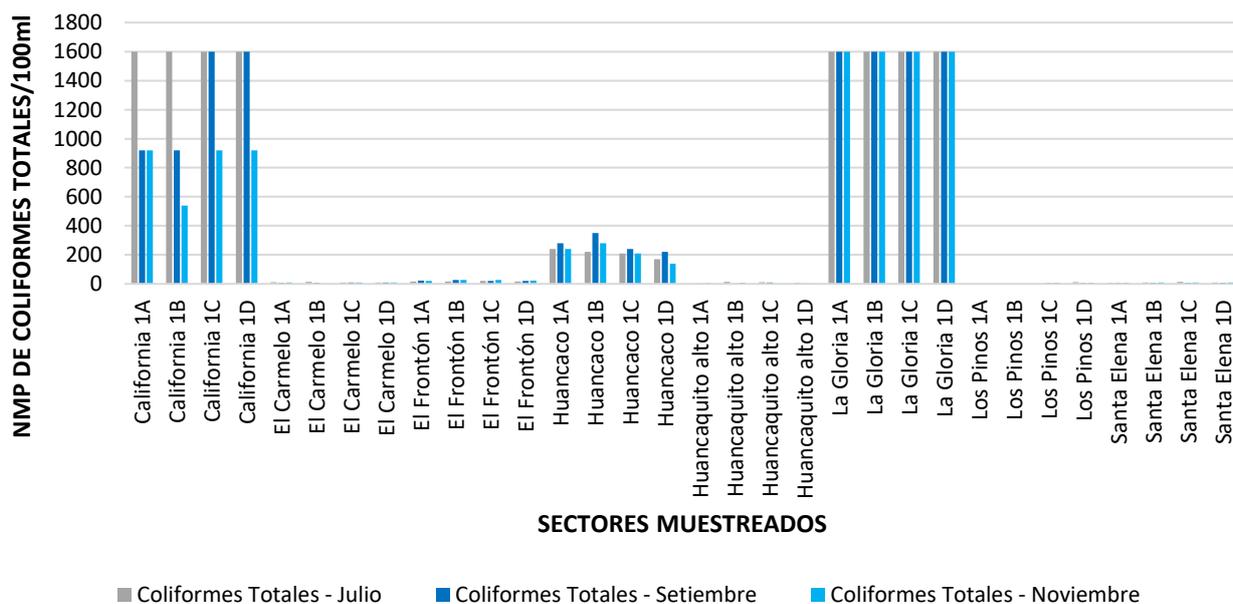


Figura 3. Recuento de NMP de coliformes totales durante los meses de julio a noviembre del 2018, en los ocho sectores de muestreo.

Los coliformes fecales se presentaron en dos de los ocho sectores muestreados, en el sector La Gloria superaron los 160 NMP de coliformes fecales/100 ml de muestra, mientras que en el sector California en solo un punto de muestreo superó los 40 NMP de coliformes fecales/100

ml de muestra. Los sectores El Frontón y Huancaco no presentaron coliformes fecales a pesar que si hubo presencia de coliformes totales. Los sectores de El Carmelo, Huancaquito alto, Los Pinos y Santa Elena tampoco presentaron coliformes fecales (Fig. 4).

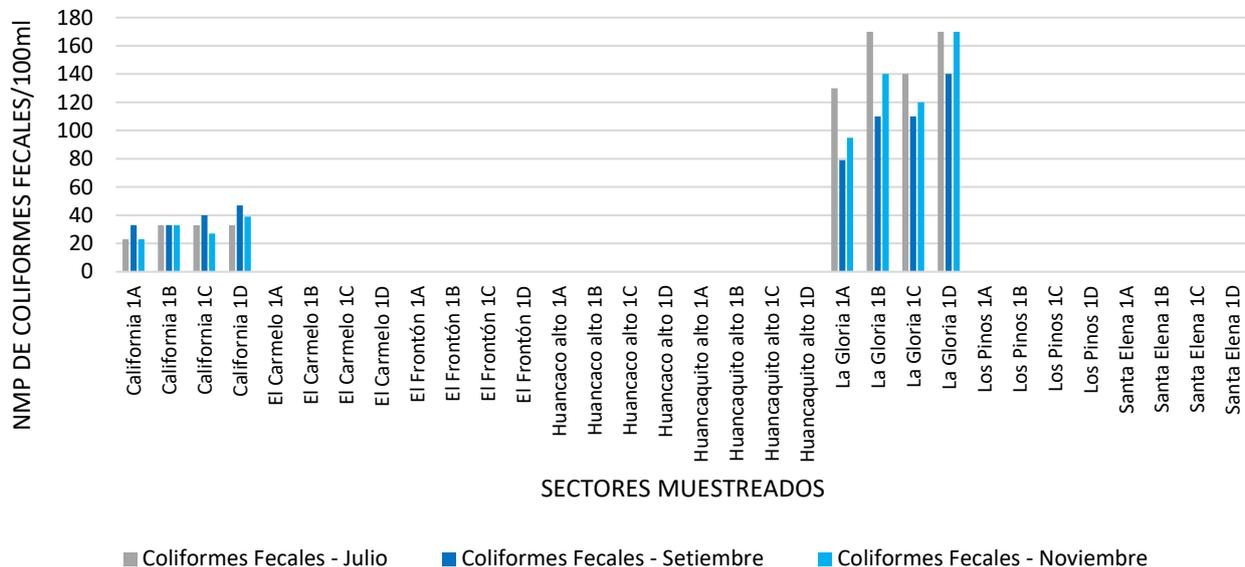


Figura 4. Recuento de NMP de coliformes fecales durante los meses de julio a noviembre del 2018, en los ocho sectores de muestreo.

4. Discusión

Se muestrearon las aguas subterráneas de ocho sectores del distrito de Virú, todos los pozos muestreados presentaron elevada cantidad de bacterias heterotróficas, cuatro sectores presentaron elevados coliformes totales y dos sectores presentaron coliformes fecales. Estos resultados concuerdan con los presentados por Mamami (2012) en su estudio de evaluación de los recursos hidrológicos subterráneos efectuados en los valles de la costa peruana de Tumbes, Alto Piura-Huanacabamba, Motupe-Olmos-La Leche, Chancay Lambayeque, Chicama, Moche-Viru-Chao, Santa-Lacramarca, Pucallpa, Nepeña-CasmaHuarmey, Chancay-Huaral, Mala-Omas-Cañete, Chincha-Pisco, Ica, Palpa-Nazca, Acari-Yauca-Puquio y Tacna.

El agua subterránea de los pozos de los sectores California y La Gloria presentaron coliformes fecales entre los rangos de 23 y 170 NMP/100 mL, estudios similares se reportaron por Robles et. al. (2013) en el acuífero Tepalcingo-Axochiapan – México, quien después de las pruebas bacteriológicas mostraron concentraciones altas

de coliformes totales y fecales en todos los pozos. Chambi (2015) determinó el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua de consumo humano en el centro poblado de Trapiche Ananea – Puno, obteniendo valores de 14.85 NMP coliformes totales /100 mL de agua de pozos, determinándose que el agua no es apta para consumo humano. Además, la calidad bacteriológica de agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados Unión y dignidad, Bellavista, Central y Laykakota de la ciudad de Puno los resultados fueron coliformes totales: 827.25 NMP/100 mL, coliformes termotolerantes: 111 NMP/100 mL y Escherichia coli 164 NMP/100 mL, Soto (2013).

Los pozos a tajo abierto y que a la vez son los de menor profundidad, presentaron la mayor contaminación bacteriana con bacterias heterótrofas, coliformes totales y coliformes termotolerantes, esto es coincidente con los resultados obtenidos por Buckley et al. (1994), quien afirma que la contaminación es mayor en los pozos someros que en los profundos; sin embargo, éstos pueden verse seriamente afectados debido a la presencia de fracturas verticales que proveen patrones de flujo de

migración rápida, así mismo la carencia de sellos de protección en los pozos tubulares puede dar lugar al establecimiento de conexiones preferenciales entre el nivel freático y los flujos de los niveles más profundos, generando la migración de los contaminantes a mayor profundidad (Villasuso y Graniel, 1997).

El 50% de los sectores muestreados en el distrito de Virú, presentaron coliformes totales y solo el 25% de ellos presentaron contaminación con coliformes fecales o termotolerantes, de igual manera Cutimbo (2012) determinó coliformes totales y termotolerantes por el método de tubos múltiples en pozos de La Yarada – Tacna; por cuanto los resultados fueron: 21 pozos (46%) se encontraron bacteriológicamente aptas para el consumo humano y 25 pozos (54%) no aptas.

El agua subterránea en el distrito de Virú se encuentra contaminada y no apta para el consumo humano, excepto los pozos tubulares muestreados en el sector Los Pinos en el cual ninguno de los pozos muestreados supera los LMP de los parámetros evaluados y los sectores de El Carmelo, Huancaquito alto y Santa Elena, no presentan ningún tipo de coliformes pero si las bacterias heterótrofas elevadas por encima de los LMP, esto probablemente debido al viento que arrastra las bacterias de la zona agrícola y ganadera hacia los pozos de agua de consumo, resultados similares fueron encontrados al analizar las aguas de la sabana de Bogotá – Colombia, por Campos et. al., (2008), además se evaluó el comportamiento de los indicadores de contaminación fecal encontrando entre 1.07 y 1.74 UFC/100 mL. No obstante, en los estudios realizados por Herrera y Quintero (2009) de las aguas subterráneas de Venados y Caracolí - Cesar (Colombia); utilizaron como indicadores de contaminación a coliformes totales y coliformes fecales, cuyos resultados fueron: Coliformes totales 2600 UFC/100 ml, Coliformes fecales 2600 UFC/100 mL, mesófilos aerobios 2600 UFC/100mL, de esta manera demostraron que estas aguas no son aptas para el consumo humano.

5. Conclusiones

Las aguas subterráneas de los pozos tubulares y de tajo abierto del distrito de Virú están contaminados con coliformes totales y no son aptos para el consumo humano, excepto los pozos muestreados en el sector Los Pinos.

El 25% de los sectores muestreados en el distrito de Virú, presentan coliformes fecales o termotolerantes, principalmente en el sector California y La Gloria.

Las bacterias heterótrofas presentes en el agua subterránea del distrito de Virú sobrepasan los límites máximos permisibles, excepto en el sector Los Pinos y en los sectores El Carmelo, Huancaquito alto y El Carmelo los valores superan los LMP debido a contaminación cruzada con rastrojos agrícolas.

5. Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Trujillo por sus instalaciones y equipos en el laboratorio de Fitopatología del Departamento de Microbiología y Parasitología de la Universidad Nacional de Trujillo.

6. Contribución de los autores

M.K.G.A.: Concepción del diseño de estudio y adquisición de las muestras, y proceso.

J.H.W.K.: Análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

M.N.V.V.: Borrador del artículo y revisión crítica del contenido intelectual.

7. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

8. Referencias Bibliográficas

- Altherholt, T., Feerst, E., Hovendon, B., Kwak, J. & Rosen, J.D. (2003). Evaluation of indicators of fecal contamination in groundwater. *Journal American Water Works Association*, 95, 119-131.
- APHA, WEF, AWWA. (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19 th edition. American Public Health Association. Washington DC.
- Buckley, D., Macdonald, D., Villasuso, P., Graniel, C., Vazquez, M., & Jimenez, V. (1994). Geophysical Logging of a karstic limestone for hydrogeological purposes at Merida, Yucatan, Mexico. *Technical Report*, 94(4), 26 p.
- Campos, C., Cárdenas, M., & Guerrero, A. (2008). Comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en diferente tipo de agua de la sabana de Bogotá (Colombia). Seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales. Bogotá, Colombia.
- Cutimbo, C. (2012). Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de La Yarada y Los Palos del distrito de Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Facultad de Ciencias, Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología. Tacna- Perú.
- Fawell, J., & Nieuwenhuijsen, M. (2003). Contaminants in drinking water, environmental pollution and health. *Br. Med. Bull.*, 68(1): 199-208.
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M., & Paris, M. (2003). *Protección de la calidad del agua subterránea, guías para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. Ed. Banco Mundial. Washington, U.S.A. 124 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). Compendio

- estadístico
2012. Disponible: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1060/libro.pdf. Fecha de consulta: 10 de enero 2018
- Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología Y Microbiología. (1992). Criterios para el perfeccionamiento de las Normas de Calidad Sanitaria de las aguas de Uso recreativo. Ministerio de Salud. La Habana, Cuba.
- Mamani, E. (2012). Estándares Nacionales para Calidad Ambiental de Aguas Subterráneas. Ministerio del Ambiente Perú. Disponible: <http://eca-suelo.com.pe/wp-content/uploads/2014/04/3.6.pdf> Fecha de consulta: 10 de enero 2018
- Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1999). Inventario y Evaluación de las fuentes de Agua Subterránea del Valle del Rio Virú.
- MINISTERIO DE SALUD. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. MINSA. Lima, Perú. Disponible en: <http://www.digesa.minsa.gob.pe> Fecha de consulta: 11 de enero 2018
- NORMA TECNICA PERUANA. (2012). Calidad de agua: muestreo, preservación y manipulación de muestras.
- PNUMA. (2008). Water Quality for Ecosystems and Human Health. 2ª ed. PNUMA, ERCE, UNESCO.
- Robles, E., Ramírez, E., Durán A., Martínez M., & Gonzales, M. (2003). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos, México. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4(1), 19–28.
- Soto, Y. (2013). Calidad bacteriológica de agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados de la ciudad de Puno – 2012. [Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano].
- Villasuso M., & Graniel E. (1997). Estudio de la contaminación del acuífero de la ciudad de Mérida y sus medidas de remedio. *Ingeniería. Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán* 1(1), 57-67.