

Calidad microbiológica del agua de consumo humano del sector Fila alta-Jaén, 2019

Microbiological quality of water for human consumption in the Fila Alta-Jaen sector, 2019

Melina Vargas¹, Nander Calle¹, Candy Ocaña¹ y Juan Garay¹

RESUMEN

El estudio se realizó en el sector Fila Alta-Jaén-Cajamarca, con el objetivo de evaluar la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano mediante el recuento de coliformes totales (CT), coliformes termotolerantes (CTT) y bacterias heterotróficas (BH). Se analizaron 32 muestras, distribuidas en el sistema de abastecimiento como también de las redes de distribución de las viviendas, cumpliendo con el protocolo para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte y recepción de agua para consumo humano-DIGESA-2015. Para la determinación de CT y CTT se empleó la metodología establecida en la Norma Técnica Peruana (NTP) sobre la calidad del agua; y para BH la técnica de incorporación (Por Plate Method). Los resultados indican un total de 31.66 % para CT, 13.59 % para CTT y 54.75 % para BH, superando los Límites Máximos Permisibles, de parámetros microbiológicos de agua de consumo humano, establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano-DS N° 031-2010-SA.

Palabras clave: Contaminación microbiológica, agua para consumo, calidad microbiológica.

ABSTRACT

The study was conducted in the Fila Alta-Jaén-Cajamarca sector, with the objective of evaluating the microbiological quality of water intended for human consumption by counting total coliforms (TC), thermotolerant coliforms (TC) and heterotrophic bacteria (HAB). Thirty-two samples were analyzed, distributed in the supply system as well as from household distribution networks, complying with the protocol for sampling, preservation, conservation, transport and reception of water for human consumption-DIGESA-2015. For the determination of CT and CTT, the methodology established in the Peruvian Technical Standard (NTP) on water quality was used; and for BH, the incorporation technique (Por Plate Method) was used. The results indicate a total of 31.66 % for CT, 13.59 % for CTT and 54.75 % for BH, exceeding the Maximum Permissible Limits for microbiological parameters of water for human consumption, established by the Regulation of Water Quality for Human Consumption-DS N° 031-2010-SA.

Keywords: Microbiological contamination, water for consumption, microbiological quality.

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i4.246>

Recibido: 02/09/2021. Aceptado: 11/11/2021

* Autor para correspondencia

¹. Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: melinalizabethvs@gmail.com; nociparra@gmail.com; candy.ocana@unj.edu.pe; jmgaray2007@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Los principales riesgos para la salud humana asociados al consumo de agua contaminada son de naturaleza microbiológica, ya que se le atribuye el 80% de todas las enfermedades infecciosas y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo, además la ocupación desordenada y las malas condiciones sanitarias aumentaron los riesgos a la salud (Guerra & Da Silva, 2018; Vildozo et al., 2020).

La calidad del agua es uno de los factores más importantes para la salud. La mejora del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza (OMS, 2019; Cuéllar et al., 2017).

La potabilidad del agua es un hito importante en el desarrollo de la humanidad, ya que ha permitido aumentar la esperanza de vida y controlar gran cantidad de enfermedades de transmisión hídrica. Si bien se conocen las técnicas de potabilización desde hace muchos años, la gestión de los sistemas de agua potable todavía presenta falencias, siendo poca la atención en cuanto al monitoreo de los parámetros de calidad del agua, realizando únicamente controles periódicos y evaluaciones de cloro residual (Choque-Quispe et al., 2021; Zúñiga & Mora, 2020).

La presencia de bacterias, coliformes en el agua potable representa una amenaza potencial para la salud pública, ya que puede aumentar el riesgo de desarrollar enfermedades infecciosas en las poblaciones más vulnerables (Vildozo et al., 2020). Según Miranda et al. (2010), indicadores como agua con cloro libre adecuado y ausencia de coliformes y *E. coli* son elementos claves para la vigilar la calidad del agua.

El abastecimiento de agua y saneamiento adecuados constituye un aspecto fundamental en la supervivencia de las personas y en la mejora de las condiciones de vida y salud de los hogares, asimismo genera progreso de las ciudades y el ahorro de dinero por parte del estado, debido a la disminución de la inversión para reducir los riesgos de contraer enfermedades causadas tanto por el consumo de agua en condiciones insalubres como por la deficiente eliminación de los residuos humanos; enfermedades que de hecho son evitadas en rangos del 20 y 80%, cuando se dispone de políticas adecuadas para el abastecimiento de agua y desagüe (INEI, 2010; Miranda et al., 2010).

El agua y la salud son aspectos indispensables y dependientes. En la actualidad los problemas del agua se centran tanto en la calidad como en la cantidad para abastecer a las poblaciones de una forma adecuada, así mismo están relacionados con la continuidad del servicio. Se entiende que la salud de las personas y las comunidades humanas es el resultado de procesos sociales en el que las condiciones de vida a nivel

doméstico y comunitario intervienen de manera decisiva. Es por eso por lo que la explicación del riesgo de enfermar debe abordarse también a partir de los determinantes ambientales y como parte de ellos el agua, implicando la eficacia de un sistema de abastecimiento de agua apta para consumo humano (Hernández et al., 2011).

La calidad del agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, sus características pueden favorecer tanto la prevención como la transmisión de agentes que causan enfermedades (Żywiec et al., 2021; Briñez et al., 2012). Por lo general, la contaminación microbiológica del agua es originada por las actividades humanas que contribuyen a la degradación de esta, afectando su calidad y cantidad. Los principales contaminantes son agentes externos como residuos orgánicos e inorgánicos; sin dejar de mencionar el mal estado de los sistemas de distribución (canales, pozos, griferías) que no cuentan con adecuado mantenimiento, predisponiendo el ingreso y multiplicación de microorganismos a partir de distintas fuentes, además de la cantidad y tipo de nutrientes, oxígeno, temperatura y pH (Vergaray y Méndez, 1994).

Se puede verificar la calidad sanitaria de los recursos ambientales enumerando las bacterias que indican contaminación fecal. Estas bacterias se pueden utilizar para evaluar la calidad de los alimentos, los sedimentos y el agua destinados al consumo humano. En ese sentido los indicadores de contaminación fecal más utilizados son los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos (Larrea-Murrell et al., 2013).

Con el planteamiento expuesto, se optó por realizar la investigación, debido a que el agua que consume la población del sector Fila Alta, no es supervisado por una empresa prestadora de servicios de saneamiento (EPS), si no que la distribución de este vital líquido es operado por la Asociación Administradora de Agua y Alcantarillado, la cual no cuenta con el respaldo técnico para el adecuado tratamiento, además de ello las instalaciones de captación, reservorios, algunas tuberías de conducción y grifos de salida en domicilios, no cuentan con el mantenimiento ni limpieza que se requiere, siendo un potencial foco para la generación de enfermedades gastrointestinales.

En este contexto, el objetivo fue determinar el nivel de contaminación microbiológica en aguas de consumo humano en el sector de Fila Alta, Jaén durante el periodo 2019.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el sector de Fila Alta, distrito y provincia de Jaén – departamento de Cajamarca, ubicado a una altitud de 816 m.s.n.m aproximadamente, el sector cuenta con una población de 8107

habitantes (INEI, 2017). Las muestras se recolectaron y analizaron la primera y última semana de enero del 2020. Se consideró como puntos de muestreo la captación, la salida del sistema de tratamiento de agua y la salida de la infraestructura de almacenamiento (reservorio), y en las conexiones domiciliarias, sumando un total de 32 muestras.

El estudio fue de tipo inductivo, lo cual permitió ir de lo particular a lo general; mediante el análisis de muestras de agua (cuatro muestras en el sistema de abastecimiento de agua y cuatro muestras por cada etapa del sector Fila Alta) y teniendo en cuenta los protocolos, técnicas y normas se determinó la calidad microbiológica que presenta el agua. Los métodos de investigación tuvieron un enfoque cuantitativo, con medición de variables y sus relaciones. Las variables en estudio fue la calidad del agua (variable dependiente) y los parámetros microbiológicos (variable independiente). Se integró 16 muestras de agua por repetición (4 muestras y 4 sitios), los resultados se presentan del promedio de los cuatro sitios con dos repeticiones. El muestreo se realizó siguiendo lo establecido en el Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte y recepción de agua para consumo humano-DIGESA-2015, Norma Técnica Peruana (NTP) 214.031-2001: Agua para consumo humano. Todas las muestras fueron llevadas y analizadas al Laboratorio de Control de Calidad, ubicada en la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de la Empresa Prestadora de Servidos de Saneamiento EPS-Marañón S.A en la ciudad de Jaén.

Los análisis y recuento de coliformes totales se realizaron de acuerdo con las directrices y recomendaciones establecidas NTP 214.031-2001: Agua para consumo Humano. Así como el método de filtración por membrana y finalmente se utilizó las técnicas de incorporación (Pour Plate Method), para recuento de bacterias Heterotróficas. El análisis consistió en encontrar una media en las variables microbiológicas, de acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano, de la Dirección General de Salud Ambiental aprobado por el D.S N° 031-2010-SA.

RESULTADOS

Los análisis demostraron que el agua que consume la población del sector excede LMP del reglamento de calidad de agua para consumo humano. En la Figura 1, se muestra los análisis de las características microbiológicas, donde el mayor porcentaje de la muestra presenta bacterias heterotróficas, las mismas que simbolizan un 54.75 % del total, seguido de coliformes totales con el 31.66% y con menor porcentaje la presencia de coliformes termotolerantes con un valor del 13.59 % del total de las muestras, siendo un

riesgo de enfermedad para la población del sector debido a que supera el límite máximo permisible (0 UFC/100 ml).

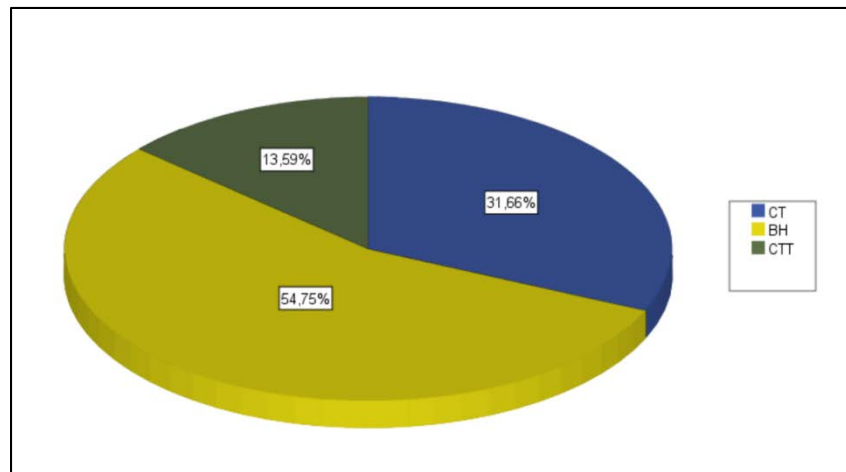


Figura 1. Proporción estadística de contaminación microbiológica del agua de consumo humano

En la Tabla 1, se evidencia que del 100% de las muestras se obtuvieron recuentos significativos para Coliformes totales, asimismo, es preocupante los elevados valores de bacterias heterotróficas que se recuentan en la mayoría de los puntos muestreados. En cuanto a los coliformes totales y coliformes termotolerantes en la captación, arroja los mayores valores a comparación de los demás puntos del sistema de abastecimiento, lo cual indica una leve disminución, pero no es la adecuada, como para ser considerada como apta para el consumo humano, según los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de la calidad del agua de consumo humano D.S. N° 031-2010-SA. En los puntos del sistema de abastecimiento, las bacterias heterotróficas son las que presentan niveles más altos de concentración bacteriológica. Es importante mencionar que, aunque la presencia de coliformes totales en el agua, no es una indicación directa de contaminación por agentes patógenos, puede ser señal de contaminación del agua causada por fallas en la integridad del sistema de distribución (rupturas, derrames, intermitencia en el abastecimiento o formación de biopelículas, entre otras).

Tabla 1. Recuento de UFC/100mL para Coliformes totales, C. termotolerantes y Bacterias heterotróficas

Unidad	Primera Evaluación			Segunda evaluación		
	Coliformes totales	Coliformes termotolerantes	Bacterias heterotróficas	Coliformes totales	Coliformes termotolerantes	Bacterias heterotróficas
1	2100	2000	6820	1800	1730	6400
2	1020	900	2850	1100	1000	2700
3	650	210	2300	500	200	4200
4	570	130	2500	400	110	2800
5	860	300	1040	350	100	530
6	2080	310	1610	400	200	580
7	3000	510	3070	530	470	207
8	3120	600	3900	2720	670	4160
9	230	170	540	240	190	330
10	1240	380	1610	510	360	780
11	2920	490	3770	580	470	670
12	5200	540	6850	900	550	1850
13	220	90	650	760	450	940
14	240	150	690	900	800	1190
15	510	290	720	2840	1320	3460
16	2240	400	1950	3000	2680	3950

(1) Captación, (2) Salida tratamiento, (3) Reservorio 1, (4) Reservorio 2, (5) I Etapa punto inicial, (6) I Etapa p. intermedio, (7) I Etapa p. final, (8) I Etapa punto de riesgo, (9) II Etapa p. inicial, (10) II Etapa p. intermedio, (11) II Etapa p. final, (12) II Etapa p. riesgo, (13) III Etapa p. inicial, (14) III Etapa p. intermedio, (15) III Etapa p. final, (16) III Etapa punto de riesgo.

Las muestras de agua analizadas para coliformes totales presentaron valores que superan lo permitido (0 UFC/100 ml), en intervalos de 220 a 5200 UFC/100 ml, en intervalos de 90 a 2680 UFC/100 ml, para número de coliformes termotolerantes, superiores a lo permitido (0 UFC/100 ml) y en intervalos de 207 a 6850 UFC/ml, para número de bacterias heterotróficas que también superan lo establecido según normativa (500 UFC/ml), por lo que se determina que el sistema de abastecimiento del sector Fila Alta, distrito y provincia de Jaén, no cuenta con ningún tratamiento para disminuir la turbidez ni para contribuir con la desinfección del agua de consumo humano que es distribuido a la población, lo cual estaría generando que se produzcan mayores niveles de enfermedades gastrointestinales o de infección. En la Tabla 2, se puede confirmar que todo el sistema de abastecimiento de agua del sector fila alta-Jaén es foco de contaminación microbiológica, ya que todos los valores de la media estadística están sobre los límites máximos permisibles.

Tabla 2. Datos estadísticos de parámetros evaluados

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Error	Desv. Desviación	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Estadístico
CT	32	4980	220	5200	1366.56	214.208	1211.745	1468326.512
CTT	32	2590	90	2680	586.56	104.671	592.107	350591.028
BH	32	6643	207	6850	2363.03	334.801	1893.921	3586935.967
N válido (por lista)	32							

Los datos por parámetro evaluado se observan que las bacterias heterotróficas presentan conteos altos (> 200 UFC/mL), el valor de la media es 2363.0 UFC/100 ml, valor distante a los límites máximos permisibles, según la normativa vigente del Reglamento de la calidad del agua de consumo humano D.S. N° 031-2010-SA, el cual establece 0 UFC/100 ml. Para coliformes termotolerantes, el valor mínimo es de 90 UFC/100ml, corresponde al punto inicial de la III etapa (13), por el contrario, el mayor valor corresponde a la tercera etapa en el punto de riesgo (16), con un dato de 2680 UFC/100ml. Además, el valor de la media es 586.56 UFC/100 ml. Estos valores son superiores a los límites máximos permisibles (0 UFC/100 ml), según la normativa vigente del Reglamento de la calidad del agua de consumo humano D.S. N° 031-2010-SA.

DISCUSIÓN

El agua para consumo humano debe estar ausente de coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas (Ríos,2017). Los resultados de la carga microbiana que presentaron las muestras del sistema de abastecimiento de agua del Sector Fila Alta, reflejan que la fuente de agua presenta calidad microbiológica deficiente, por lo que es necesario llevar a cabo el proceso de cloración y desinfección. Sin embargo, otro problema es que las muestras analizadas fueron obtenidas de diferentes partes del sistema de abastecimiento, muchas de ellas provienen de pozos de cemento, indicativos importantes que estarían repercutiendo en los niveles de contaminación reflejados en los elevados resultados que demuestran los análisis microbiológicos. Resultados similares obtuvieron Rodríguez et al. (2018) quienes evaluaron la presencia de indicadores microbiológicos en agua para consumo humano de dos tipos de fuentes de agua, una subterránea (pozo y perforación) y otra superficial (laguna) concluyendo que en relación a la cantidad de bacterias coliformes, el pozo presenta una mayor exposición a la contaminación de estas bacterias, posiblemente por mal funcionamiento o daño del reservorio (infiltración, defecto de

construcción), así como alguna comunicación entre esta fuente de agua y alguna contaminación permanente, así mismo mencionan que los defectos en la construcción y estructura de pozos y depósitos, así como la falta o mantenimiento irregular de estas instalaciones son causas que favorecen la penetración y multiplicación de microorganismos de diversas fuentes.

Los análisis estadísticos de los resultados de las muestras de agua obtenidas en los diversos puntos del sistema de abastecimiento del sector Fila Alta, reportan que el 100% de las muestras se encuentran contaminadas por presencia de agentes microbiológicos de coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas, superando los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S N°031-2010-SA, del Ministerio de Salud. Resultados similares se reportan en la investigación de Rodríguez, (2017), en el cual según reportan los investigadores el 40 % de las muestras presentaron un promedio anual de coliformes totales mayores a los LMP ($>2000\text{NMP}/100\text{ UFC}$) contaminación por presencia de agentes patógenos, los cuales no cumplen con las normas valores de la guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS). De igual manera Moraes et al. (2018) evaluaron muestras provenientes de fuentes de agua en escuelas públicas y privadas de la ciudad de Santa Rita, Brasil, concluyendo que el 100% de las muestras no eran aptas para el consumo, mientras que se detectaron coliformes termotolerantes en el 33.33% de las muestras).

CONCLUSIONES

No se garantiza el consumo de agua del sistema de abastecimiento, que distribuye al sector Fila Alta-Jaén, debido a que es de mala calidad microbiológica, se encontró grandes poblaciones de unidades formadoras de colonias que afectan directamente la salud de las personas. Por tanto, reflejan que los CT, CTT y BH, exceden los LMP de parámetros microbiológicos establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: aprobado por el D.S. N° 031-2010-SA.

La infraestructura no cumple las condiciones mínimas para un buen funcionamiento, esto aunado al insuficiente proceso de desinfección contribuye a la proliferación de bacterias presentes en el agua de consumo humano.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa prestadora de servicios de saneamiento “Marañón” por permitir el uso de su laboratorio de control de calidad para la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Briñez, K., Guarnizo, J, y Arias S. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30 (2), 176. Recuperado el 12 de octubre del 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12023918006>
- Choque-Quispe, D., Froehner, S., Ligarda-Samanez, C. A., Ramos-Pacheco, B. S., Peralta-Guevara, D. E., Palomino-Rincón, H., Choque-Quispe, Y., Solano-Reynoso, A. M., Barboza-Palomino, G. I., Taípe-Pardo, F., & Zamalloa-Puma, L. M. (2021). Insights from Water Quality of High Andean Springs for Human Consumption in Peru. *Water* 2021, Vol. 13, Page 2650, 13(19), 2650. <https://doi.org/10.3390/W13192650>
- Cuéllar Luna, L., Maldonado Cantillo, G., & Cepeda Soto, Y. (2017). Quality of the water supplied for human consumption. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 55(1), 58–65. <http://www.revepidemiologia.sld.cu/index.php/hie/article/viewFile/75/180>
- Guerra, L., & Da Silva, B. (2018). Surveillance On The Drinking Water Quality In Rio De Janeiro State. *Ambiente & Sociedade*, 21, 972. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC0097R2VU18L3TD>
- Hernández, L., Chamizo, H., y Mora, D. (2011). Calidad del agua para consumo humano y salud: dos estudios de caso en Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 20 (1), 22. Recuperado el 11 de junio del 2019, de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcsp/v20n1/art4v20n1.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2010). Perú: Mapa del Déficit de Agua y Saneamiento Básico a Nivel Distrital.
- Larrea-Murrell, J. A., Rojas-Badía, M. M., Romeu-Álvarez, B., Rojas-Hernández, N. M., & Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*. https://www.researchgate.net/publication/257957794_Bacterias_indicadoras_de_contaminacion_fecal_en_la_evaluacion_de_la_calidad_de_las_aguas_revision_de_la_literatura
- Miranda, M., Aramburú, A., Junco, J., & Campos, M. (2010). Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 27(4), 506–517.
- Moraes, M. S. de, Moreira, D. A. da S., Santos, J. T. de L. A., Oliveira, A. P. de, & Salgado, R. L. (2018). Avaliação microbiológica de fontes de água de escolas públicas e privadas da cidade de Santa Rita (PB). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23(3), 431–435. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018159099>

- Organización Mundial de la Salud. (2019). Agua. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
- Ramos, F. (2006). Análisis de la Calidad del Agua para Consumo Humano en el Área Urbana del Puerto de San José, Departamento de Escuintla. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado el 17 de Octubre del 2019, de <https://docplayer.es/12294688-Analisis-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-en-el-area-urbana-del-puerto-de-san-jose-departamento-de-escuintla.html>
- Rodríguez, S. C., Asmundis, C. L., Ayala, M. T., & Arzú, O. R. (2018). Presencia de indicadores microbiológicos en agua para consumo humano en San Cosme (Corrientes, Argentina). *Revista Veterinaria*, 29(1), 9–12.
- Rodríguez, R., Retamozo-Chavez, R., Aponte, H., & Valdivia, E. (2017). Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR humedales de ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Ecología Aplicada*, 16(1), 15-21.
- Ríos Tobón, S., Agudelo Cadavid, R. M., & Gutiérrez Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano.
- Vergaray, G., y Méndez, C. (1994). Eficiencia de un programa para proteger la calidad del agua proveniente de plantas de tratamiento. *Sociedad Peruana de Epidemiología*, 7 (2), 5. Recuperado el 15 de Octubre del 2019, de http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/epidemiologia/v07_n2/pdf/a02v7n2.pdf
- Vildoza, L., Peredo, Y., & Vargas, F. (2020). Diagnóstico preliminar de la calidad bacteriológica del agua de consumo humano y evaluación de prioridad de medidas correctivas en el municipio de Poopó (Oruro, Bolivia).
- Zúñiga, N. C., & Mora, E. C. (2020). Evaluación de la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable a partir de la percepción de personas usuarias: El caso en Cartago, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 95–122. <https://doi.org/10.15359/RCA.54-1.6>
- Żywiec, J., Tchórzewska-Cieślak, B., Papciak, D., & Domoń, A. (2021). Changes of microbiological parameters of water in domestic distribution system in terms of water supply safety. *Desalination and Water Treatment*, 226, 37–51. <https://doi.org/10.5004/DWT.2021.27256>

